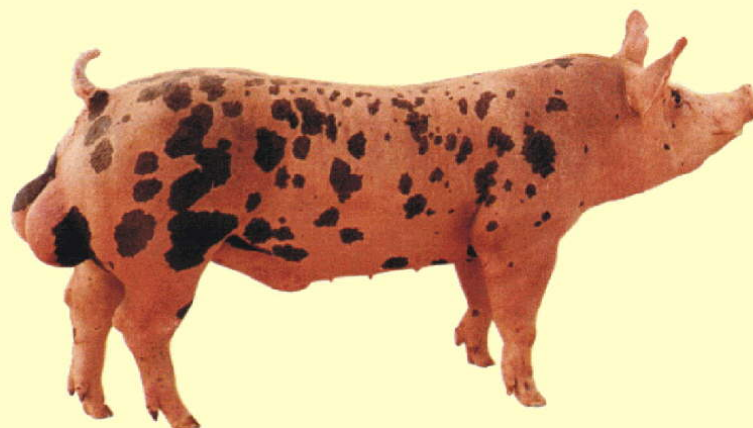


2ª Conferência Internacional  
Virtual sobre Qualidade  
de Carne Suína



**ANAIS**

5 de Novembro a 6 de Dezembro de 2001  
Concórdia, SC, Brasil



**República Federativa do Brasil**

*Fernando Henrique Cardoso*

*Presidente*

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*

*Ministro*

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*Márcio Fortes de Almeida*

*Presidente*

*Alberto Duque Portugal*

*Vice-Presidente*

*Dietrich Gerhardt Quast*

*José Honório Accarini*

*Sérgio Fausto*

*Urbano Campos Ribeiral*

*Membros*

**Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Alberto Duque Portugal*

*Diretor-Presidente*

*Bonifácio Hideyuki Nakasu*

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*

*José Roberto Rodrigues Peres*

*Diretores*

**Embrapa Suínos e Aves**

*Dirceu João Duarte Talamini*

*Chefe-Geral*

*Paulo Roberto Souza da Silveira*

*Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios*

*Paulo Antônio Rabenschlag de Brum*

*Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento*

*Claudinei Lugarini*

*Chefe-Adjunto de Administração*

# ***2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína***

***5 de Novembro a 6 de Dezembro de 2001***

***Concórdia, SC, Brasil***

***Anais***



Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:

**Embrapa Suínos e Aves**  
**BR 153, km 110, Vila Tamanduá**  
**Caixa Postal 21**  
**CEP 89700-000 – Concórdia, SC**

**Telefone: (49) 442-8555**  
**Fax: (49) 442-8559**  
**email: sac@cnpsa.embrapa.br**  
**http://www.cnpsa.embrapa.br/**

Tiragem: 100 exemplares

**Tratamento editorial:**

Tânia Maria Biavatti Celant  
Simone Colombo

**Colaboração:**

Jackson Roberto Altenhofen  
Flávio Bello Fialho  
Irene Z. P. Camera  
Nádia Schmidt

**Fotos da Capa:** Jerônimo Antônio Fávero

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº9.610).

Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína (2.:2001: Concórdia, SC)

Anais [da] 2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 5 a 6 de dezembro de 2001. – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002.

438p.; 29 cm (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 74).

1. Suíno–carne–qualidade–congresso. I. Título

CDD 664.906

## **Comitê Executivo**

Jorge Vitor Ludke  
Osmar Antônio Dalla Costa  
Zanir Nilson Duarte  
Cícero Juliano Monticeli

## **Comitê Científico**

Jerônimo A. Fávero  
Jorge Vitor Ludke  
Mônica Ledur  
Osmar Antônio Dalla Costa  
Renato Irgang  
Roberto Aguilar Machado Santos Silva  
Terezinha M. Bertol

## **Comitê de Divulgação**

Viviane Zanella  
Jean Carlos Porto Vilas Boas Souza  
Tânia Maria G. Scolari  
Rosali Salete Vanzin  
Dianir Formiga

## **Comitê de Computação e Ensino a Distância**

Zanir Nilson Duarte  
Ângelo Pietro Rosa Rodrigues  
Jackson Roberto Altenhofen  
Liamara Comassetto  
Flávio Bello Fialho  
Paulo Pinto Jr.

## **Tradução**

Bettina Gertum Becker

## **Comitê de Editoração**

Osmar Antonio Dalla Costa  
Tânia Maria Biavatti Celant  
Jorge Vitor Ludke  
Paulo Roberto Souza da Silveira  
Simone Colombo

## **Supervisão**

Dirceu João Duarte Talamini  
Chefe Geral  
Embrapa Suínos e Aves

Paulo Roberto Souza da Silveira  
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios  
Embrapa Suínos e Aves

Paulo Antonio Rabenschlag de Brum  
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Embrapa Suínos e Aves

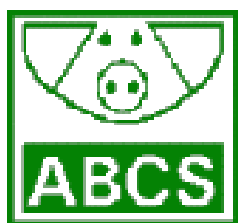
Claudinei Lugarini  
Chefe Adjunto Administrativo  
Embrapa Suínos e Aves

José Plínio Garcia Pacheco  
Diretor Presidente  
Universidade do Contestado - Concórdia-SC

João Carlos Biezus  
Pró-Reitor de Administração  
Universidade do Contestado - Concórdia-SC

Elizete Maria Pedott  
Diretora Acadêmica  
Universidade do Contestado - Concórdia-SC

## Patrocinadores



## Colaboração

LABEX

## Organização



## Discurso de Abertura

Sejam bem-vindos à II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína, que esta sendo realizada pela Embrapa Suínos e Aves, Laboratório da Embrapa no Exterior (LABEX/Estados Unidos) e Universidade do Contestado/Campus de Concórdia-SC. Estamos satisfeitos e entusiasmados em utilizar a Internet para a difusão de conhecimentos e para a discussão dos desafios do agronegócio de suínos que visa atender de forma sustentável aos anseios dos consumidores. Assim, a Embrapa pretende alcançar de forma rápida e intensa todos os profissionais que participam dessa importante cadeia produtiva.

A suinocultura brasileira apresentou, nas duas últimas décadas, considerável evolução técnica, acompanhando as transformações do setor no mundo, passando de uma atividade complementar nas pequenas propriedades familiares para uma atividade tecnificada e empresarial.

A carne suína ainda é a mais consumida no mundo, representa 39% do total de carnes produzidas e possui um grande potencial de mercado. O Brasil, diferente do resto do mundo desenvolvido, apesar de ter aumentado ao redor de 20% nos últimos 4 anos, ainda apresenta um baixo consumo per capita, cerca de 11,1 kg/ano em 2001, valor sete vezes inferior ao da Dinamarca que apresenta um consumo anual de 77,2 kg/habitante.

A produção brasileira, quarta no ranking mundial, apresenta uma previsão para o ano de 2001 de produzir 2,1 milhões de toneladas e de exportar 160 mil toneladas que representam 7,7% da produção. As exportações brasileiras totalizavam 64 mil toneladas em 1997, e o volume alcançado no presente ano indica o excelente crescimento que apresentou, chegando a 9,8% da receita total obtida com as exportações do setor de carnes. O reflexo dessa conjuntura é que o rebanho brasileiro de suínos alcançou, em 2000, o recorde de 37,3 milhões de cabeças com um abate, estimado para 2001, de 26,1 milhões de animais. As previsões para 2001 indicam um crescimento de 40,3% da produção e de 63,3% do abate sob inspeção federal (SIF) se comparados com o ano de 1995.

O PIB da cadeia produtiva de suínos do Brasil em 1999 era da ordem de R\$ 9 bilhões sendo que a participação da mão-de-obra era de R\$ 537 milhões, correspondendo à 330 mil empregos.

O consumidor está cada vez mais exigente em relação às características do produto e o setor produtivo tem se adaptado com agilidade às principais exigências do mercado com relação à: qualidade nutricional e segurança alimentar; bem-estar e sanidade animal; rastreabilidade e certificação, sustentabilidade econômica, social e ambiental da produção.

Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Diretor-Executivo - Embrapa

Dirceu João Duarte Talamini  
Chefe-Geral - Embrapa Suínos e Aves



## Discurso de Abertura

Bem-vindos a 2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. Esta Conferência pretende oferecer oportunidades para que diferentes participantes da cadeia de produção e geração do conhecimento possam dividir experiências e explorar novas estratégias de produção de carne suína com a qualidade esperada pelos diferentes mercados consumidores.

No período de cinco de novembro a seis de dezembro, 2001, a Conferência irá discutir os principais temas associados com a produção de suínos com qualidade, agrupados em nove tópicos. A produção mundial e o padrão de consumo, os diferentes aspectos associados com o estabelecimento de processos de produção com qualidade especificada, a certificação e rastreabilidade da produção, os aspectos de garantia da segurança higiênico-sanitária, as estratégias de produção e os mecanismos associados com o alcance e manutenção da qualidade serão alguns dos temas a serem abordados nos diferentes tópicos.

Os temas serão discutidos por especialistas de instituições públicas e privadas de grande conceituação no desenvolvimento da suinocultura no Brasil e no exterior.

A produção animal está passando por grandes transformações, especialmente os sistemas intensificados. Estas modificações estão sendo promovidas principalmente pela disponibilidade e rápida incorporação de tecnologias nos processos produtivos e pela necessidade de atender as demandas dos diferentes mercados consumidores. Nesse sentido os sistemas produtivos, tradicionalmente orientados para a produção de grandes volumes, se transforma em uma cadeia integrada verticalmente visando atender as demandas de consumo. Estratégias que permitam a identificação das características qualitativas esperadas pelos diferentes mercados assim como aquelas capazes de identificar e implementar processos tecnológicos de produção capazes de atender estas demandas com consistência são aspectos importantes a serem considerados.

O nosso propósito ao promover esta conferência é discutir estes aspectos de forma o mais ampla possível contando com a participação de todos aqueles interessados e que tenham acesso a Internet. Esta é a segunda conferência promovida pela Embrapa através de um esforço conjunto do seu Centro de Pesquisa em Suínos e Aves e do seu Laboratório no Exterior (LABEX) juntamente com a Universidade do Contestado. Com o propósito de ampliar a disseminação sobre os diferentes temas discutidos durante a conferência cópias impressas estarão disponíveis após a conclusão do evento.

Nós estamos contando com a sua participação ativa na forma de comentários, informações, idéias, percepção e descrição de estudo de casos e experiências. Atenciosamente,

Airdem de Assis  
Coordenador do LABEX - EUA

Terezinha Padilha  
Pesquisadora do LABEX - EUA

## Discurso de Abertura

A Universidade do Contestado-UnC/Campus Concórdia tem a satisfação de participar com a Embrapa Suínos e Aves e o Labex como promotora desse evento, repetindo uma parceria que tem dado ótimos resultados. Essa Instituição de Ensino apoia o evento, disponibilizando o suporte técnico de transmissão via Internet.

A Universidade, sendo formadora de profissionais comprometidos com a realidade regional, dispõe de cursos de graduação (Economia Agroindustrial), Especialização (Desenvolvimento Sustentável) ligados diretamente com o assunto a ser abordado na Conferência. Nesse contexto possui papel de destaque para auxiliar na apresentação de alternativas que viabilizem estes produtores, seja na produção, industrialização e comercialização de seus produtos, bem como facilitar o acesso aos usuários destas informações.

A suinocultura do oeste catarinense, região de abrangência da UnC, destaca-se por apresentar o melhor nível tecnológico do país, pois detendo somente 11,6% do efetivo nacional (37,0 milhões de cabeças), responde por 31,4% da produção de carne. Os índices de produtividade dessa região e do Estado de Santa Catarina são similares aos países do mercado comum europeu e norte-americano. A região da AMAUC, apresenta atualmente cerca de 8.000 produtores de suínos, sendo sua maioria no sistema integrado.

Na atual conjuntura em que a globalização predomina, o mercado consumidor está valorizando cada vez mais atributos aos produtos, como: sabor, valor nutritivo, segurança do produto, preço, durabilidade e tempo de preparo. Isso somente será possível atender com a adoção de novas tecnologias na produção e cuidados com a segurança alimentar no manuseio da matéria-prima oriunda dos produtores da região que será transformada em produtos industrializados.

Essa Conferência é um momento ímpar para que a comunidade acadêmica e científica tenham conhecimento que a UnC - que é ensino, pesquisa e extensão, está inserida na comunidade, cumprindo seu papel de difusor do conhecimento gerado.

Espera-se, através desse evento, ampliar parcerias já existentes e viabilizar novas para que, em conjunto, possamos auxiliar cada vez mais no crescimento e desenvolvimento econômico e social da região de abrangência, estado e federação. Contribuindo assim, com a nossa missão que é formar, pesquisar e difundir todo o conhecimento gerado pelo nosso corpo discente e docente.

José Plínio Garcia Pacheco  
Diretor Presidente  
Universidade do Contestado -  
Unidade de Concórdia - SC - Brasil

Elizete Maria Pedott  
Diretora Acadêmica  
Universidade do Contestado -  
Unidade de Concórdia - SC - Brasil

## SUMÁRIO

<b>Avaliação do Potencial de Mercado dos Produtos Industrializados Derivados de Suíno</b> <i>André Ricardo Poletto, Jonas Irineu Santos Filho, Euclides João Barni . . . . .</i>	1
<b>O Consumo de Carne Suína no Brasil</b> <i>Antonio Marchi . . . . .</i>	29
<b>Conexão entre o Consumo de Carne Suína e Doença Cardiovascular: Mito ou Realidade?</b> <i>Paulo Henkin . . . . .</i>	33
<b>Liberalização do Comércio e o Mercado Internacional de Suínos</b> <i>Jacinto F. Fabiosa . . . . .</i>	37
<b>Padrões Globais da Produção e da Comercialização de Carne Suína</b> <i>Hans-Wilhelm Windhorst . . . . .</i>	56
<b>Situação e Perspectivas da Produção Suína na União Européia</b> <i>Michel Rieu, Jan Peter van Ferneij . . . . .</i>	65
<b>Normatização e Padronização da Tipificação de Carcaças de Suínos no Brasil - Aspectos Positivos e Restrições</b> <i>Jerônimo Antonio Fávero, Antônio Lourenço Guidoni . . . . .</i>	73
<b>Técnicas Não-eletrônicas para Classificar Carcaças Suínas em Pequenos Abatedouros</b> <i>G. Daumas . . . . .</i>	80
<b>Rastreabilidade e Certificação na Cadeia de Produção de Carne Suína na França</b> <i>Stéphanie de Montzey . . . . .</i>	92
<b>Rastreabilidade e Certificação de Suínos no Brasil</b> <i>Irenilza de Alencar Nääs . . . . .</i>	100
<b>Distribuição de Sorotipos, Resistência Antimicrobiana e Detecção de Integrons Classe 1 entre <i>Salmonella enterica</i> isolada na Itália</b> <i>Alessandra Carattoli, Ida Luzzi, Laura Villa, Emma Filetici . . . . .</i>	108
<b>Segurança Alimentar e Controle de Qualidade no Uso de Ingredientes Alimentação de Suínos</b> <i>Claudio Bellaver . . . . .</i>	119
<b>Consumo de Carne Fresca e Segurança Alimentar: Comportamento dos Consumidores Belgas</b> <i>Wim Verbeke . . . . .</i>	126

<b>Ocorrência de Genes Resistentes à Vancomicina <i>vanA</i>, <i>vanB</i>, <i>vanC1</i>, <i>vanC2</i> and <i>vanC3</i> em Enterococos Isolados de Aves e Suínos</b> <i>Lemcke, R., M. Bülte</i> . . . . .	136
<b>A Qualidade como Requisito de Competitividade</b> <i>Jurandir Machado</i> . . . . .	146
<b>Conseqüências para a Qualidade da Carne da Produção de Suínos sob Padrões Orgânicos</b> <i>J. H. Guy, S. A. Edwards</i> . . . . .	148
<b>O Processo de Transição Agroecológica e seus Limites na Suinocultura</b> <i>Henrique Bartels</i> . . . . .	159
<b>Sistemas Alternativos de Produção: Influência sobre o Crescimento dos Suínos e a Qualidade da Carne</b> <i>Jessica G. Gentry, Mark F. Miller, John J. McGlone</i> . . . . .	169
<b>Produção Agroecológica de Suínos – Uma Alternativa Sustentável para a Pequena Propriedade no Brasil</b> <i>L. C. Pinheiro Machado Filho, M. C. A. C. da Silveira, M. J. Hötzel, L. C. Pinheiro Machado</i> . . . . .	188
<b>Fatores que Afetam o Crescimento de Tecido Magro de Suínos</b> <i>A. P. Schinckel</i> . . . . .	206
<b>Peso Ótimo de Abate para Suínos</b> <i>O. W. Robison</i> . . . . .	218
<b>Avaliação da Deposição de Tecido Magro e Gordura em Seleção de Suínos: o Uso da Tomografia Computadorizada para Medir a Deposição de Tecido Magro e Gordura em Suínos Vivos</b> <i>Kari Kolstad</i> . . . . .	221
<b>Efeitos do Peso de Abate Sobre a Qualidade de Carne Suína e da Gordura</b> <i>Mike Ellis, PhD, Teresinha M. Bertol, M.Sc.</i> . . . . .	227
<b>Potencial e Aplicação de Seleção Assistida por Marcadores para Qualidade de Carne</b> <i>Jack C.M. Dekkers, Max F. Rothschild, Massoud M. Malek</i> . . . . .	240
<b>O Papel da Leptina e de seus Receptores no Metabolismo da Gordura</b> <i>Soares, M.A.M, Guimarães, S. E. F.</i> . . . . .	264
<b>Nutrientes, Hormônios e Genes: Exemplos da Regulação e Oportunidades para Alterar a Síntese de Gordura.</b> <i>Dante Pazzanese D. Lanna, Amanda Hayashi, Andrea A. F. B.V. José</i> . . . . .	278
<b>Retrospectiva e Perspectiva da Melhoria Genética da Qualidade da Carne Suína</b> <i>Renato Irgang</i> . . . . .	293
<b>Genética para Diferentes Climas, Sistemas de Produção e Pesos de Abate. Ênfase na Qualidade da Carcaça e Carne</b> <i>Robson Carlos Antunes</i> . . . . .	300

<b>Produção Personalizada de Carne Suína Através da Otimização da Genética e de Controle de Processo</b> <i>Ronald E. Klont, Andrzej A. Sosnicki, João D. Nascimento, Fernando Pereira</i>	309
<b>Exigências Nutricionais e Qualidade de Carcaça de Suínos de Diferentes Sexos</b> <i>Juarez Lopes Donzele, Márvio Lobão Teixeira de Abreu, Uislei Antonio Dias Orlando</i>	321
<b>Efeitos da Ractopamina Sobre o Crescimento, a Composição da Carcaça e a Qualidade dos Suínos</b> <i>A. P. Schinckel, B. T. Richert, C. T. Herr, M. E. Einstein, D. C. Kendall</i>	339
<b>Possíveis Efeitos da Alimentação Úmida Computadorizada (AUC) na Qualidade da Carcaça de Suínos, e Sugestões para Pesquisas Futuras</b> <i>John Gadd</i>	351
<b>Interações Ambiente e Nutrição - Estratégias Nutricionais para Ambientes Quentes e seus Efeitos sobre o Desempenho e Características de Carcaça de Suínos</b> <i>Elias Tadeu Fialho, Paulo Roberto Ost, Vladimir de Oliveira</i>	366
<b>O significado da Conversão Alimentar para Suínos em Crescimento: sua Relevância para Modelagem e Características de Carcaça</b> <i>Alexandre de Mello Kessler</i>	375
<b>Influência do Jejum Pré-abate sobre a Condição Muscular em Suínos e seus Efeitos na Qualidade Final da Carne para Industrialização.</b> <i>José Vicente Peloso</i>	385
<b>Aspectos Comparativos entre Carnes Segundo a Composição de Ácidos Graxos e Teor de Colesterol</b> <i>Neura Bragagnolo</i>	393
<b>Qualidade da Carne Suína e Dieta de Vitamina E</b> <i>Gilbert M. Weber, Christos Antipatis</i>	403
<b>A Inocuidade como Parâmetro de Qualidade – O HACCP na Produção de Carne Suína</b> <i>Simone Moraes Raszl</i>	418
<b>Segunda Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína - Comentários Finais</b> <i>Luigi Faucitano</i>	433
<b>Mensagem de Agradecimento</b> <i>Jorge Vitor Ludke</i>	438

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE MERCADO DOS PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS DERIVADOS DE SUÍNO

André Ricardo Poletto<sup>1</sup>

Jonas Irineu Santos Filho<sup>2</sup>

Euclides João Barni<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Epagri /CO  
C.P. 44, 89700-000 Concórdia SC Fone: 49 442-2984  
epagricc@netcon.com.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Embrapa, CNPSA.  
89700-000 Concórdia SC.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Epagri/E.E.Itajaí  
C.P. 277, 88.301-970, Itajaí SC Fone: 47 346 5244

## Resumo

O objetivo da pesquisa é dar uma indicação do potencial de mercado, conhecer o padrão de consumo, perfil, hábitos de consumo e preferências alimentares de consumidores finais de produtos industrializados derivados de suíno. Também, conhecer os principais fatores de decisão de compra (valores dos consumidores) e, subsidiar o estabelecimento de estratégias e políticas públicas para o setor.

Para implementar a produção há necessidade de se conhecer melhor a distribuição e o consumo dos produtos, assim como, quais são os diferenciais - ou valores, que os produtores deverão agregar a seus produtos de modo a satisfazer as necessidades e desejos dos consumidores e ampliar as possibilidades de renda de suas atividades.

Este trabalho tenta esclarecer as dúvidas mais comuns de todos agentes do mercado (agricultores, agroindústria, atacadistas, varejistas), e as instituições públicas e privadas, preocupadas com o estabelecimento de estratégias e políticas que dêem sustentação e beneficiem todos agentes envolvidos. Qual o tamanho do mercado? Quem são os consumidores de produtos derivados de suíno? Qual o padrão de consumo desses consumidores? Quais as exigências em relação aos produtos consumidos? Que produtos esse consumidor compra? Quais as relações comerciais entre produtores e varejistas? São algumas das questões que se pretende responder.

Neste sentido inicia-se discutindo o setor suinícola, para em seguida, sustentado por dados coletados na pesquisa, definir o perfil sócio-econômico do consumidor. Em terceiro lugar, sustentado no que se supõe sejam os valores do consumidor - base para elaboração do questionário, definir os hábitos e padrões de consumo desse mesmo consumidor. Finalmente discute-se o potencial de mercado para os produtos derivados de suíno para o Estado de Santa Catarina e para as capitais de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul.

---

<sup>4</sup>Apoio: Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS)  
Governo do Estado de Santa Catarina  
Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.

# **Estudo de Mercado com o Consumidor de Santa Catarina, e Capitais de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Avaliação do Potencial de mercado: perfil, hábitos de consumo e preferências alimentares dos consumidores de Produtos Industrializados Derivados de Suíno.**

## **1 Introdução**

As técnicas de produção assim como a produtividade das atividades evoluiu nos últimos anos e, pode-se dizer, que as tecnologias são de domínio dos produtores, porém, qualquer tentativa para viabilizar economicamente as propriedades agrícolas, conseqüentemente a produção e a melhoria de renda de seus proprietários, passa necessariamente por questões de mercado e seus mecanismos. Será através de informações mercadológicas que todos os agentes envolvidos poderão se posicionar com vantagens e a preços competitivos.

Os produtores pouco ou nada sabem sobre os hábitos e as preferências do consumidor. Sob a ótica de marketing, muitas vezes sequer sabem o que estão vendendo (-miopia de marketing). Poucos sabem sobre seu concorrente e, dificilmente percebem o consumidor final como seu cliente. Resumindo, desconhecem o mercado em que atuam.

É importante identificar os valores do(s) mercado(s) alvo, ou seja, conhecer os fatores que interferem na decisão de compra dos consumidores finais. Alguns exemplos são:

- A estabilização da economia a partir do plano real incorporou renda e ampliou as possibilidades de compra do cidadão comum, provocando mudanças nos hábitos de consumo (aumento do consumo da carne de frango, frutas, derivados de suínos, etc).
- A evolução tecnológica, principalmente, nas áreas de informática e comunicações. (negócios on line, internet, automação industrial, robotização, biotecnologia, etc).
- Organização da sociedade. (proliferam as Ongs, código de defesa do consumidor, etc)
- Mudança nos hábitos alimentares da população, que busca uma alimentação mais sadia e natural.

Os produtores rurais também precisam adaptar-se às mudanças e as novas exigências do mercado. Portanto, torna-se imperioso acompanhar e melhorar o atendimento do consumidor, buscando a qualidade de seus produtos exigida pelo mercado.

Para enfrentar estes desafios, são necessários: inovações tecnológicas, qualificação da mão-de-obra, investimentos em logística: embalagens, canais de comercialização, transporte, armazenagem e distribuição, merchandising, diferenciação dos produtos, etc.

Neste novo padrão, é necessária uma reorganização da gestão da produção, buscando atender as exigências e tendências que o mundo globalizado impõe.

## 2 Discutindo o Setor Suinícola

A carne suína é a mais consumida em termos de mercado mundial, apesar disso, ela ainda é pouco comercializada internacionalmente. De toda produção mundial, em 1999, apenas 7,15% foram transacionadas no mercado internacional.

Quando se discute o mercado de carnes, o mercado interno é o mais importante segmento de consumo destes produtos. Em termos de consumo per capita, no Brasil ainda domina o consumo de carne bovina, seguida de perto pelo consumo de carne de frango. A Suinocultura apresenta um consumo per capita que permaneceu estagnado até os anos 90, nesta década este consumo cresceu de 7,5 kg para 10,5 kg, aproximadamente 30%.

A suinocultura dos anos 70 era uma atividade de duplo propósito, pois estava relacionada a produção de banha e de carne. A produção de banha ficou comprometida com o avanço do óleo de soja em sua substituição afetando o mix de produtos suinícola, agregado a este fato está à percepção dos consumidores para a carne suína em relação a sua segurança alimentar (problemas de cisticercose e colesterol) sendo que no nordeste esta carne é considerada como remosa e segundo o Aurélio remosa quer dizer algo que faz mal a saúde (SANTOS FILHO).

Outro fato a considerar é que o maior consumo de carne suína ocorre na forma de produtos industrializados que, em geral, não estão presentes nas principais refeições do povo brasileiro, por apresentarem um preço elevado para os nossos padrões de renda. Atualmente estima-se que 70% do consumo suinícola é efetuado em forma de produtos industrializados, sobrando somente 30% para consumo in natura.

A demanda pela carne suína somente apresentou um crescimento mais significativo a partir de meados da década de 90, de acordo com ABCS o consumo brasileiro per capita cresceu nos últimos três anos, induzido pela queda de preços deste produto ao consumidor. Um dos fatos que corroboraram para este desempenho estão relacionados a ações lançadas pelos próprios suinocultores que, criaram um fundo de promoção e divulgação para a carne suína e seus derivados, com promoções na mídia, divulgando os benefícios do produto, procurando eliminar os mitos negativos referentes ao consumo desta carne.

Pesquisa realizada em 1994 junto aos consumidores, mostrou que o consumidor brasileiro considera a carne suína a mais saborosa dentre as carnes e que os fatores limitantes ao seu consumo, são que faz mal, é perigosa e possui mais gordura e colesterol.

## 3 Objetivos

### 3.1 Geral

Avaliação do potencial de mercado: perfil, hábitos de consumo e preferências alimentares de consumidores finais de produtos industrializados derivados de suínos.



### 3.2 Específicos

1. Conhecer o potencial de mercado para derivados de suínos,
2. Buscar a aproximação do produtor e do consumidor final;
3. Conhecer o perfil, hábitos de consumo e preferências alimentares do consumidor final de produtos industrializado derivados de suínos;
4. Conhecer os principais fatores de decisão de compra de derivados de suínos;
5. Subsidiar o estabelecimento de estratégias e políticas públicas para o setor.

### 3.3 Método

Entrevista pessoal com questionário, aplicada em amostra probabilística aleatória. Questionário contendo:

- Módulos, que fornecem indicações sobre:
  - (a) perfil do consumidor,
  - (b) hábitos de consumo,
  - (c) características ou atributos desejáveis nos produtos consumidos e,
  - (d) outros fatores que afetam a decisão de compra;

Para obter o perfil dos consumidores de derivados de suínos, utilizou-se de variáveis demográficas, conforme sugerido por Holley e Saunders, 1996 e, Kotler, 1996.

- (a) Perfil do consumidor:
  - Sexo
  - Faixa etária
  - Nível de escolaridade
  - Profissão/ocupação principal
  - Nível de renda
  - Local de residência

Para obter informações a respeito dos fatores que afetam a demanda utilizou-se de variáveis conforme discutido e sugerido por Brandt, 1980, Kotler, 1996, Hooley e Saunders, 1996.

- (b) Hábitos de consumo:
  - Frequência de consumo
  - Forma de consumo
  - Produtos que costuma consumir

- Quantidade consumida
- (c) Características/atributos desejáveis no produto:
  - Atributos físicos
- (d) Outros fatores que afetam a decisão de compra:
  - Características de atitude
  - Características comportamentais

Os questionários foram testados previamente de modo a verificar/validar sua compreensão. Para sua aplicação foram contratados e treinados previamente entrevistadores(as). Os trabalhos foram supervisionados por técnicos da Epagri.

A técnica de amostragem é baseada em parâmetros que conferem a necessária confiabilidade à amostra determinada para cada população estudada. Neste estudo, o tamanho da amostra (400 questionários), foi definido conforme o sugerido por Mattar, 1997, para uma população desconhecida, com nível de significância de 95% e, erro amostral de 5%. Isto é, esses critérios determinam que em 100 levantamentos semelhantes ao planejado, em 95 deles as médias obtidas pela amostra estariam contidos nos intervalos numéricos previstos para a sua extrapolação em relação ao universo, determinados pela margem de erro de 5% - para baixo (-5%) ou para cima (+5%), criando o que chamamos de intervalo de confiança.

A análise de consistência dos dados obtidos e feita usando-se os testes do  $\chi^2$  e testes de médias, conforme sugerido por Mattar, 1997.

Foram selecionados 34 municípios do Estado de Santa Catarina, estrategicamente localizados, para aplicação dos questionários. Optou-se pelo critério de proporcionalidade, em relação ao número de habitantes por município, para distribuição da amostra. Nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, optou-se por realizar a aplicação dos questionários dentro de estabelecimentos comerciais, nas capitais. A escolha deve-se ao fato dessas capitais terem concentração de consumidores e também maior proximidade ao Estado de Santa Catarina. Cabe registrar que a opção metodológica, aplicação de questionário em locais de fluxo de venda (supermercado) impôs um limite à pesquisa, sendo trabalhado o consumidor urbano com maior poder de compra e cliente atual de supermercados (embora tenha sido possível captar toda a variabilidade proposta pelas variáveis demográficas que definem o perfil do consumidor/decisor de compra).

As entrevistas ocorreram no segundo semestre do ano 2000, em diversos horários e diversos locais das capitais, capturando desta forma o perfil do consumidor decisor de compra das capitais que realizam suas aquisições dentro de supermercados.

Estudos já realizados demonstram que em torno de 80% ou mais do consumidor urbano, adquire alimentos em estabelecimentos comerciais ditos supermercados, o que de certa forma justifica a pesquisa nesses estabelecimentos.

## 4 Perfil do Consumidor Entrevistado

Em Santa Catarina, entrevistaram-se os chefes de família (responsáveis pelas compras de alimentos nos domicílios), assumindo que, as atitudes destes refletem

o comportamento de consumo de toda a família. Já nos demais estados, buscou-se capturar o decisor de compra.

No quadro 1 observa-se que a maioria dos entrevistados foi do sexo feminino. Quando a entrevista foi realizada dentro dos supermercados observou-se um percentual ainda maior de pessoas do sexo feminino, demonstrando que a mulher é a principal decisora de compra da família em qualquer dos estados pesquisados (acima de 60%).

**Tabela 1** — Quadro 1 - Sexo dos entrevistados, nos estados de Santa Catarina e capitais de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná.

SC			SP		
Sexo	Nº. Cit.	Freq.	Sexo	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	21	5,26 %	Não-Resposta	7	1,4 %
Masculino	174	43,61 %	Masculino	124	24,9 %
Feminino	204	51,13 %	Feminino	366	73,6 %
Total Obs.	399	100 %	Total obs.	497	100 %

RS			PR		
Sexo	Nº. Cit.	Freq.	Sexo	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	7	1,7 %	Não-Resposta	2	0,5 %
Masculino	123	30,2 %	Masculino	163	38,6 %
Feminino	277	68,1 %	Feminino	257	60,9 %
Total Obs.	407	100 %	Total obs.	422	100 %

As não respostas devem-se a questões anuladas ou a recusa do consumidor em responder a determinada questão.

Fonte: Pesquisa realizada pela EPAGRI.

Em Santa Catarina, com relação à idade das pessoas entrevistadas, observou-se que apenas o grupo com idade inferior a 20 anos obteve uma percentagem inferior às demais classes, pelo teste do  $\chi^2$  (Quadro 2). Para os demais estados o resultado foi semelhante em relação aos com idade inferior a 20 anos, porém apresentou alguma diferença em relação a alguma das faixas de idade. De modo geral, pode-se afirmar que o perfil do decisor de compra tem idade acima de 20 anos.

Considerando que todas as faixas de escolaridade (Quadro 3) tivessem a mesma oportunidade de se fazer presente na amostra. Em Santa Catarina, verificou-se que houve percentagem superior para 1º grau incompleto e inferior para o 3º grau ou superior. Realidade diferente foi encontrada nas capitais dos demais estados estudados, onde a faixa de maior representatividade foi a de 2º grau.

No estudo das faixas de renda nas famílias amostradas, observou-se que no Estado de Santa Catarina, a faixa "de 3 a 5 salários mínimos" apresentou freqüência de respostas superior às demais. Já nas capitais amostradas, observou-se a faixa "de 6 a 10 salários mínimos" como sendo de maior freqüência. A menor freqüência foi a faixa de "mais que 20 salários" (Quadro 4). A pesquisa comprovou a existência de maior faixa salarial nas capitais, em relação ao estado todo de Santa Catarina. Sugere

**Tabela 2** — Quadro 2 - Faixa etária das pessoas entrevistadas ( conforme o Estado pesquisado) .

SC			SP		
Idade	Nº. Cit.	Freq.	Idade	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	9	2,26%	Não-Resposta	6	1,2%
menor que 20 anos	15	3,76%	menor que 20 anos	5	1,0%
entre 20 e 30	69	17,29%	entre 20 e 30	89	17,9%
entre 30 e 40	103	25,81%	entre 30 e 40	148	29,8%
entre 40 e 50	101	25,31%	entre 40 e 50	154	31,0%
mais de 50	102	25,56%	mais de 50	95	19,1%
Total Obs.	399	100 %	Total Obs.	497	100%
Média=3,53 Desvio-padrão=1,17					

RS			PR		
Idade	Nº. Cit.	Freq.	Idade	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	6	1,5%	Não-Resposta	1	0,2%
menor que 20 anos	5	1,2%	menor que 20 anos	5	1,2%
entre 20 e 30	62	15,2%	entre 20 e 30	52	12,3%
entre 30 e 40	87	21,4%	entre 30 e 40	153	36,3%
entre 40 e 50	117	28,7%	entre 40 e 50	116	27,5%
mais de 50	130	31,9%	mais de 50	95	22,5%
Total Obs.	407	100 %	Total Obs.	422	100%
Média=3,76 Desvio-padrão=1,10			Média=3,58 Desvio-padrão=1,01		

**Tabela 3** — Quadro 3 - Nível de escolaridade dos entrevistados.

SC			SP		
Escolar	Nº. Cit.	Freq.	Escolar	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	39	8,77%	Não-Resposta	10	2,0%
1º grau Completo	130	32,58%	1º grau Completo	54	10,9%
1º grau Incompleto	99	24,81%	1º grau Incompleto	127	25,6%
2º grau Completo	116	29,07%	2º grau Completo	200	40,2%
3º grau ou Superior	19	4,76%	3º grau ou Superior	106	21,3%
Total OBS.	399	100%	Total OBS.	497	100%
Média=2,07 Desvio-padrão=0,94					

RS			PR		
Escolar	Nº. Cit.	Freq.	Escolar	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	6	1,5%	Não-Resposta	1	0,2%
1º grau Completo	27	6,6%	1º grau Completo	36	8,5%
1º grau Incompleto	66	16,2%	1º grau Incompleto	95	22,5%
2º grau Completo	170	41,8%	2º grau Completo	173	41,0%
3º grau ou Superior	138	33,9%	3º grau ou Superior	117	27,7%
Total OBS.	407	100%	Total OBS.	422	100%
Média=3,04 Desvio-padrão=0,88			Média=2,88 Desvio-padrão=0,91		

que os consumidores nas capitais, de modo geral, possuem renda maior que o interior do estado.

Com relação ao número de pessoas nas famílias entrevistadas, verificou-se que a média de pessoas variou de 3,56 até 3,84, demonstrando que apesar de Santa Catarina ter maior representatividade na faixa de "5 a 6 pessoas na família", a média ficou semelhante aos demais estados (Quadro 5). As capitais do Rio Grande do Sul e São Paulo obtiveram maior representatividade em famílias menores (de 2 a 4 pessoas).

Entre os quesitos de caracterização do perfil dos entrevistados, verificou-se que a ausência de resposta (o entrevistado não quis informar) foi menor que 2,01%. Os chefes de família nos domicílios catarinenses se constituem predominantemente de pessoas adultas, com o 1º grau incompleto, com famílias numerosas, de tamanho médio de 3,8 pessoas constituída (na maioria dos domicílios com até 6 pessoas), com renda familiar de 3 a 5 salários mínimos. Isto é importante quando se pensa extrapolar os resultados para o total da população catarinense. No nível das demais capitais estudadas, o decisor de compra é principalmente uma pessoa adulta (acima de 30 anos), mulher, com nível de escolaridade de 2º grau, com renda em torno de 6 a 10 salários mínimos e cuja família tem menos que 6 componentes. Há indicativos de tendência à diminuição do tamanho das famílias, principalmente nas capitais.

**Tabela 4** — Quadro 4 - Renda familiar dos entrevistados.

SC				SP				
Renda	Nº. Cit.	Freq.	Renda	Nº. Cit.	Freq.	Renda	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	15	3,76%	Não-Resposta	15	5,0%			
até 2 salários mínimos	60	15,04%	até 2 salários mínimos	20	4,0%			
de 3 a 5 salários mínimos		%	de 3 a 5 salários mínimos	105	21,1%			
de 6 a 10 salários mínimos		%	de 6 a 10 salários mínimos	164	33,0%			
de 11 a 20 salários mínimos		%	de 11 a 20 salários mínimos	121	24,3%			
maior que 20 salários mínimos		%	de 21 a 30 salários mínimos	49	9,9%			
Total OBS.		%	maior que 31 salários mínimos	13	2,5%			
			Total OBS.	497	100%			
RS				PR				
Renda	Nº. Cit.	Freq.	Renda	Nº. Cit.	Freq.	Renda	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	12	3,76%	Não-Resposta	5	1,2%			
até 2 salários mínimos	17	15,04%	até 2 salários mínimos	14	3,3%			
de 3 a 5 salários mínimos	84	20,6%	de 3 a 5 salários mínimos	70	16,6%			
de 6 a 10 salários mínimos	126	31,0%	de 6 a 10 salários mínimos	150	35,5%			
de 11 a 20 salários mínimos	79	19,4%	de 11 a 20 salários mínimos	125	29,6%			
de 21 a 30 salários mínimos	55	13,5%	de 21 a 30 salários mínimos	44	10,4%			
maior que 31 salários mínimos	34	8,4%	maior que 31 salários mínimos	14	3,3%			
Total OBS.	407	100%	Total OBS.	422	100%			
	Média=3,44 Desvio-padrão=1,31			Média=3,38 Desvio-padrão=1,09				

**Tabela 5** — Quadro 5 - Número de pessoas por família entrevistada.

SC			SP		
Pessoas	Nº. Cit.	Freq.	Pessoas	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	8	2,01%	Não-Resposta	10	2,0%
menos de 2	75	18,80%	menos de 2	11	2,2%
de 2 a 4	99	24,81%	de 2 a 4	212	42,7%
de 4 a 5	99	24,81%	de 4 a 6	196	39,4%
de 5 a 6	105	26,32%	de 6 a 8	60	12,1%
de 6 a 8	5	1,25%	de 8 a 10	7	1,4%
acima de 8	8	2,01%	10 e acima	1	0,2%
Total OBS.	399	100%	Total OBS.	497	100%
Média=3,80 Desvio-padrão=1,50			Média=3,84 Desvio-padrão=3,32		
			Soma = 1872		
			Mínimo=1, Máximo=43		
RS			PR		
Pessoas	Nº. Cit.	Freq.	Pessoas	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	6	1,5%	Não-Resposta	1	0,2%
menos de 3	219	53,8%	menos de 2	4	0,9%
de 3 a 5	135	33,2%	de 2 a 3	52	12,3%
de 5 a 8	42	10,3%	de 3 a 4	101	23,9%
de 8 a 10	4	1,0%	de 4 a 5	150	35,5%
de 10 a 12	0	0,0%	de 5 a 6	85	20,1%
12 e acima	1	0,2%	6 e acima	29	6,9%
Total OBS.	407	100%	Total OBS.	497	100%
Média=3,56 Desvio-padrão=1,63			Média=3,84 Desvio-padrão=1,16		
Soma = 1426			Soma = 1616		
Mínimo=1, Máximo=14			Mínimo=1, Máximo=7		

## 5 Hábitos de Consumos de Derivados da Carne Suína

As questões elaboradas e colocadas à prova do consumidor foram: (questionário aplicado no estado de Santa Catarina, nas capitais de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná).

### 1. Consumo de derivados da carne suína (quadro 6)

**Tabela 6** — Quadro 6 - Você Consome Produtos Derivados da Carne Suína ?

SC			SP		
Consome	Nº. Cit.	Freq.	Consome-carne	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	6	1,5%	Não-Resposta	8	1,6%
sim	256	64,2%	sim	307	61,8%
não (pule para o módulo 2)	137	34,3%	não (pule para o módulo 3)	182	36,6%
Total CIT.	399	100%	Total OBS.	497	100%

RS			PR		
Consome-carne	Nº. Cit.	Freq.	Consome-carne	Nº. Cit.	Freq.
Não-Resposta	2	0,5%	Não-Resposta	119	28,2%
sim	245	60,2%	sim	303	71,8%
não (pule para o módulo 2)	160	39,3%	não (pule para o módulo 3)	119	28,2%
Total OBS.	407	100%	Total OBS.	422	100%

O Quadro 6 demonstrou que um percentual significativo dos consumidores respondeu que não consomem produtos e derivados da carne suína (mais do que 28,2 %).

Os motivos principais de não consumir derivados da carne suína (Quadro 7), foram:

- que causariam problemas de saúde ;
- não gostar desses produtos.

**Para Santa Catarina:** Quando se considera somente o não consumidor de produtos derivado de suínos, obteve-se que 48,7 % dos entrevistados não consomem os produtos por achar que prejudica a saúde. Outros 33,1%, não consomem por opção de gosto. Resultado semelhante foi encontrado nos demais estados.

O resultado de não consumir devido ao motivo religioso e a outros motivos, também mostrou-se significativo em algumas das capitais. Quando se analisa a resposta outros, surgiu freqüentemente, o item "ser vegetariano", comprovando algumas análises de tendências, sobre o aumento de consumo de vegetais em detrimentos de carnes (hábito de consumos descrito em reportagens recente).

O grande número de pessoas que não consomem produtos de suínos por acharem que faz mal a saúde, mostra que o consumidor ainda não está convencido quanto às qualidades da carne suína e de seus derivados para a alimentação humana. Em relação a escolaridade, o nível predominante verificado no perfil de consumidor de Santa Catarina, demonstra um consumidor pouco esclarecido. Sugere-se que ainda necessita ser trabalhado o Marketing desses produtos, principalmente visando à faixa de população de menor escolaridade.

Quanto aos problemas de saúde relacionados com alimentação, aparece o colesterol como o mais comentado nos meios de comunicação. Os consumidores



**Tabela 7** — Quadro 7 - Motivo Pelo Qual Não Consome Produtos Derivados de Suínos.

SC			SP		
Consome	Nº. Cit.	Freq.	Consome	Nº. Cit.	Freq.
Problemas de saúde	75	48,7%	Problemas de saúde	88	48,1%
Não Gosta	51	33,1%	Não Gosta	38	20,8%
Preço	9	5,84%	Preço	2	1,1%
Motivos Religiosos	13	8,4%	Motivos Religiosos	35	19,1%
Outro	6	3,9%	Outro	20	10,9%
Total CIT.	154	100%	Total CIT.	183	100%

RS			PR		
Consome	Nº. Cit.	Freq.	Consome	Nº. Cit.	Freq.
Problemas de saúde	70	40,9%	Problemas de saúde	45	36,3%
Não Gosta	60	35,1%	Não Gosta	31	25,0%
Preço	6	3,5%	Preço	9	7,3%
Motivos Religiosos	17	9,9%	Motivos Religiosos	17	13,7%
Outro	18	10,5%	Outro	22	17,7%
Total CIT.	171	100%	Total CIT.	124	100%

Projeto Estudo de Mercado da Epagri-SC

<sup>OBS</sup> Resultado referente aos não consumidores de produtos suínos

querem produtos com menos gorduras e mais saudáveis. A produção de suínos magros (light) e seus subprodutos mais saudáveis devem ser divulgados para promover o aumento do consumo desses produtos.

## 6 Fatores que Afetam a Decisão de Consumo pelo Produto

Para Santa Catarina:

O quadro 8, possibilita a visualização da importância de alguns atributos considerados pelos consumidores. Observa-se que os atributos "Inspeção Sanitária , Sabor , Odor/aroma e Prazo de validade" despontam como de extrema importância.

A garantia de estar consumindo alimento que não faça mal a saúde, foi considerada como atributo de maior importância. A consideração sobre este atributo surpreende, quando comparada às atitudes observadas na prática do consumidor. Supõe-se que se deve ao fato, de esta, ter sido uma resposta consciente do consumidor. E em muitas vezes, o consciente fica relegado ao impulso pelo consumo.

As demais respostas que obtiveram maior frequência, estão as características do produto, relacionadas ao paladar e ao olfato (características organolépticas). O sabor e o odor/aroma estimulam o desejo ao alimento e em muitas vezes fazem a escolha consciente ficar em segundo plano.

**Tabela 8** — Quadro 8 - Características/atributos desejáveis dos produtos derivados da carne suína, atribuindo-se notas de nenhuma importância (1) até extremamente importante (5)

	1 - nenhuma importância	2	3	4	5 - extremamente importante	
Coloração	4,4%	3,2%	8,4%	13,9%	70,1 %	100%
Tamanho	20,3%	10,4%	25,9%	15,1%	28,3%	100%
Sabor	2,8%	0,8%	5,5%	12,6%	78,3%	100%
Odor/aroma	2,0%	2,0%	6,4%	14,1%	75,5%	100%
Inspeção Sanitária	0,8%	0,8%	4,0%	6,7%	87,7%	100%
Embalagem/apresentação	2,8%	4,3%	11,9%	14,2%	68,8%	100%
Preço	1,6%	2,4%	12,3%	11,9%	71,8%	100%
Condimentos	5,6%	5,2%	16,8%	16,8%	55,6%	100%
Valor Nutricional	4,4%	6,0%	15,7%	12,9%	61,0%	100%
Marca	20,8%	12,0%	17,2%	15,2%	34,8%	100%
Prazo de Validade	0,4%	0,4%	2,0%	3,6%	93,7%	100%

A dependência é significativa (Qui<sup>2</sup>= 56,15, gl= 40, 1-p= 95,35%).

Os valores do Quadro são os percentuais em linha estabelecidos sobre 2765 citações.

Cabe salientar, que a "Marca" do produto, foi o atributo que obteve o maior freqüência, na alternativa "nenhuma importância".

SÃO PAULO

**Tabela 9** — Quadro 9 - Fatores que afetam a decisão de consumo na capital de São Paulo. Enumerados em ordem de importância.

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	Total
Preço	38,9%	11,4%	9,5%	13,4%	8,2%	8,2%	10,5%	100%
Qualidade	21,3%	30,5%	17,7%	10,5%	6,9%	6,2%	6,9%	100%
Qual. Nutricional	6,3%	17,5%	22,2%	17,5%	13,9%	14,6%	7,9%	100%
Prazo de Validade	13,1%	19,9%	22,5%	18,0%	13,1%	9,2%	4,2%	100%
Inspeção Sanitária	7,5%	6,2%	8,5%	14,4%	18,4%	20,3%	24,6%	100%
Embalagem	7,2%	6,9%	11,1%	12,1%	24,9%	21,3%	16,4%	100%
Marca	6,3%	8,2%	8,6%	13,5%	12,5%	21,1%	29,9%	100%

A dependência é muito significativa (Qui<sup>2</sup>= 81,51, gl= 36, 1-p= >99,99%).

RIO GRANDE DO SUL

PARANÁ

Os valores do quadro são os percentuais em linha estabelecidos sobre 1696 citações.

Em respostas conscientes, o consumidor demonstrou sua preferência pelos fatores preço, qualidade do produto e o prazo de validade. Colocando-os, quando indagados pelo grau de preferência, como os primeiros fatores a serem analisados no momento da compra.

Talvez, por se tratar de respostas conscientes, observa-se baixa preferência pelos fatores marca e embalagem, sabe-se que o consumidor é, muitas vezes, envolvido pelo aspecto visual e compra impulsivamente.

**Tabela 10** — Quadro 10 - Fatores que afetam a decisão de consumo na capital do Rio Grande do Sul. Enumerados em ordem de importância.

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	Total
Preço	36,2%	11,9%	9,5%	9,5%	9,9%	6,2%	16,9%	100%
Qualidade	42,0%	25,9%	17,5%	8,2%	3,7%	1,2%	1,2%	100%
Qual. Nutricional	14,9%	17,8%	16,9%	19,0%	14,5%	9,1%	7,9%	100%
Prazo de Validade	26,4%	24,4%	23,6%	16,5%	3,3%	2,9%	2,9%	100%
Inspeção Sanitária	4,5%	5,4%	9,1%	14,9%	29,3%	12,4%	24,4%	100%
Embalagem	2,9%	0,4%	5,4%	10,3%	15,3%	41,3%	24,4%	100%
Marca	8,3%	3,3%	7,4%	11,6%	16,1%	16,5%	36,8%	100%

A dependência é muito significativa (Qui2= 117,75, gl= 36, 1-p= >99,99%).

**Tabela 11** — Quadro 11 - Fatores que afetam a decisão de consumo na capital do Paraná. Enumerados em ordem de importância.

	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	Total
Preço	31,1%	19,5%	8,9%	8,9%	9,3%	12,6%	9,6%	100%
Qualidade	18,5%	23,5%	22,8%	17,9%	10,3%	4,3%	2,6%	100%
Qual. Nutricional	11,9%	11,9%	14,6%	14,2%	13,9%	17,5%	15,9%	100%
Prazo de Validade	19,5%	24,8%	20,5%	15,9%	11,3%	6,3%	1,7%	100%
Inspeção Sanitária	16,2%	9,6%	13,9%	17,2%	17,5%	13,9%	11,6%	100%
Embalagem	1,3%	5,6%	12,6%	15,6%	15,6%	29,1%	10,3%	100%
Marca	2,0%	5,0%	6,6%	10,6%	8,9%	18,9%	48,0%	100%

A dependência é muito significativa (Qui2= 104,46, gl= 36, 1-p= >99,99%).

**Tabela 12** — Quadro 12 - Características/atributos desejáveis dos produtos derivados da carne suína: (RS)

Preferências	Nº. Cit.	Freq.
Preço	146	25,2%
Qualidade	204	35,2%
Embalagem	21	3,6%
Sabor	135	23,3%
Tradição	38	6,6%
Disponibilidade no local habitual de compra	27	4,7%
Publicidade / Propaganda	8	1,4%
Total CIT.	579	100%

Nos produtos derivados da carne suína, analisou-se os atributos considerados desejáveis pelo consumidor de Porto Alegre, observou-se que a ordem de preferência foi qualidade, preço e sabor. Preferência esta, também observada para os demais locais estudados. As preferências pelos atributos listados não excluem da avaliação de preferência os demais atributos, pois o modelo de decisão considera as combinações destes, com diferentes níveis de importância.

## 7 Frequência de Consumo dos Produtos Derivados de Suínos

Observando o quadro 13, verifica-se que a frequência de consumo de produtos derivados de suínos "Defumados e Frescal", o consumidor concentra o consumo em uma periodicidade dita esporadicamente, ou em 1 a 2 vezes por semana.

**Tabela 13** — Quadro 13 - Frequência de Consumo de Produtos "Defumados e frescal" (Ex.: bacon, lingüiça, etc).

SC			SP		
fre-de-fr	Nº. Cit.	Freq.	fre-de-fr	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	11	5,2%	Diariamente	34	10,9%
3 a 5 vezes por semana	20	9,4%	3 a 5 vezes por semana	17	5,4%
1 a 2 vezes por semana	65	30,7%	1 a 2 vezes por semana	82	26,3%
Esporadicamente	108	50,9%	Esporadicamente	155	49,7%
Nunca	8	3,8%	Nunca	24	7,7%
Total OBS.	212	100%	Total OBS.	312	100%
Média=1,80 Desvio-padrão=1,82			Média=3,38 Desvio-padrão=1,07		

PR			RS		
fre-de-fr	Nº. Cit.	Freq.	fre-de-fr	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	12	4,0%	Diariamente	12	4,9%
3 a 5 vezes por semana	29	9,6%	3 a 5 vezes por semana	28	11,5%
1 a 2 vezes por semana	138	45,5%	1 a 2 vezes por semana	81	33,2%
Esporadicamente	122	40,3%	Esporadicamente	96	39,3%
Nunca	2	0,7%	Nunca	27	11,1%
Total OBS.	303	100%	Total OBS.	244	100%
			Média=3,40 Desvio-padrão=1,00		

Observa-se, para Santa Catarina, a tendência ao consumo esporádico dos produtos "Tipo Lanche". Para as capitais, a frequência de consumo "mais que 1 a 2 vezes por semana", foi significativamente maior que as demais alternativas.

A frequência de Consumo de Produtos "In-natura e salgados" e produtos "Semi elaborados", foi maior no item esporadicamente, para a maioria dos consumidores pesquisados.

**Tabela 14** — Quadro 14 - Freqüência de Consumo de Produtos "Tipo lanche". (Ex.: apesuntado, salame, etc.)

SC			RS		
fre-la	Nº. Cit.	Freq.	fre-la	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	38	17,9%	Diariamente	45	18,4%
3 a 5 vezes por semana	42	19,8%	3 a 5 vezes por semana	55	22,4%
1 a 2 vezes por semana	57	26,9%	1 a 2 vezes por semana	81	33,1%
Esporadicamente	66	31,1%	Esporadicamente	60	24,5%
Nunca	9	4,2%	Nunca	4	1,6%
Total OBS.	212	100%	Total OBS.	245	100%
Média=1,51 Desvio-padrão=1,66			Média=2,69 Desvio-padrão=1,08		

PR			SP		
fre-la	Nº. Cit.	Freq.	fre-la	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	48	5,2%	Diariamente	44	14,4%
3 a 5 vezes por semana	57	18,8%	3 a 5 vezes por semana	40	13,1%
1 a 2 vezes por semana	116	38,3%	1 a 2 vezes por semana	103	33,8%
Esporadicamente	82	27,1%	Esporadicamente	91	29,8%
Nunca	0	0,0%	Nunca	27	8,9%
Total OBS.	303	100%	Total OBS.	305	100%
Média=2,77 Desvio-padrão=1,02			Média=3,06 Desvio-padrão=1,17		

A dependência é muito significativa (Qui2= 44.93, gl= 4, 1-p= >99,99%).

**Tabela 15** — Quadro 15 - Freqüência de Consumo de Produtos "In-natura e salgados". (Ex.: pernil, lombo, etc.)

SC			PR		
fre-in	Nº. Cit.	Freq.	fre-in	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	11	5,2%	Diariamente	3	1,0%
3 a 5 vezes por semana	23	11,0%	3 a 5 vezes por semana	33	10,9%
1 a 2 vezes por semana	63	30,0%	1 a 2 vezes por semana	131	43,4%
Esporadicamente	99	17,1%	Esporadicamente	130	43,0%
Nunca	14	6,7%	Nunca	5	1,7%
Total OBS.	210	100%	Total OBS.	302	100%
Média=1,78 Desvio-padrão=1,83			Média=3,33 Desvio-padrão=0,73		

SP			RS		
fre-in	Nº. Cit.	Freq.	fre-in	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	6	1,9%	Diariamente	6	2,5%
3 a 5 vezes por semana	17	5,5%	3 a 5 vezes por semana	21	8,6%
1 a 2 vezes por semana	74	23,9%	1 a 2 vezes por semana	92	37,7%
Esporadicamente	172	55,5%	Esporadicamente	101	41,4%
Nunca	41	13,2%	Nunca	24	9,8%
Total OBS.	310	100%	Total OBS.	244	100%
Média=3,73 Desvio-padrão=0,83			Média=3,48 Desvio-padrão=0,88		

**Tabela 16** — Quadro 16 - Freqüência de Consumo de Produtos "Semi elaborados". (Ex.: medalhões e hambúrguer).

SC			PR		
fre-se	Nº. Cit.	Freq.	fre-se	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	4	2,0%	Diariamente	3	1,0%
3 a 5 vezes por semana	11	5,6%	3 a 5 vezes por semana	26	8,6%
1 a 2 vezes por semana	37	18,7%	1 a 2 vezes por semana	88	29,1%
Esporadicamente	103	52,0%	Esporadicamente	129	42,7%
Nunca	43	21,7%	Nunca	56	18,5%
Total OBS.	198	100%	Total OBS.	302	100%
Média=1,91 Desvio-padrão=2,03			Média=3,69 Desvio-padrão=0,90		

SP			RS		
fre-se	Nº. Cit.	Freq.	fre-se	Nº. Cit.	Freq.
Diariamente	8	2,6%	Diariamente	4	1,6%
3 a 5 vezes por semana	25	8,2%	3 a 5 vezes por semana	16	6,5%
1 a 2 vezes por semana	67	22,0%	1 a 2 vezes por semana	78	31,8%
Esporadicamente	84	27,5%	Esporadicamente	82	33,5%
Nunca	121	39,7%	Nunca	65	26,5%
Total OBS.	305	100%	Total OBS.	245	100%
Média=3,93 Desvio-padrão=1,09			Média=3,77 Desvio-padrão=0,97		

Chama a atenção o percentual de respostas para o item "nunca" consome os produtos Semi-elaborados (medalhões e hambúrguer), demonstrando um alto percentual de rejeição.

## 8 Em Relação as Refeições

**Tabela 17** — Quadro 17 - Quando Consome Produtos Derivados de Suínos?

Tipo Lanche			In Natura e Salgados			Semi elaborados		
qu-la	Nº. Cit.	Freq.	que-in	Nº. Cit.	Freq.	que-se	Nº. Cit.	Freq.
Café da Manhã	82	42,7%	Café da Manhã	7	3,7%	Café da Manhã	12	7,9%
Almoço	23	12,0%	Almoço	148	77,5%	Almoço	70	46,1%
Lanche	63	32,8%	Lanche	12	6,3%	Lanche	31	20,1%
Janta	24	12,5%	Janta	24	12,6%	Janta	39	25,7%
Total	192	100%	Total	191	100%	Total	152	100%
Média=1,04 Desvio-padrão=1,32			Média=1,09 Desvio-padrão=1,24			Média=1,01 Desvio-padrão=1,41		

Em relação a quais refeições consomem-se os produtos suínos, obtiveram-se três situações diferenciadas conforme as características dos tipos de derivados:

- O tipo lanche, tem o consumo principal no café da manhã (42,7%) e nos lanches (32,8%);
- O tipo "In natura e salgado", tem o seu consumo principal no almoço (77,5%);
- O tipo "Semi elaborados", tem o consumo no almoço

## 9 Preferência por Sabor

**Tabela 18** — Quadro 18 - Em relação ao sabor, sua preferência é por:

SC			SP		
sabor-in-natura	Nº. Cit.	Freq.	sabor-in-natura	Nº. Cit.	Freq.
Condimento Suave	92	35,8%	Condimento Suave	118	43,9%
Condimento Médio	133	51,8%	Condimento Médio	110	40,9%
Condimento Forte	32	12,5%	Condimento Forte	41	15,2%
Total CIT.	257	100%	Total CIT.	269	100%

RS			PR		
sabor-in-natura	Nº. Cit.	Freq.	sabor-in-natura	Nº. Cit.	Freq.
Condimento Suave	63	28,9%	Condimento Suave	124	41,9%
Condimento Médio	121	55,5%	Condimento Médio	120	40,5%
Condimento Forte	34	15,6%	Condimento Forte	52	17,6%
Total CIT.	218	100%	Total CIT.	296	100%

Há preferência por condimento médio em Santa Catarina e Porto Alegre, enquanto São Paulo e Curitiba o condimento suave e médio dividem a preferência. A pesquisa



confirmou estudos anteriores, da tendência por alimentos mais condimentados na região sul do país.

## 10 Embalagens

**Tabela 19** — Quadro 19 - Como você costuma adquirir produtos derivados de suínos:  
1. Defumados e frescal:

SC			PR		
cos-de	Nº. Cit.	Freq.	cos-de	Nº. Cit.	Freq.
Unidade	80	31,4%	Unidade	96	32,0%
Embalagem de 500 gr	52	20,4%	Embalagem de 500 gr	71	23,7%
Embalagem de 1 Kg	35	13,7%	Embalagem de 1 Kg	9	3,0%
Granel	88	34,5%	Granel	124	41,3%
Total CIT.	255	100%	Total CIT.	300	100%

Nos produtos "defumados e frescal", observou-se a preferência do consumidor pela embalagem a granel. Tendência esta, que também apareceu nos demais estados.

**Tabela 20** — Quadro 20 - Como você costuma adquirir produtos derivados de suínos: 1. Tipo lanche:

SC		
cos-la	Nº. Cit.	Freq.
Em peça	60	23,5%
Fatiado	154	60,4%
Granel	41	16,1%
Total CIT.	255	100%

Em relação aos produtos suínos tipo "lanche", apresentou-se significativa a tendência do consumidor escolher ao produto fatiado em relação as demais formas de apresentação do produto (60,4%).

Os produtos suínos tipo "In-natura e salgados", apresentou significativa tendência do consumidor escolher ao produto em cortes (61,0%).

Em relação ao peso da embalagem, a preferência apresentada pelo consumidor foi pelas embalagens menores, com peso de 300 gramas. Tendência observada para a maioria dos produtos derivados de suínos.

Com famílias menores e a vida agitada dos dias modernos, está tornando o consumidor um ser prático, a buscar modalidades de produtos que sejam de fácil manuseio e com preços menores por unidade de aquisição.

**Tabela 21** — Quadro 21- Como você costuma adquirir produtos derivados de suínos: 2.In-natura e salgados:

SC		
cos-in	Nº. Cit.	Freq.
Em peça	63	25,3%
Embalagem de 600gr	34	13,7%
Em cortes	152	61,0%
Total CIT.	249	100%

**Tabela 22** — Quadro 21- Em relação ao peso por embalagem, sua preferência é: 3. Defumados e frescal

SC			PR		
emb-de-fr	Nº. Cit.	Freq.	emb-de- fr	Nº. Cit.	Freq.
300 g	91	36,1%	300 g	155	51,7%
500 g	87	34,5%	500 g	119	39,7%
1 Kg	62	24,6%	1 Kg	24	8,0%
2 Kg	12	4,8%	2 Kg	2	0,7%
Total CIT.	252	100%	Total CIT.	300	100%

**Tabela 23** — Quadro 22 - Em relação ao peso por embalagem, sua preferência é: 4. Tipo lanche:

SC		
emb-la	Nº. Cit.	Freq.
100g	48	19,4%
300g	90	36,4%
500g	73	29,6%
1 Kg	32	13,0%
2 Kg	4	1,6%
Total CIT.	247	100%

A dependência é muito significativa (Qui<sup>2</sup>= 200.65, gl= 5, 1-p= >99,99%).

**Tabela 24** — Quadro 23 - Em relação ao peso por embalagem, sua preferência é: 5. Semi-elaborados:

SC		
emb-se	Nº. Cit.	Freq.
300g	91	40,8%
500g	75	33,6%
1 Kg	49	22,0%
2 Kg	8	3,6%
Total CIT.	223	100%

A dependência é muito significativa (Qui2= 194.32, gl= 4, 1-p= >99,99%).

**Tabela 25** — Quadro 24 - Quantas vezes costuma comprar os produtos derivados de suínos:

SC			SP		
vezes-co	Nº. Cit.	Freq.	vezes-co	Nº. Cit.	Freq.
Uma vez por semana	111	44,2%	Uma vez por semana	125	41,7%
Duas a três vezes por semana	37	14,7%	Duas a três vezes por semana	34	11,3%
Todos os dias	5	2,0%	Todos os dias	3	1,0%
Uma vez ao mês	98	39,0%	Uma vez ao mês	138	46,0%
Total CIT.	251	100%	Total CIT.	300	100%

RS			PR		
vezes-co	Nº. Cit.	Freq.	vezes-co	Nº. Cit.	Freq.
Uma vez por semana	81	28,9%	Uma vez por semana	149	49,2%
Duas a três vezes por semana	61	55,5%	Duas a três vezes por semana	72	23,8%
Todos os dias	9	15,6%	Todos os dias	7	2,3%
Uma vez ao mês	91	12,5%	Uma vez ao mês	75	24,8%
Total CIT.	242	100%	Total CIT.	303	100%

## 11 Frequência de Consumo

A compra de produtos derivados de suínos ocorre na maioria das vezes, uma vez por semana ou até em uma vez ao mês.

## 12 Preferência pelos Produtos Suinícolas

**Tabela 26** — Quadro 25 - Qual a sua preferência pelo produto "Bacon"?

	SC	
pref-ba	Nº. Cit.	Freq.
1. Nenhuma	42	16,8%
2. Baixa	73	29,2%
3. Moderada	69	27,6%
4. Alta	28	11,2%
5. Muito alta	23	9,2%
6. Não Conhece	15	6,0%
Total CIT.	250	100%

Média=1,78 Desvio-padrão=1,77

A questão é a resposta única sobre uma escala.

A média e o desvio-padrão são calculadas atribuindo-se a valor 0 às não-respostas.

A dependência é muito significativa (Qui<sup>2</sup>= 71.41, gl= 5, 1-p= >99,99%).

O Qui<sup>2</sup> é calculado com as frequências teóricas iguais para cada categoria.

Os percentuais são calculados com base no número de citações.

O Quadro 25 mostra a preferência do consumidor considerada de baixa à moderada em relação ao produto bacon (56,8% dos consumidores que responderam que consomem derivados suínos).

Somando-se os consumidores que responderam não conhecer, nenhuma preferência e os que não responderam por não consumir esses produtos (não respostas), tem-se um percentual de 48,63% das pessoas de Santa Catarina que praticamente não são consumidores de Bacon. Preferência semelhante observou-se nos demais estados.

Este quadro demonstra um resultado muito significativo em relação à preferência pelo produto Queijo de Porco. Observa-se que a maioria da população Catarinense não prefere este produto ou não conhece.

O Queijo de Porco é produzido tradicionalmente pelos produtores rurais que abatem os animais em sua propriedade e transformam artesanalmente em derivados menos perecíveis. Supõe-se que este produto é consumido preferencialmente por pessoas que possuem a sua origem nas propriedades rurais e o conhecem pela tradição familiar.

**Tabela 27** — Quadro 26 - Qual a sua preferência por Queijo de Porco? (Santa Catarina)

SC		
pref-qp	Nº. Cit.	Freq.
1. Nenhuma	93	38,3%
2. Baixa	32	13,2%
3. Moderada	29	11,9%
4. Alta	16	6,6%
5. Muito alta	6	2,5%
6. Não Conhece	67	27,6%
Total CIT.	243	100%

Média=1,85 Desvio-padrão=2,20

**Tabela 28** — Quadro 27 - Qual a preferência por Codeguin?

SC		
pref-co	Nº. Cit.	Freq.
1. Nenhuma	78	32,4%
2. Baixa	31	12,9%
3. Moderada	32	13,3%
4. Alta	11	4,6%
5. Muito alta	3	1,2%
6. Não Conhece	86	35,7%
Total CIT.	241	100%

Média=2,03 Desvio-padrão=2,34

A dependência é muito significativa (Qui<sup>2</sup>= 147.26, gl= 5, 1-p=>99,99%).

A preferência por Codeguim também segue a mesma trajetória do queijo de porco, onde poucas pessoas têm a tradição de consumo. Também, a baixa oferta desse produto em locais tradicionais de compra, influenciam no consumo.

**Tabela 29** — Quadro 28 - Qual a preferência por Morcela Branca?

SC		
pref-mb	Nº. Cit.	Freq.
1. Nenhuma	85	33,9%
2. Baixa	47	18,7%
3. Moderada	57	22,7%
4. Alta	26	10,4%
5. Muito alta	9	3,6%
6. Não Conhece	27	10,8%
Total CIT.	251	100%
Média=1,66 Desvio-padrão=1,81		

A Morcela Branca apresentou o maior percentual em nenhuma preferência (33,90%). Mas, não pode ser desconsiderado o fato de haver uma parcela significativa do público com preferência moderada (22,7%).

De modo geral as preferências dos consumidores pelos produtos derivados de suínos, seguem a tendência demonstrada nos produtos já descritos (morcela branca e/ou bacon). Há duas tendências claras quanto a preferência por produtos derivados de suínos, aos dos produtos poucos difundidos (morcela branca, etc.) e a dos produtos cuja preferência é moderada/ baixa (bacon, etc.).

**Tabela 30** — Quadro 29 - Qual a preferência da família por produtos derivados da carne suína: DEFUMADOS E FRESCAL EM SANTA CATARINA (Frequência de respostas por produto em "1- nenhuma preferência" até "5- Muito alta preferência".)

Produtos	1	2	3	4	5	6	Total
	Nenhuma	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	Não Conhece	
Bacon	42	73	69	28	23	15	250
Queijo de Porco	93	32	29	16	6	67	243
Codeguim	78	31	32	11	3	86	241
Morcela Branca	85	47	57	26	9	27	251
Lingüiça curada	37	46	64	52	21	29	249
Lingüiça Freca (frescal)	42	53	69	48	23	17	252
Paio defumado	97	41	24	15	10	58	245
Pertences para feijoada	54	63	57	39	25	7	245
Cortes Defumados	81	52	53	31	18	10	245

**Tabela 31** — Quadro 30 - Qual a preferência da família por produtos derivados da carne suína: TIPO LANCHE EM SANTA CATARINA

Produtos	1	2	3	4	5	6	Total
	Nenhuma	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	Não Conhece	
Afiambado, apresuntado	64	50	57	41	17	18	247
Copa	88	36	24	19	6	76	249
Fiambre	85	31	33	27	6	59	241
Lombo defumado	69	57	58	36	14	12	246
Mortadela	37	50	72	48	33	8	248
Presuntada, presuntina	70	44	56	38	18	22	248
Presunto	41	47	60	58	33	10	249
Presunto Parma	101	24	32	28	9	53	247
Sadilanche	91	17	21	24	3	88	244
Salame	36	52	59	55	37	9	248
Salsicha	21	43	77	60	38	8	247
Patê (bacon e presunto)	76	41	66	26	17	18	244

**Tabela 32** — Quadro 31 - Qual a preferência da família por produtos derivados da carne suína: IN NATURA E SALGADOS EM SANTA CATARINA

Produtos	1	2	3	4	5	6	Total
	Nenhuma	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	Não Conhece	
Carré ( Bisteca )	50	37	79	37	33	14	250
Costela	40	41	74	52	36	5	248
Costela grill	88	26	49	33	14	37	247
Filé Mignon	88	33	59	42	20	8	250
Lombo	39	56	76	50	27	4	252
Pernil	31	56	74	52	33	3	249
Cara, orelha, rabo, pé, salgado	95	56	50	29	12	4	246
Língua, garrão, etc	156	33	28	20	6	6	249
Torresmo	64	64	64	36	17	3	248
Banha	112	44	35	29	23	3	246

**Tabela 33** — Quadro 32 - Qual a preferência da família por produtos derivados da carne suína: SEMI-ELABORADO

Produtos	1	2	3	4	5	6	Total
	Nenhuma	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	Não Conhece	
Filé suíno, com bacon (medalhões)	112	29	36	23	11	21	232
Hamburguer	50	35	45	37	24	19	235

## 13 Conclusões

Os resultados da pesquisa servem de referência a todos os agentes da cadeia produtiva, em especial:

- Aos administradores de supermercados na definição das estratégias de venda;
- Aos atacadistas e distribuidores como forma de orientação para o processamento dos produtos;
- Aos produtores rurais no momento de planejar a sua produção;
- Aos governantes quando do estabelecimento de políticas públicas de estímulo a produção e ao consumo.

Em relação ao mercado de produtos derivados de suínos, os resultados da pesquisa permitem as seguintes conclusões e recomendações.

1. A maioria dos consumidores/decisores de compra da população estudada possuem características que os tornam exigentes em relação às opções de produtos que compram em supermercados;

2. Os chefes de família nos domicílios catarinenses se constituem predominantemente de pessoas adultas, com o 1º grau incompleto, com famílias numerosas, de tamanho médio de 3,8 pessoas constituída (na maioria dos domicílios com até 6 pessoas), com renda familiar de 3 a 5 salários mínimos. Isto é importante quando se pensa extrapolar os resultados para o total da população catarinense. No nível das demais capitais estudadas, o decisor de compra é principalmente uma pessoa adulta (acima de 30 anos), mulher, com nível de escolaridade de 2º grau, com renda em torno de 6 a 10 salários mínimos e cuja família tem menos que 6 componentes.

3. Isto realça o papel da mulher na administração das atividades domésticas tornando-a foco principal de campanhas publicitárias e outras ações de propaganda e marketing;

4. O hábito do consumo de produtos derivados de suínos está incorporado à maior parte da população estudada que, em sua maioria, consome esses produtos, com periodicidade de 1 a 2 vezes por semana e/ou esporadicamente;

5. Há um percentual considerável de consumidores que não consomem produtos derivados de suínos.

6. Os principais motivos de não consumir os produtos suínos, são: por fazer mal à saúde e o de não gostar. Também foram significativos os motivos religiosos, preço e o de ser "vegetariano".

7. Campanhas publicitárias visando estimular o consumo, mostrando que não faz mal à saúde seria desejável.

8. Preocupação com a saúde, satisfação gustativa e parcimônia são os principais valores identificados na população estudada;

9. Campanhas publicitárias e outras ações de marketing com apelo a estes valores tendem a ser bem sucedidas;

10. A grande maioria dos consumidores compra em supermercados;

11. O consumidor prefere embalagens menores (300 gramas) e se possível já fatiado, quando for conveniente.



12. Há preferência por condimento médio em Santa Catarina e Porto Alegre, enquanto São Paulo e Curitiba o condimento suave divide a preferência com o médio.

13. Com famílias menores e com a vida agitada dos dias modernos, está levando ao consumidor a ser prático, buscar modalidades do produto, que sejam de fácil manuseio e com preços menores por unidade de aquisição.

14. Há duas tendências claras quanto a preferência por produtos derivados de suínos: - Os produtos poucos difundidos (ex.: morcela branca), desconhecidos pela maioria dos consumidores, onde poucas pessoas têm a tradição de consumo;

- A dos produtos conhecidos, cuja preferência tendem à moderada/ baixa (ex.: bacon).

## 14 Referências Bibliográficas

1. BARBETA, P.A. Estatística aplicada às ciências sociais. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 1998.
2. BARNI, E.J.; SHCALLEMBERGER, E.; SILVA, M.C.; SOUZA, A.T. de; ANTUNES, R.O.; FERREIRA, R.; BEPLER NETO, R. Avaliação do potencial de mercado: perfil, hábitos de consumo e preferências alimentares dos consumidores finais de frutas, legumes e verduras. Itajaí, SC: Epagri, 2001. (prelo).
3. COBRA, M. & RIBEIRO, A. Marketing: magia e sedução. São Paulo, 2000, 263p.
4. HOOLEY, G.J. & SAUNDERS, J. Posicionamento competitivo. São Paulo: Makron Books. 1996, 367p.
5. KOTLER, P. Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1996. 676p.
6. MATTAT, F.N. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1997. V.2, 225p.
6. TERRA, C. Associação Paulista de Avicultura REVISTA RURAL - AGO/00 - Seção: Opinião - pág.50
7. SANTOS FILHO, J. I Evolução Tecnológica na Suinocultura (mimeo).
8. REVISTA SUINOCULTURA INDUSTRIAL, dezembro 1999/janeiro de 2000.

# O CONSUMO DE CARNE SUÍNA NO BRASIL

Antonio Marchi

Atua na área de treinamento técnico para profissionais de açougue

MARCHI A&T - Assessoria e Treinamento

<http://www.bymarchi.com.br>

[bymarchi@bymarchi.com.br](mailto:bymarchi@bymarchi.com.br)

017 - 222 - 3892

## 1 O Consumo de Carne Suína no Brasil

No início da década de 80 com a expansão de grandes redes de supermercados e a consolidação do auto - serviço nos setores de açougue dessas redes, os hábitos de compra de carnes sofreram considerável mudança.

Num conceito de "tudo sobre o mesmo teto" essas redes de super e hipermercados buscavam atender os clientes em todas suas necessidades, desde produtos básicos de alimentação até eletro-eletrônicos de grande porte.

Entre todos os setores o açougue é um dos que tiveram maiores mudanças, investindo em modernos equipamentos, instalações e treinamento de pessoal, conseguiram mudar gradativamente os hábitos dos clientes levando informação e principalmente comodidade e variedade de cortes carnes.

Pela comodidade de poder comprar tudo no mesmo lugar e mais informados em relação a higiene e limpeza, a grande maioria dos consumidores deixaram gradativamente de comprar carnes em açougues tradicionais, dando preferência aos supermercados.

Todo esse processo gerou grandes volumes de venda concentrada, o que forçou o varejo a buscar parcerias com fornecedores para adequações necessárias para atender a demanda de volume e variedade de produtos.

Pela diversidade de áreas atingidas por esses estabelecimentos, áreas nobres, periferias e interior e pelo hábito de consumo da população, as maiores mudanças ocorreram no segmento de carnes vermelhas (bovinos), com a eliminação de desossas e a compra de cortes já desossados e embalados.

Com essas adequações abriu - se a possibilidade para os comerciantes a compra desses produtos dentro do perfil de sua área de atuação, cortes mais nobres em áreas nobres, cortes menos nobres e dianteiros para áreas mais carentes e periferias, com isso houve adequações em relação à oferta/procura e preços.

Dentro desse conceito de grandes volumes e diversificação de sortimento de carnes, grandes esforços foram realizados para a consolidação e o aumento de volume da carne suína, com o desenvolvimento de novos cortes para o auto - serviço se chegou a um sortimento de 25 cortes diferenciados e grandes espaços de exposição desses cortes (resfriados) no balcão.

Todo o esforço concentrado nesse trabalho visava, diversificação de sortimento, a conquista de uma parcela crescente de consumidores e principalmente a rentabilidade, pois a carne suína se mostrou a mais rentável para o setor de açougue, com margens de lucro (bruto) de 60%.

Os obstáculos a serem vencidos nesse trabalho não eram os consumidores (volumes sempre crescentes), nem a lucratividade e sim o fornecimento, pois quase que na totalidade os fornecedores só dispunham de carcaças inteiras ou meia banda, caindo em confrontação com a lei da oferta/procura, pois é mais que sabido que alguns cortes são mais procurados pelos consumidores nessa ordem:

- Costélinha
- Carré (Bisteca)
- Lombo
- Pernil sem osso
- Pernil com osso
- Paleta com osso
- Paleta sem osso
- Panceta (Barriga)
- Copa lombo
- Toucinho

Mesmo com os melhoramentos atingidos pela suinocultura (proporção carne/toucinho), devido a mudanças nos hábitos de consumo, a substituição da gordura animal pelo óleo vegetal, o toucinho sempre ocasionou problemas de perdas para a comercialização, pois os cortes descritos acima sempre venderam com facilidade.

Tais problemas sempre tiveram menor peso em regiões próximas, a grandes fornecedores, principalmente no sul do país, porém em outras regiões e grandes centros consumidores como São Paulo e Rio de Janeiro eram por demais sensíveis.

A solução encontrada foi junto aos fornecedores o desenvolvimento de novos cortes, os chamados cortes "suplementares resfriados", carré, lombo, costélinha, pernil, paleta e barriga.

Vários esforços foram feitos por uma grande rede de supermercados nesse sentido, com várias visitas a fornecedores para o desenvolvimento desse trabalho, e o que se conseguiu foi somente dois fornecedores efetivos desses cortes (Sadia/Ceval), com vários obstáculos para o bom andamento dos trabalhos, tais como: Pedidos muito antecipados, grandes volumes etc.

O que se esperava era uma adequação do seguimento, com desenvolvimento de novas embalagens, (por exemplo o vácuo) para proporcionar maior durabilidade de produtos suíno resfriado, indo de encontro a preferência do consumidor, atingindo com isso maior participação no mercado da venda de carnes.

Com o tempo o que foi detectado é que a indústria e o varejo corriam em direções opostas, o varejo buscando adquirir produtos cada vez mais "frescos" e a indústria buscando industrializar e oferecer uma linha maior de produtos congelados.

Com o crescimento de redes de médio e pequeno porte, que não conseguem comprar grandes volumes e não tem disponível no mercado empresas que forneçam quantidades dentro da sua demanda, o que pode - se constatar em várias regiões é

que existe demanda de consumo mais não existe fornecimento adequado ao que o consumidor almeja.

Grande parcela desses supermercados onde esta concentrado o maior volume de consumidores, só tem disponível carne suína congelada, (o que entra em choque com hábitos de consumo da população que ainda é resistente a produtos em natura congelados), ou produtos de pequenos fornecedores regionais que só fornecem carcaças.

Outro agravante é que o consumo maior de carne suína, principalmente cortes com osso, barriga e toucinho esta concentrado em áreas de classe baixa onde é maior a resistência a produtos que não sejam "frescos".

Em tese isso explica; em algumas regiões a proliferação de restaurantes denominados "Porcadas" onde pode-se apreciar todos os cortes de suíno sempre.

O consumo de produtos suíno embutidos, defumados, temperados e congelados esta mais que sedimentado e dentro do habito do consumidor, o que com certeza ele almeja é poder ter sempre disponível nos açougues cortes de suíno resfriado para o consumo do dia à dia, como também, lombos, bistecas e costelinhas para o seu churrasco, como ele tem a picanha, o fraldão, o alcatra etc.

Essa carência pode ser sentida em regiões distante de grandes centros produtores de suíno, com uma simples visita aos supermercados principalmente no horário da tarde, o sortimento é muito restrito e as vezes inexistente.

Certamente ai esta a lacuna, pois quando implantamos um trabalho de formação em empresas que trabalham muito pouco a carne suína, a resposta do consumidor é imediata, com volumes de venda considerável.

Informações em todos os sentidos, sempre serão de grande valia, porém hoje os consumidores estão bem esclarecidos em relação ao consumo de todos os tipos de produtos, e em contrapartida os comerciantes também estão preocupados em oferecer produtos de boa procedência e seguros, em seus estabelecimentos.

Por isso mudança na atual comercialização, com desenvolvimento de novas embalagens para maior durabilidade de porções resfriadas, filiais redistribuidoras em regiões carentes nesse tipo de produto, é o que abrira um largo caminho para o aumento do consumo da carne suína.

## **2 O Que os Consumidores Almejam**

Cada vez mais disponibilidades de produtos "frescos".

Aspectos visuais atraentes tais como, frescor, cor viva, arrumação dos produtos no balcão, higiene geral do ambiente e equipe.

Aspectos sensoriais tais como, cheiro agradável, sabor e principalmente maciez.

Opções para diversificação do cardápio, do dia à dia.

Segurança nos produtos adquiridos.

Informações claras nos produtos.

Disponibilidade de recursos que esclareçam e ajudem no preparo culinário.

Sortimento constante de produtos que estão abituados adquirir.

### **3 Percepção de Qualidade**

Procedência dos produtos (Empresas conhecidas).

Coloração viva.

Carne suína, produto que tem sabor marcante!

Maciez.

Frescor.

Odor.

## **CONEXÃO ENTRE O CONSUMO DE CARNE SUÍNA E DOENÇA CARDIOVASCULAR: MITO OU REALIDADE?**

Paulo Henkin

Médico Nutrologista  
Mestrado em Nutrição

A abordagem da correlação entre a ingestão de carne de suíno (vermelha) e a Doença Cardiovascular (DCV) deve necessariamente passar por dois tópicos fundamentais, quais sejam, a visão "popular", leiga desta ligação e, o embasamento científico que justifique tal correlação. Observa-se entre a população em geral e, também no meio médico (formadores de opinião), uma "dogmatização" no sentido de que o consumo de carne vermelha é causalmente relacionado com a DCV, havendo ainda uma forte tendência a considerar a carne suína como a mais "nociva". Mas, de onde se origina esta "crendice", que embasamento científico há para tão forte discriminação contra um determinado alimento?

Desde os primórdios do desenvolvimento humano a carne exerce importante papel na dieta, sob ponto de vista nutricional e sócio-cultural. Primatas não humanos consomem carne e também a utilizam como símbolo de distinção em refeições e festividades.

O tipo de carne consumida, varia nas diferentes culturas e regiões: na Europa e Américas as mais importantes são as de gado, ovelha e suínos. Na África, Oriente Médio e Índia, cabras, camelos e búfalo.

A composição das carnes vermelhas é bastante semelhante, pois são músculos de mamíferos. Há diferenciação no percentual de gordura, a qual é dependente da alimentação do animal, forma de criação, tipo de corte e de preparo. A parte gorda das carnes é importante fonte de gordura na dieta e, a parte magra, é fundamentalmente proteína de alto valor biológico - o balanço de amino-ácidos é muito próximo ao da necessidade humana.

As carnes também são importante fonte de nutrientes inorgânicos de alta biodisponibilidade como zinco, cobre, selênio e ferro. Constituem-se ainda em importante fonte de Vitaminas B12, A, B6, Riboflavina (B2), Tiamina (B1), Niacina, etc.

Quanto a composição dos ácidos graxos, varia de acordo com a espécie - ruminante ou não; a tendência entre os ruminantes é ter maior teor de ácidos graxos saturados (AGS).

A suinocultura caracterizou-se até os anos 60, pela produção de animais com altos percentuais de banha, em função de seu valor comercial. A partir da década de 50, com o surgimento das "pastas vegetais" - processo de hidrogenação na industrialização do óleo vegetal, há uma crescente discriminação da gordura saturada, em benefício da gordura insaturada, na relação com a saúde humana. São constantes e crescentes os apelos para o consumo de "pastas vegetais", sob alegação de que são benéficos para a saúde e, contrariamente, que a gordura de origem animal, a saturada, é prejudicial à saúde. Cai acentuadamente o consumo de gordura animal, principalmente a banha, utilizada até então pela humanidade como a principal gordura

no preparo e conservação de alimentos. Os suinocultores, por motivo econômico, passam então a criar animais com baixo percentual de gordura. Em decorrência do método antigo de criação, produção de banha e carne mais gorda dos suínos, o estigma de grande fornecedor de gorduras passa a acompanhar a carne suína.

Nos modelos atuais de criação de suínos, os percentuais de gorduras entre as diferentes carnes são muito semelhantes: entre 5,1 e 7,1 % nos cortes magros de gado, suíno e ovelha. Também o percentual de proteínas é bastante semelhante entre as carnes "vermelhas": gado, 20,3 % e suíno, 20,8 %.

O aspecto científico evocado para a recomendação de redução no consumo de carnes, é de que haveria uma forte correlação entre o consumo de gordura saturada (principal gordura encontrada em produtos de origem animal) e o surgimento da Doença Aterosclerótica que, levaria à Doença Cardiovascular Isquêmica (DCV) que, é basicamente representada pela Doença Arterial Coronariana (DAC) e a Doença Cerebrovascular (AVC). Seria esta hipótese tão bem estabelecida e respaldada por inquestionáveis estudos científicos? Haveria tão significativo número de estudos epidemiológicos e laboratoriais capazes de fornecer tão determinantes evidências de correlação com a gênese da doença aterosclerótica? É justificável que se passe orientações à população em geral para redução do consumo de "carnes vermelhas" como se vê na maioria dos guias nutricionais? E a ênfase dada por médicos, aos riscos oferecidos pelo consumo de carne suína no desenvolvimento da Doença Cardiovascular, ainda que, como vimos acima, a composição das carnes de mamíferos é muito semelhante?

O pilar básico para a "hipótese dieta-corção", vem do Estudo de Keys na década de 60, onde houve correlação entre a ingesta per cápita de gordura saturada com Doença Arterial Coronariana (DAC) se comparados os países estudados. Esta Hipótese serve até hoje, como base para a defesa da tese "gordura saturada X coração", embora o próprio Keys tenha reconhecido que o resultado tenha sido superestimado pois, se a ação da gordura saturada ocorre através da alteração do colesterol sérico, em menos da metade dos casos de DAC seria possível a correlação (Willett, W - 1998). O próprio Keys observou haver pequena correlação entre o consumo total de gorduras e o risco para DAC. Outro importante Estudo Epidemiológico para respaldo da Hipótese Gordura Saturada X DAC, foi o Ni-Ho-San Study na década de 70; recentemente foi reavaliado e se observou erros grosseiros, como na estimativa da gordura total ingerida: possivelmente o percentual de gordura ingerida não passou de 17%, enquanto que a estimativa inicial foi 37%. Houve também desconsideração pela interação de outros fatores de risco como obesidade, sedentarismo e redução da ingesta alcoólica. Um dos estudos mais detalhados já realizados, foi o Western Electric Study, que não evidenciou correlação entre o consumo de gordura saturada e a DAC (Shekelle et al, 1981). Um largo estudo realizado entre 50.000 profissionais de saúde do sexo masculino, nos Estados Unidos, não publicado ainda, com relevante evidencia estatística, após ajustado para os diferentes fatores de risco como, ingesta de fibras e outras substâncias nutrientes e não, também não evidenciou correlação entre ingesta de gordura saturada e DAC (P. Shetty, 1997).

Em 1996 Willett e Lenart analisaram 16 dos estudos prospectivos que embasam a "Hipótese Gordura Saturada X DAC" e encontraram associação de gordura saturada como percentual do total de energia ingerida e DAC, em apenas três dos estudos.

Em seis a associação carecia de validade estatística e em sete, não havia informação sobre a referida associação.

No importante e bem estruturado Bogalusa Heart Study, não foi observada diferença nos níveis séricos de lipídios entre diversos quartís de consumidores de carne e, se observou que os níveis séricos de vitamina B12, niacina e zinco foram maior entre consumidores de carne no percentil > 75, já nos encaminhando para a avaliação de outros importantes fatores metabólicos que atuam na difícil e complexa questão da relação entre hábito alimentar e DAC. Ginter em 1997 comparou a prevalência de DAC entre a República Checa e a Áustria, tendo observado um número 200% maior de casos de DAC na República Checa do que na Áustria e, o consumo de carnes foi semelhante entre as duas populações, havendo uma diferença acentuada no consumo de frutas e verduras, apontando para o importante "fator protetor" contra a DAC, exercido pelos antioxidantes. Ainda dentro da questão do metabolismo, a interação entre os diferentes nutrientes é pouco conhecida, as partículas de LDL, por exemplo, formadas de óleos monoinsaturados como óleo de oliva, são mais resistentes à oxidação e, antioxidantes lipossolúveis como a Vitamina E, bloqueiam a oxidação de LDL - é observado que populações com níveis sanguíneos aumentados de antioxidantes, têm menos DAC. Nos EUA, o óleo vegetal mais consumido é o de soja, rico em "gama-tocoferol", que é um antioxidante de excreção rápida, aumentando a oxidação da LDL, o que, certamente, é importante "viés" nos estudos epidemiológicos sobre a correlação da dieta com a DAC.

Em inúmeras oportunidades, em defesa da diminuição do consumo de carnes vermelhas, têm sido citados os estudos com os Adventistas do 7º dia, que comparam vegetarianos com não-vegetarianos. Não se pode inferir qualquer efeito pelas diferenças no consumo de carnes, pois há vários aspectos que diferem entre aquelas populações, como consumo de cereais integrais, frutas, verduras, café, ovos e álcool (G. Fraser, 1999).

Grande parte dos estudos epidemiológicos têm desconsiderado a grande variação entre indivíduos na resposta à gordura na dieta, o fator individual, genético, os "hyper-responders", onde observa-se fundamentalmente a hipercolesterolemia. Christopher J. Fielding estudou caucasianos e não-caucasianos, observando resposta diferente à ingestão de gorduras saturadas e colesterol nos níveis de lipídios séricos, buscando evidenciar o efeito genético na determinação dos níveis séricos de lipídios. O aumento de gordura saturada, substituindo gorduras poliinsaturadas, teve pequeno efeito nas concentrações séricas de colesterol total e LDL.

A análise dos diferentes tipos de ácidos graxos foi até recentemente muito pouco considerada nos diferentes estudos epidemiológicos sobre a correlação de ingestão de gorduras e DAC. Os ácidos graxos na posição "trans" (AGT) têm sido muito mais correlacionados com a prevalência de DAC do que qualquer outro tipo de ácido graxo. O European Case Control Study, analisou a presença AGT em tecido adiposo e, observou uma relação positiva com a prevalência da DAC, entre países (Roberts et al, 1995).

A retirada de carnes conforme orienta o National Cholesterol Education Program (NCEP) Step 1 diet, nos EUA, representou redução nos níveis séricos de lipídios de 1 a 3% (modesto) (M. Davidson, 1999).

Como podemos observar até aqui, é bastante limitada a compreensão da inter-relação entre a ingestão de gorduras, lipídios séricos e risco coronariano. "Não é



possível distinguir efeitos positivos de gorduras insaturadas ou adversos de gorduras saturadas, tampouco há suficiente evidência para a recomendação de redução de gorduras *per se*" (W.C.Willet,1997). Ainda recentemente, na 5ª Conferência Internacional sobre Cardiologia Preventiva em Osaka, no Japão, no mês de maio passado, o Dr. Walter Willet, PhD da Harvard School of Public Health, enfatizava a necessidade de se evitar a orientação sobre má ou boa gordura. Dentro do que vimos acima, que embasamento temos, à luz da Ciência, para discriminar o consumo de carnes vermelhas ou mais especificamente da carne suína?

A Carne Suína é um importante alimento pela provisão de inúmeros nutrientes e sabor agradável, tem espaço claro, sob ponto de vista nutricional, em dietas equilibradas. A escolha deve ser feita de acordo com a preferência individual, sem sofrer desestímulo ao consumo por parte dos profissionais que atuam na área da saúde.

# LIBERALIZAÇÃO DO COMÉRCIO E O MERCADO INTERNACIONAL DE SUÍNOS

Jacinto F. Fabiosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>International Livestock Analyst  
Food and Agricultural Policy Research Institute  
Center for Agricultural and Rural Development  
Iowa State University Ames, Iowa

## 1 Introdução

Embora o setor de suínos seja responsável pelo maior fatia da produção mundial total de carne<sup>2</sup> com 43% (Tabela 1), é o menor mercado de todos os produtos de carne. É responsável por apenas 22% do comércio mundial. Enquanto o comércio de carne bovina e de frango é de mais de 10% de sua produção, na carne suína é de apenas 4%.

A carne suína é amplamente consumida no leste da Ásia, na União Européia (UE) e nos países da Europa Central e Oriental (CEEC). Dos 20 maiores países maiores consumidores de carne suína do mundo, cinco são países do Extremo Oriente, incluindo Hong Kong, Taiwan, China, Coreia do Sul e Japão (Tabela 2). Todos estes países são importadores de carne suína. Alguns países asiáticos têm capacidade de produção de satisfazer a demanda criada por sua preferência por carne suína em relação a outras carnes. Em muitos países asiáticos, a terra disponível é muito limitada. Os insumos de ração da Ásia, responsáveis por 65-70% dos custos de produção, são muito dependentes de grãos e farelos de oleaginosas importados. Como resultado, o Extremo Oriente tem sido o principal estímulo de crescimento do comércio de carne suína nos últimos anos. Isto é verdade, embora a Ásia tenha os mercados de importação de carne suína mais protegidos do mundo. Na década de 1980, as importações mundiais totais de carne suína (excluindo a Ásia) cresceram em média 5,25% ao ano, enquanto que as importações asiáticas cresceram 7,96%. Na década de 1990 (excluindo as crises de Febre aftosa de Taiwan de 1997 e econômica da Ásia em 1998), as importações mundiais de carne suína cresceram a uma taxa de 2,48%, enquanto que esta importação na Ásia cresceu 6,93%.

Embora interrompido pelos choques macroeconômicos da Ásia, Rússia e América Latina, a suinocultura mundial cresceu na última década. Uma série de fatores contribuiu para este recorde. Do lado da demanda, com a população sustentada, um

---

<sup>1</sup>Correspondence to: J. Fabiosa, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames, IA, 50010-1070 USA. Phone: (515) 294-6183. FAX: (515) 294-6336. E-Mail: jfabios@gcard.iastate.edu

<sup>1</sup>Artigo preparado para a II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, promovida pela Embrapa em [www.conferencia.uncnet.br/pork](http://www.conferencia.uncnet.br/pork), de 05 de Novembro a 06 de Dezembro de 2001.

<sup>2</sup>Inclui bovina-vitela, suína e aves.

**Tabela 1** — Produção, consumo e comércio de produtos de carne no mundo (em mil toneladas)

	1994	1996	1998	2000
<b>Bovina</b>				
Produção	47,283	46,617	48,192	49,413
Consumo	46,715	44,982	46,958	48,138
Exportação	5,122	5,113	5,336	5,788
Importação	4,119	3,916	4,052	4,608
<b>Suína</b>				
Produção	70,822	69,951	78,940	82,419
Consumo	70,545	69,083	77,658	81,664
Exportação	2,186	2,557	2,708	3,277
Importação	1,962	2,104	2,124	2,850
<b>Aves</b>				
Produção	43,794	50,370	53,537	58,035
Consumo	42,734	49,553	52,588	56,837
Exportação	3,648	5,135	5,727	6,560
Importação	2,976	4,528	4,753	5,234

Fonte: USDA. FAS. Livestock and Poultry: World Markets and Trade, 2001

crescimento da renda per capita em muito países e a rápida urbanização, o padrão de consumo dos consumidores mudou para mais produtos de proteína animal. Nos últimos cinco anos, o consumo per capita de carne bovina caiu levemente porque sofreu uma série de surtos de doenças, especialmente a Encefalopatia Espongiforme bovina (BSE), mas o consumo de carne suína e de frango aumentou em 1,21 e 4%, respectivamente. No lado do fornecimento, a transformação estrutural em operações maiores e as inovações tecnológicas expandiram o potencial de produção da suinocultura. Isto é bastante evidente em países desenvolvidos, como os EUA, onde metade dos suínos é criada em operações com mais de 5.000 cabeças. O peso médio ao abate (carcaça) na última década é 5,12 kg a mais por cabeça do que na década anterior, ou um crescimento de 0,78% por ano. O tamanho de leitegada também aumentou em 2,4 leitões por matriz por ano entre a média da década passada e a da anterior, ou um crescimento anual de 2,07%. Além disso, a liberação dos mercados surgida através de ações unilaterais ou acordos multilaterais, aumentou a eficiência da coordenação da demanda e da oferta no setor.

Este artigo explora a natureza e os impactos da liberalização do mercado no mercado mundial de suínos. Será organizado como se segue: a seção 2 dá um histórico geral do mercado mundial de carne suína e políticas nacionais específicas. A seção 3 descreve a liberalização do mercado mundial da carne suína na última década e examina seus impactos. A seção 4 discute questões Sanitárias e Fitossanitárias (SPS) e comércio. A seção 5 descreve os compromissos e os prováveis impactos da adesão da China e de Taiwan à Organização Mundial de Comércio (WTO). A última

**Tabela 2** — Produção, consumo e comércio de carne suína.

País	Consumo		Produção	Importação	Exportação
	Per Capita	Total			
<b>Ásia</b>					
China	22.9	28853	28843	120	110
Hong Kong	54.1	385	165	264	44
Indonésia	3.4	760	759	1	1
Japão	16.9	2145	1270	880	0
Coréia do Sul	21.4	1015	983	140	30
Filipinas	12.6	1025	1008	15	0
Taiwan	43.0	955	895	60	0
Tailândia	6.9	423	426	0	4
<b>Europa Oriental</b>					
Bulgária	32.4	253	245	6	3
República Tcheca	60.7	624	614	20	10
Outros EO	30.3	737	682	58	3
Hungria	35.9	364	463	16	115
Polônia	39.6	1530	1610	30	150
România	13.5	302	280	15	3
Eslováquia	51.9	281	255	26	0
Eslovênia	41.6	80	63	19	2
União Européia	44.8	16940	18061	76	1200
<b>Ex-URSS</b>					
Estônia	32.0	46	32	18	4
Letônia	17.6	42	33	10	0
Lituânia	28.8	104	100	4	0
Outros FSU	5.4	473	474	20	20
Federação Russa	12.2	1779	1480	300	1
Ucrânia	14.0	690	660	10	2
<b>América do Norte</b>					
Canadá	31.9	998	1675	70	750
México	11.0	1105	1010	130	35
EUA	30.6	8254	8589	443	575
<b>Oceania</b>					
Austrália	18.3	350	360	35	45
Nova Zelândia	15.2	58	49	0	
<b>América do Sul</b>					
Argentina	6.0	222	156	67	1
Brasil	10.8	1866	1950	1	85
<b>Total</b>		<b>72660</b>	<b>73190</b>	<b>2855</b>	<b>3192</b>

Fonte: FAPRI Database

seção é um sumário e uma conclusão, enfocando em potenciais áreas para aumentar o processo de liberalização.

## 2 Histórico do setor de carne suína e políticas nacionais específicas

A Tabela 3 mostra que a China, a União Européia, os Estados Unidos, o Brasil, o Canadá e a Polônia, representam uma fatia conjunta de 83% da produção mundial de carne suína e 90% das exportações. Embora a China seja o maior produtor mundial de carne suína, com uma fatia de 39,4%, sua participação nas exportações é de apenas 3,4%. Por outro lado, a participação do Canadá em exportações líquidas é 23,5%, embora sua participação na produção mundial seja de apenas 2,3%. A União Européia e os EUA são grandes produtores e exportadores de carne suína. O Japão, a Federação Russa e Hong Kong são responsáveis por 41,3% das exportações.

Vários eventos importantes moldaram o setor suíno nos últimos 4 a 5 anos. Em 1995, a crise da BSE na União Européia (especialmente na Reino Unido) fez com que o consumo de carne bovina diminuísse e o de carne suína e de frango aumentasse. Isto fez com que os preços da carne suína aumentassem, chegando no nível mais alto das últimas duas décadas, a US\$57 por kg de carcaça em 1996<sup>3</sup>. Isto foi seguido por um surto de Febre Aftosa em Taiwan no início de 1997, e do surto de Peste Suína Clássica na UE (especialmente na Holanda) no final de 1997. Estas doenças reduziram o excesso de oferta de carne suína no mundo, particularmente para o Japão, e sustentou a pressão de aumento de preços durante mais um ano. Os preços de machos e fêmeas nos EUA em 1997 chegaram a US\$54. Os altos preços por dois anos seguidos forneceram fortes incentivos para os produtores existentes a se expandirem e à consolidação. Os altos preços também encorajaram a entrada de novos grandes produtores e adoção mais rápida de novas tecnologias. No entanto, no auge de um dos maiores crescimentos da produção de carne suína da história, a crise asiática e a crise econômica da Rússia em 1998 deprimiram a demanda de importações, resultando em um baixo preço recorde da carne suína em muitos países. Os preços nos EUA chegaram a US\$34 em 1998 e 1999. Um padrão similar foi repetido em 2000 e 2001, quando surtos de doenças na União Européia, Coreia do Sul, Japão e América do Sul aumentaram o excesso da demanda, enquanto o excesso de oferta caiu, colocando novamente pressão para aumento do preço mundial. A maioria dos países tem alguma forma de proteção para a suinocultura nacional. Os vários regimes de políticas são influenciados pelos compromissos de cada país na WTO ou nos Acordos Regionais de Comércio (RTA). Segue-se uma breve descrição das principais políticas de comércio para a produção e o comércio de carne suína em alguns países.

### 2.1 Nordeste da Ásia

O Japão é um dos mercados de carne suína mais protegidos do mundo. Mantém os preços da carne suína nacional usando uma banda de suporte de preço (Fabiosa,

---

<sup>3</sup>Preço para peso vivo de machos e fêmeas nos EUA.

**Tabela 3** — Participação na produção, no consumo e no comércio

País	Produção	Importação	Exportação	Consumo
Ásia				
China	39.4	4.2	3.4	39.7
Hong Kong	0.2	9.2	1.4	0.5
Indonésia	1.0	0.0	0.0	1.0
Japão	1.7	30.8	0.0	3.0
Coréia do Sul	1.3	4.9	0.9	1.4
Filipinas	1.4	0.5	0.0	1.4
Taiwan	1.2	2.1	0.0	1.3
Tailândia	0.6	0.0	0.1	0.6
Europa Oriental				
Bulgária	0.3	0.2	0.1	0.3
República Tcheca	0.8	0.7	0.3	0.9
Outros EO	0.9	2.0	0.1	1.0
Hungria	0.6	0.6	3.6	0.5
Polônia	2.2	1.1	4.7	2.1
România	0.4	0.5	0.1	0.4
Eslováquia	0.3	0.9	0.0	0.4
Eslovênia	0.1	0.7	0.1	0.1
União Européia	24.7	2.7	37.6	23.3
Ex-URSS				
Estônia	0.0	0.6	0.1	0.1
Letônia	0.0	0.3	0.0	0.1
Lituânia	0.1	0.1	0.0	0.1
Outros FSU	0.6	0.7	0.6	0.7
Federação Russa	2.0	10.5	0.0	2.4
Ucrânia	0.9	0.4	0.1	0.9
América do Norte				
Canadá	2.3	2.5	23.5	1.4
México	1.4	4.6	1.1	1.5
EUA	11.7	15.5	18.0	11.4
Oceania				
Austrália	0.5	1.2	1.4	0.5
Nova Zelândia	0.1	0.0		0.1
América do Sul				
Argentina	0.2	2.3	0.0	0.3
Brasil	2.7	0.0	2.7	2.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Fonte: FAPRI Database

1999). É protegido primariamente por políticas de fronteira. Se o preço da carne importada (baseado no CIF) abaixo do preço de entrada, é acrescentada uma taxa para aumentar o valor do carregamento até este preço. Se o preço da carne suína estiver acima do preço de entrada, aplica-se apenas as taxas ordinárias de alfândega (hoje, em 4,3%). Também, sob uma singular provisão negociada pelo Japão durante o Acordo do Uruguai (URAA), se o volume de importações exceder em 119% a média dos três anos anteriores, calculada em base trimestral acumulativa, o preço de entrada é liberado a um nível maior (24% a mais) durante o resto do ano. Da mesma forma, sob o Artigo 5 do Acordo sobre Agricultura, o Japão pode impor uma salvaguarda especial na forma de uma tarifa mais alta se são cumpridos certos preços ou volumes. A salvaguarda de liberação (na forma de um preço de entrada maior) foi ativada de 1º de julho de 1996 a 1º de julho de 1997, assim como uma salvaguarda especial (na forma de uma tarifa mais alta) de 1º de janeiro de 1997 a 31 de março de 1997. Em 1º de agosto de 2001, o governo japonês ativou novamente o mecanismo de salvaguarda da carne suína, elevando o preço de entrada de 532 ienes por kg para 653 ienes.

Sob o URAA, a Coreia estabeleceu uma cota de importação gradualmente crescente em 1995 para a carne suína congelada, que havia sido totalmente liberada em 1º de julho de 1997. A tarifa para a carne congelada em 2000 é de 29,8%, e será reduzida a 25% em 2004. Hong Kong tem um mercado livre para carne suína. Do seu fornecimento total de carne suína, 46% vem do equivalente em carne de suínos importados (a maioria, da China) e 49% de carne importada. Uma crescente proporção das importações de Hong Kong é re-exportada (especialmente para a China), sendo responsável por 29% do total das importações de 1999 e 63% das importações de vísceras. A política para a China e Taiwan será discutida na seção 5.

## 2.2 Sudeste Asiático

Taxas muito altas de importação limitam o acesso à populosa região do Sudeste Asiático. Embora as Filipinas tenham liberado seu mercado de carne suína através de uma cota de tarifas com um nível de acesso mínimo inicial de 32.500 toneladas por ano, começando em 1995 e chegando a 54.000 toneladas por ano em 2004, a tarifa dentro da cota é de ainda 49% e a tarifa acima da cota é de 60%. Para a Tailândia, a tarifa em 2000 foi de 49% com um compromisso de redução para 40% em 2004 para carcaças, meias carcaças e pernil (com osso) e 305 para outros produtos. Uma taxa adicional de 5 baht por kg, mais 7%, é acrescentada para a carne processada. Os indonésios são predominantemente muçulmanos (87%), e por isso a carne suína é consumida por uma pequena minoria da população social. Uma licença especial de importação é necessária para importar produtos suínos, e todos os produtos devem ter um rótulo indicando o conteúdo de carne suína. A taxa declarada de imposto de importação da Indonésia foi de 59% em 2000, e caiu para 50% em 2004. O Vietnã limita o acesso ao seu mercado de carne suína através do licenciamento de importações e a presença do comércio de estado.

## 2.3 América do Norte

Sob o Acordo de Livre Comércio da América do Norte (NAFTA), os mercados de carne suína dos EUA e do Canadá são livres de qualquer restrição. O México

estabeleceu uma Taxa de Cota de Tarifa (TRQ) sob o NAFTA para suínos vivos para o abate, carne suína fresca e certos produtos processados. A TRQ inicial é 324.000 cabeças de suínos vivos e 68.500 abatidos, e cresce 3% anualmente. A taxa in-cota será dividida ao longo de 10 anos. Durante o período de implementação, há uma taxa de liberação de 20% para importações acima da TRQ. As exportações americanas e canadenses de carne suína fresca, resfriada e congelada para o México foram taxadas com uma tarifa de 8% em 1999, enquanto que os países que não pertencem ao NAFTA pagam 12,33%. Os cortes e os produtos processados não são taxados, enquanto que outras carnes não serão taxadas dentro dos países do NAFTA em 2003.

## **2.4 América do Sul**

O comércio de carne suína entre os países membros do MERCOSUL não é taxado. As importações de países não-membros do MERCOSUL são taxadas em 35% na Argentina e 55% no Brasil. Uma série de países sul-americanos proíbe a importação de países que não são livres da Síndrome Respiratória e Reprodutiva Suína (PRRS), Gastroenterite Transmissível (TGE) e vírus da Pseudo-raiva (PRV).

## **2.5 União Européia**

A União Européia administra um mecanismo de suporte de preços que é implementada através de subsídios. O preço básico atual é 150 euros por kg de peso de carcaça. Com preços domésticos mais altos que os preços mundiais por este esquema de subsídios, a União Européia subsidia as exportações de carne suína. O URAA limita a União Européia a uma quantidade máxima de 444 mt de exportações de carne suína subsidiada. Também tem uma TQR para importações de 76 mt, que é sofre uma taxa específica de 536 euros por tonelada. Recentemente, a União Européia assinou um acordo de comércio zero-a-zero com alguns países da Europa Central e do Leste.

## **2.6 Rússia e a FSU**

As importações de carne suína pela Federação Russa são taxadas em 15%, mas não menos que 0,20 a 0,25 euros por kg. Uma estrutura similar de taxação é utilizada pela Ucrânia, com uma tarifa de 30%, mas não menos que 0,50 euros por kg. A Estônia não tem tarifas sobre a importação de carne suína. A Letônia e a Lituânia declaram taxas de 45 e 30%, respectivamente.

## **2.7 Europa Central e Oriental (CEEC)**

As importações de carne suína pela Bulgária são taxadas em 40%, mas não menos que 0,62 euros por kg. A Eslovênia tem uma taxa de importação de 11%. O resto dos países da Europa Oriental tem TQR. A República Tcheca tem uma TQR de 25 mt com uma taxa dentro da cota de 27% e uma taxa acima da cota de 395. A Hungria tem uma TQR de 20 mt e taxas de 15 e 52% sobre carregamento dentro e acima da cota. A Polônia tem uma TQR de 60 mt e taxas de 30 e 38%. A Eslováquia tem uma TQR



de 10 mt e taxas de 28 e 39%, e a Romênia tem uma TQR combinada para carne suína e bovina de 19 mt e taxas 115 e 333%.

A República Tcheca também tem uma quantidade de exportações de carne suína limitada em 10,1 mt em 2000. A Hungria tem um limite combinado de exportações subsidiada de carne suína e de animais para abate de 126 mt em 2000 a uma taxa de 38,50 huf por kg. A Romênia tem um limite máximo de exportações subsidiadas de carne suína, bovina e ovina de 141 mt e, 2004. A Eslováquia tem um limite de exportações subsidiadas de 5 mt.

## 2.8 Oceania

A Austrália não cobra nenhuma taxa para importações de carne suína. No entanto, proíbe a importação de diversos países, inclusive dos EUA devido ao risco de transmissão de PRG, PRRS, TEG e triquinas. A Nova Zelândia cobra uma taxa de importação de 8,5%.

## 3 Liberalização do mercado de carne suína e suínos no mundo

O histórico acordo URAA realizou o que foi evitado pelo GATT por muito tempo, isto é, colocar o comércio agrícola sob o mesmo teto que regulamentações de outros setores, como indústrias. Em especial, teve por objetivo dismantlar as políticas distorcidas de comércio através da introdução de regulamentações. Os três pilares desta iniciativa de liberalização são a expansão do acesso do mercado, limitar os subsídios à importação e reduzir o apoio doméstico. As políticas específicas dos países na seção anterior já incorporam muitas destas reformas.

A expansão do acesso ao mercado deveria ser atingida através da tarifação, que converteu todas as barreiras não-tarifárias (NTB) em equivalentes tarifários, tornando o grau de proteção transparente. Estas tarifas estavam obrigadas, isto é, as tarifas não podem ser aumentadas, exceto se for feito um acordo de negociação de isenção. Além disso, cada parte se compromete a cortar suas taxas em 24 a 36% durante o período de implantação. No entanto, as taxas tarifárias podem ser, e são frequentemente, menores do que estas "Taxas Obrigatórias", o que torna a liberalização sugerida pelas taxa programada um tanto enganosa. A diferença entre as taxas programadas e aplicadas não é tão grande para a carne suína em comparação à carne bovina, de frango e ovina.

Esta diferença pode ser devida a uma série de fatores. O mais comum é os países serem membros de Acordos Regionais de Comércio (RTA), onde as taxas cobradas dos países membros são muito mais baixas em comparação às das Nações Mais Favorecidas (MFN) cobradas dos países não-membros. A maioria de suas importações vem de outros países membros do RTA. Por exemplo, países membros do MERCOSUL, como o Brasil e a Argentina, têm taxa zero sobre a carne suína importada de países membros. Recentemente, a União Européia fez acordos zero-a-zero com diversos países membros da Europa Central e Oriental, especialmente com os países candidatos a serem membros da UE. Para estes

casos, a liberalização é mais profunda do que a sugerida pelas reduções nas taxas programadas. Em contraste, outra razão para a diferença entre a tarifa programada e a aplicada pode ser devida a estratégias intencionais empregadas pelos países nas negociações finais do URAA para aumentar seus equivalentes tarifários (tarifação "suja") a fim de obter um tampão e evitar qualquer redução efetiva nos seus impostos aplicados. Ingco (1995) mostrou que, para vários países, a taxa ad-valorem da URAA em 1995 para trigo e carne bovina é ainda maior que a taxa ad-valorem estimada para o período-base de 1986-1988. Neste caso, a liberalização com base nas reduções de taxas programadas pode ser superestimada.

Além disso, o URAA assegurou o acesso contínuo e crescente para mercados importadores. Para países com importações mínimas de carne suína, as oportunidades mínimas de acesso estabeleceram o nível de acesso ao mercado em 3% do consumo médio no período-base, e um crescimento para 5% no período de implantação. Este volume mínimo de acesso geralmente é estabelecido como TRQ, onde as importações dentro do TQR são tarifadas com taxas baixas ou mínimas que não excedam 32% dos compromissos tarifários obrigatórios. A Tabela 4 mostra que a TRQ inicial total para carne suína para alguns países é 192 mt (mil toneladas) e aumenta para 346 mt no final do período de implantação. O acesso ao mercado representa 8,8 a 10,6% do comércio mundial de carne suína sem 1995 e 2000, respectivamente. Ao longo do período de implantação, a TRQ para carne suína demonstrou o maior aumento em 80,2% em comparação a 12,1% para carne bovina e 26,8% para carne de frango. No entanto, em termos de nível, a TRQ para carne suína é apenas um quarto da para carne bovina, mas ainda é um pouco maior que a carne de frango.

**Tabela 4** — Cota de taxa tarifária (TRQ) inicial e final de produtos cárnicos por região

Regiões	Bovina		Suína		Aves	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Europa Ocidental	162	166	15	85	19	32
Europa Oriental	46	66	68	114	31	39
América do Norte	733	733	0	0	85	86
América do Sul	19	32	4	7	17	24
Ásia	167	270	102	135	26	38
Oceania	0	0	0	0	0	0
África	34	34	3	5	17	29
Total	1161	1301	192	346	195	247
Comércio mundial	5122	5788	2186	3277	3648	6560

Fonte: WTO

Uma TRQ não é uma exigência de importação, especialmente quando o preço interno está em níveis comparáveis com o preço desembarcado de substitutos importados. De 1995 a 1998, Liapis (2000) relata uma taxa de preenchimento de 60 a 80% para a carne suína, enquanto que a bovina e a de frango tiveram taxas acima de 80%. Entre outros, uma alta taxa dentro da cota, administração e alocação da cota, presença de comércio de estado e outras imperfeições do mercado podem causar um não-preenchimento da cota. Um caso destes é a reclamação dos EUA contra as

Filipinas por alocar uma grande proporção de sua quota para produtores domésticos, o que frustra o espírito da provisão do acesso ao mercado feita no acordo. Além disso, leilões, o método desejado para alocação de cotas é responsável por apenas uma pequena proporção da alocação de TRQ em carne, com apenas 4,1%.

Países com volume de acesso que já estão acima do nível mínimo de acesso devem manter o acesso atual. A Tabela 5 mostra que o nível real de acesso ao mercado (isto é, a razão de importações por consumo no ano-base em 1986-1988) aumentou entre 1995 e 2000. Dos 30 países, apenas 5, que foram responsáveis por 12,9% das importações em 2000, tiveram um declínio no acesso ao mercado. A maioria é de países da FSU e da Europa Oriental que sofreram uma grande recessão macroeconômica (p. ex., a Federação Russa) ou que tiveram uma certa recuperação da produção interna depois de uma grande queda no setor pecuário no período inicial de sua transformação econômica no início da década de 1990. Sete países tiveram aumento no acesso ao mercado de mais de 10 pontos percentuais. Estes países foram responsáveis por 23,1% das importações em 2000. Os 18 países restantes, responsáveis por mais da metade das importações, aumentaram seu acesso ao mercado em menos de 10%.

A segunda disciplina introduzida no URAA é o comprometimento dos países contratantes para reduzir a quantidade máxima de exportações subsidiadas permissíveis. A Tabela 6 mostra que, no caso da carne suína, as exportações subsidiadas máximas caíram de 688 mt para 560 mt, uma queda de apenas 18,5%, que é mais baixa que a queda da carne bovina, em 25,4%, e da de carne de frango, em 27,2%. Quase todas as exportações subsidiadas são da Europa, com o nível mais alto na UE, com 444 mt. No final do período de implantação, as exportações subsidiadas representam 17,1% do comércio mundial, estando em 19,5% para carne bovina e 9,1% para carne de frango.

A terceira disciplina é a redução do apoio interno que causa distorção do comércio. Como o compromisso para reduzir o apoio interno não é específico de commodities, é difícil fazer comentários definitivos sobre o impacto desta disciplina sobre a liberalização do setor suinícola mundial. No entanto, em geral, a redução média do AMS de 40% é muito mais alta que os 13 a 20% exigidos pelo URAA. Porém, isto é acompanhado de um aumento de 54% sob a "green-box".

Embora a literatura enfoque principalmente o exame dos impactos do GATT sobre as atividades econômicas (p. ex., produção e comércio), outra dimensão importante do impacto do GATT é o funcionamento dos mercados agrícolas. Um estudo de Fabiosa (2000) verificou uma forte evidência de que as disciplinas do GATT promoveram a eficiência dos mercados de carne bovina e de trigo. A elasticidade da transmissão de preços a longo prazo aumentou e a velocidade com que o mercado de adaptou a desvios deste equilíbrio dobrou sob o regime do GATT. Também mostrou melhor integração dos mercados sob o GATT, com uma transmissão mais ampla e mais rápida dos choques inesperados entre diferentes preços nos mercados de carne bovina e de trigo. Sugere que, com uma melhor integração dos mercados sob o regime do GATT, os preços exibiram maior simultaneidade. As limitações de dados impediram a aplicação deste tipo de análise para os mercados de carne suína e de aves. No entanto, há evidência de que a distribuição de preços no mercado mundial de carne suína tem uma crescente tendência a um valor central. O desvio padrão tem caído

**Tabela 5** — Entrada e taxas de importação de alguns países.

País	Entrada <sup>a</sup>		Taxa
	1995	2000	2000
Hong Kong	65.0	107.3	0.0
Estônia	10.4	49.9	0.0
Japão	42.3	44.9	524.0
Argentina	12.9	33.4	35.0
Coréia do sul	9.7	30.0	25.0
Eslovênia	28.3	24.1	10.9
Letônia	3.3	14.8	45.0
México	3.2	13.7	45.0
Austrália	1.4	12.6	0.0
Eslováquia	2.0	10.5	38.5
Outros Europa Oriental	8.0	8.2	
Rússia	12.4	8.2	15.0
Canadá	3.1	8.2	0.0
Taiwan	0.7	8.1	20.0
EUA	4.2	6.2	0.0
Lituânia	1.8	4.8	30.0
Filipinas	0.4	3.0	66.7
Outros FSU	1.0	2.9	
República Tcheca	1.7	2.8	38.5
România	0.3	2.1	315.0
Hungria	3.6	1.8	51.9
Polônia	2.7	1.7	38.0
Bulgária	0.2	1.5	40.0
Ucrânia	0.1	0.6	30.0
China	0.0	0.6	20.0
União Européia	0.2	0.5	0.54
Indonésia	0.1	0.3	20.0
Brasil	0.9	0.1	13.0
Tailândia	0.0	0.0	40.0
Nova Zelândia	0.0	0.0	8.5

Fonte: FAPRI Database e WTO

<sup>a</sup> Razão entre importações e consumo.

<sup>b</sup> Japão é o preço de entrada em ienes por kg e o EU é a taxa específica em euros por kg.

consistentemente em 2,64% anualmente desde a implantação do GATT, sugerindo que mais oportunidades de arbitragem estão sendo exploradas.

## 4 Questões Sanitárias e Fitossanitárias e Comércio

No passado, as questões SPS foram muito usadas como disfarce de políticas protecionistas. Foi incluída na passagem do URAA a adoção das regras da WTO sobre questões Sanitárias e Fitossanitárias (SPS). Seguindo o espírito de um sistema de comércio "baseado em regras", a estipulação no SPS está baseada no princípio de transparência, consistência, padrões científicos e num processo organizado para resolver disputas. Entre outros, o SPS permite que os países estabeleçam seus próprios padrões, com base científica, usando de preferência padrões, diretrizes e recomendações internacionais (p.ex., o Código Internacional de Saúde Animal), ao definir provisões para os procedimentos de controle, inspeção e aprovação a fim de proteger a vida e a saúde humana, animal e vegetal. A exigência-chave é que as medidas SPS sejam aplicadas sem discriminação entre países. As Tabelas 7 e 8 apresentam uma lista de países livres de doenças e de Febre Aftosa.

**Tabela 6** — Exportações máximas subsidiadas de produtos cárnicos por região

Regiões	Bovina		Suína		Aves	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Europa Ocidental	1231	893	556	453	445	295
Europa Oriental	131	106	129	106	225	186
América do Norte	21	18	0	0	34	28
América do Sul	115	100	0	0	97	84
Ásia	0	0	0	0	0	0
Oceania	0	0	0	0	0	0
África	15	13	2	2	16	1
Total	1513	1129	688	560	816	594
Comércio mundial	5122	5788	2186	3277	3648	6560

Fonte: WTO

A suinocultura mundial sofreu diversos surtos graves que influenciaram o comércio de carne suína de forma positiva. Em 1997, Taiwan relatou um surto nacional de Febre Aftosa. Quase um ano depois, a União Européia (mais a Holanda) teve um surto de Peste Suína Clássica (CSF). A rápida recuperação da CSF e a capacidade da UE de subsidiar as exportações de carne suína na diminuiu as exportações. Novamente, a 4 de agosto de 2000, foi relatado um surto de CSF no Reino Unido, o primeiro em 14 anos. A Dinamarca, responsável por quase metade das exportações da UE para terceiros (especialmente para o Japão), é livre de CSF. O último caso ocorreu em 1933. A possibilidade de um surto de CSF na Dinamarca é particularmente arriscada porque o Japão declarou abertamente a meta de tornar-se livre de CSF em 1999. Qualquer surto de CSF neste país seria prejudicial porque o Japão é responsável por 17% das exportações da UE para terceiros, e não são subsidiadas. Nos surtos mais recentes

**Tabela 7** — Países membros reconhecidos como livre de Febre Aftosa onde não se faz vacinação<sup>a</sup>

Albânia	Alemanha	México
Austrália	Guatemala	Nova Caledônia
Áustria	Guiana	Nova Zelândia
Bélgica	Grécia	Noruega
Bulgária	Haiti	Panamá
Canadá	Honduras	Polônia
Chile	Hungria	Portugal
Costa Rica	Islândia	România
Croácia	Indonésia	Singapura
Cuba	Itália	Eslováquia
Chipre	Japão	Eslovênia
Rep. Tcheca	Letônia	Espanha
Dinamarca	Lituânia	Suécia
El Salvador	Luxemburgo	Suíça
Estônia	Madagascar	Ucrânia
Finlândia	Malta	EUA
Macedônia	Maurício	Vanuatu

Fonte: OIE

<sup>a</sup> Status da França, Irlanda, Coreia do Sul e Holanda foram recentemente restaurados, em 19 de setembro de 2001.

**Tabela 8** — Doenças Animais

Tipo A <sup>a</sup>	Tipo B <sup>b</sup>
Doença da pele	Várias espécies
Lingual azul	Carbúnculo
Doença africana do cavalo	Doença de Aujeszky
Peste suína clássica	Equinococose/hidatidose
Doença de Newcastle	Heartwater
Estomatite vesicular	Leptospirose
Rinderpest	Bicheira do Novo Mundo
Pleuropneumonia contagiosa bovina	Bicheira do Velho Mundo
Febre do Rift Valley	Paratuberculose
Variola ovina e caprina	Febre Q
Peste suína africana	Raiva
Influenza aviária altamente patogênica	Triquinelose
	Específicas de suínos
	Rinite atrófica
	Encefalomielite por enterovírus
	Brucelose suína
	Cisticercose suína
	Gastroenterite transmissível
	Síndrome respiratória e reprodutiva suína

Fonte: OIE

<sup>a</sup> Doenças transmissíveis que têm o potencial de transmissão rápida e grave, independente de barreiras nacionais e que têm sérias conseqüências sócio-econômicas ou para saúde pública e têm importância para o comércio internacional de animais e produtos animais.

<sup>b</sup> Doenças transmissíveis consideradas de importância sócio-econômica ou para saúde pública e que são significativas para o comércio internacional de animais e produtos animais.

de Febre Aftosa na União Européia, os EUA e o Japão suspenderam temporariamente as importações da UE.

Apesar do rápido crescimento das importações de carne suína na Ásia, a maior parte é fornecida internamente na região. Na realidade, entre 1990 e 1996, mais da metade, 57%, das importações de carne suína da Ásia foram supridas internamente. Isto é, Taiwan forneceu uma proporção significativa das importações de carne suína do Japão. Assim, o impacto comercial do surto de Febre Aftosa de Taiwan é dramático em comparação a outros surtos de doenças.

Antes do surto de 1997, o Japão, a Coréia e Taiwan eram livres de Febre Aftosa, sendo que os últimos casos foram relatados em 1908 no Japão, 1934 na Coréia e em 1930 em Taiwan. No entanto, o movimento ilegal de animais vivos infectados e a alimentação de animais com produtos contaminados causaram o surto em Taiwan em 1997, e surtos menores no Japão e na Coréia em 2000. Estes surtos causaram mudanças importantes no comércio.

Depois de um crescimento sustentado na produção de carne suína na década de 1990, a produção de Taiwan caiu em 19% em 1997 e mais 13% em 1998. O maior impacto do surto de Febre Aftosa foi a re-alocação do fornecimento de carne suína no mercado importador do Japão. A participação do mercado de importação de carne suína no Japão nunca foi alocada com base na vantagem competitiva devido a sua estrutura de proteção. Por exemplo, nos últimos cinco anos, os preços da carne suína de Taiwan foram em média 1,93 vezes mais altos do que os preços dos EUA, mas no mesmo período, Taiwan dominou o mercado de importação de carne suína do Japão, tanto em carne fresca-resfriada, como em congelada. No seu pico, em 1992, a participação de Taiwan foi de 68% do mercado de carne suína fresca-resfriada e de 40% do de carne congelada em 1995. A Coréia do Sul, outro país de alto custo com preços duas vezes maior que os americanos, obteve uma significativa fatia do mercado de importação de carne suína do Japão quando Taiwan foi banido por causa do surto de Febre Aftosa. Entretanto, este ano, a Coréia do Sul foi proibida de exportar carne suína para o Japão porque sofreu um surto de Febre Aftosa<sup>4</sup>.

As negociações do URAA levaram nove anos, de 1986 a 1994. No Japão, o URAA desconectou o "preço de entrada" da banda de preços de suporte e converteu o imposto variável em tarifas específicas. Mas todas estas mudanças tiveram pouco impacto na alocação do mercado de importação de carne suína no Japão. A participação de Taiwan, um produtor de altos custos caiu apenas 2,11% entre o regime pré e pós-GATT, enquanto que a participação da América do Norte, um produtor de baixos custos, aumentou sua participação em apenas 6,07%. Durante o mesmo período, a Coréia, outro produtor de altos custos, aumentou sua participação em 1,52%. Em contraste, um único surto de Febre Aftosa literalmente eliminou a participação de Taiwan, diminuindo em 42,77%, enquanto que a participação da América do Norte aumentou em 15%. Novamente, durante o mesmo período, a participação da Coréia aumentou em 10,38%. Apesar de ser um produtor de altos custos, a Coréia obteve uma participação significativa do mercado depois que Taiwan foi banido pelo Japão. No entanto, outra re-alocação da participação ocorreu quando a Coréia foi atingida por um surto de Febre Aftosa. A Coréia do Sul perdeu quase todas

---

<sup>4</sup>Embora o surto de Febre Aftosa tenha sido principalmente em vacas leiteiras e bezerros, a região com restrição de movimentação de animais incluiu suas principais áreas de produção de suínos



as fatias que havia ganhado anteriormente, com a participação caindo em 10,83%, enquanto que a América do Norte continuou a ganhar mercado, com mais 11,23%.

A América Central tem potencial produtivo para produtos cárnicos, mas tem restrição de comércio por problemas SPS. Os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, no Brasil, foram declaradas livre de Febre Aftosa com vacinação pelo OIE (Office International des Epizooties) desde maio de 1998. Os últimos surtos haviam sido relatados em dezembro de 1993. No entanto, em agosto de 2000, casos confirmados de Febre Aftosa foram relatados no Rio Grande do Sul.

O URAA facilitou a solução de conflitos relacionados a questões SFS. Por exemplo, a Diretiva da União Européia de Carnes de Terceiros Países, vigente desde 1998, exige a inspeção e a certificação de abatedouros de países que enviam produtos para a UE. Em 1999, foi assinado um Acordo de Equivalência Veterinária entre os Estados Unidos e a União Européia para abordar esta questão. Além disso, o Corpo de Litígios da WTO já julgou a questão de hormônios na carne bovina entre os EUA e a União Européia. No entanto, várias restrições ao comércio relacionadas a SPS ainda estão sendo acordadas. Isto inclui restrições a importações de carne suína impostas pelos países sul-americanos e pela Austrália em base a SPS.

## **5 Acesso da China e de Taiwan à Organização Mundial de Comércio**

A razão primária da relativa estreiteza do mercado de carne suína em relação a outros produtos cárnicos é a China. Ela é responsável por 39% da produção mundial, mas apenas 4,2 e 3,4% das importações e exportações. No passado, as políticas de importação da China eram muito restritivas, com uma combinação de altas tarifas, exigências rígidas de licenciamento de importação e práticas fechadas de distribuição, e complicadas exigências sanitárias e de inspeção. As importações oficiais da China estão hoje restritas por uma tarifa de importação de 20%, uma taxa de valor agregado (VAT) de 17% e rígidos procedimentos de licenciamento. As importações estão limitadas a hotéis, restaurantes e outros compradores institucionais. Embora as questões sanitárias sejam importantes, a Administração Oficial de Inspeção de Entrada-Saída/Quarentena (CIQ-SA) aprovou a importação de carne suína de dois exportadores canadenses. Se espera que mais aprovações ocorram em breve. Em 1999, os EUA e a China assinaram um acordo bilateral sobre cooperação agrícola EUA-China, no qual a China concorda em reconhecer o sistema de certificação americano para carne e aves, permitindo assim a importação de todos os abatedouros aprovados pelo USDA. A WTO já concluiu com sucesso negociações quanto à entrada da China. Espera-se que a adoção final do acordo seja formalizada na Conferência Ministerial da WTO em Doha, Qatar, em novembro de 2001. A China comprometeu-se com um regime "apenas tarifário" para produtos cárnicos, com taxas reduzidas de 45 para 12% para carne bovina, de 20 para 12% para a carne suína e de 20 para 10% para carne de aves. Além disso, a China vai permitir que firmas estrangeiras entrem na distribuição de produtos agrícolas, inclusive a nível de varejo, nos próximos três anos. A China também concordou em diminuir os subsídios a produtos específicos para 8,5%. No entanto, o tratamento de subsídios "ocultos", se houver, permanece incerto. Em especial, muitos alegam que a operação dos abatedouros chineses

é subsidiada através de perdas que são absorvidas pelo estado. Além disso, a aplicação indiscriminada do VAT aos produtos internos e aos importados é uma questão. Se as reformas para entrar na WTO aumentarem a estrutura de custo dos produtores comerciais comparável aos países vizinhos, as importações vão se tornar competitivas, especialmente nos mercados das cidades da costa.

Antes de tornar-se um membro da WTO, Taiwan proibiu a importação de alguns produtos suínos, especialmente carne não muscular e vísceras. Isto teve a intenção de proteger a oferta disponível destas partes, que não eram exportadas para o Japão antes do surto de Febre Aftosa. O compromisso de Taiwan depois de sua entrada na WTO é impor apenas uma taxa de 15% para carnes em geral e 12,5% para carnes de músculo em 2005. No entanto, enquanto estão ocorrendo as negociações para a sua entrada no WTO, Taiwan autorizou aos EUA cotas de 5 mil toneladas de bacon e costeletas e 7.500 toneladas de vísceras. Outros parceiros comerciais pressionaram Taiwan a estender as cotas a outros países e, em julho de 1999, Taiwan alocou cotas para outros países, vigentes até 31 de dezembro de 1999. Em janeiro de 2000, cotas de 3.080 de bacon e 5000 toneladas foram renovadas em base global, com vigência até 30 de junho de 2000. O acordo permite uma total compensação das cotas não usadas a cada cano. Atualmente, são aplicadas as seguintes tarifas: 15% para bacon, costeletas e outros músculos, 25% para estômagos, jarretes e pés. Semelhante à China, a revisão do pedido de entrada de Taiwan na WTO já está pronta para ser aceita formalmente na Conferência Ministerial da WTO em Doha, Qatar. Com a liberalização total, é provável que Taiwan siga a evolução do setor suinícola do Japão, onde a participação das importações cresceu ao longo do tempo.

## **6 Resumo, conclusão e potencial para aprofundar a liberalização da carne suína**

O GATT introduziu reformas que expandiram o acesso ao mercado, limitaram exportações subsidiadas e reduziram o apoio interno. Estas reformas melhoraram o funcionamento dos mercados agrícolas, tornando-os mais eficientes e integrados. Além disso, a liberalização do setor mundial de carne suína promoveu ajustes que causaram um contínuo declínio da participação interna no consumo de muitos países exportadores. Isto é claramente ilustrado pelo caso do Japão, onde o setor suinícola se contraiu desde 1990 a uma taxa de 2,5% ao ano. Como resultado, a participação das importações no consumo total aumentou significativamente, de meros 9% em 1980 para 24% em 1990, chegando a um máximo de 44% em 1996. Além disso, dos 30 países incluídos, 25 tiveram um aumento no acesso ao mercado de importação de carne suína entre 1995 e 2000. outro impacto da liberalização é que aumentou as participações de países de baixo custo de produção, como os EUA e o Canadá e diminui a de países de alto custo de produção, como Taiwan, Coreia do Sul e vários países da Europa. Um caso é Taiwan, cujos preços são 1,93 vezes maiores que os dos EUA, mas era o maior fornecedor de carne suína para o Japão até 1997. Com as reformas do URAA, sua participação caiu em 2,1%, enquanto que a dos EUA e do Canadá aumentaram em 6,1% juntos. No entanto, este impacto foi obscurecido pela a grande alocação de fatias de mercado depois do surto nacional de Febre Aftosa em Taiwan em 1997, que eliminou completamente a presença deste país do mercado

de importação de carne suína do Japão, enquanto que a participação dos EUA e do Canadá aumentou mais 15%.

Apesar da limitada liberalização real promovida pelo URAA, há evidências de seu impacto positivo. Isto deve dar às partes contratantes incentivo suficiente para aprofundar o processo de liberalização, especialmente porque ainda existem áreas potenciais para reformas. É de significativa importância a entrada da China e Taiwan na WTO. Além disso, as taxas tarifárias ainda estão altas. Em 2000, a taxa média dentro da cota era de 27,4%, 59,55 para fora da cota e 42,1% não-cota (Liapis, 2000). Também, o aumento das TRQ e a garantia de que os mecanismos administrativos usados pelos países para aloca-las não impeçam o acesso, podem expandir ainda mais o mercado. Maiores reduções nas exportações subsidiadas podem re-alocar fatias de mercado dos produtores de alto custo para os de baixo custo.

Finalmente, também deve haver vigilância contra o uso de novos mecanismos para frustrar o espírito da liberalização.

## 7 Referências Bibliográficas

- BENSON, B. L., M. D. FAMINOW, M. H. MAQUIS, and D. G. SAUER. (1994). "The Impact of Provincial marketing Boards on Price Relationships and Pricing Dynamics in North American Slaughter Hog Market." *Applied Econometrics*, 26, p 677-688.
- BRESTER, G. W., and M. K. WOHLGENANT. (1997). "Impacts of the GATT/Uruguay Round Trade Negotiations on U.S. Beef and Cattle Prices." *Journal of Agriculture and Resource Economics*, 22(1), p.145-156.
- FABIOSA, J. F. (1999). Institutional Impact of GATT: An Examination of Market Integration and Efficiency in the World Beef and Wheat Market Under the GATT Regime. Working Paper 99-WP-218. CARD, ISU
- FABIOSA, J. F. (2000). Animal Disease Outbreaks and Their Impacts on Trade. FAPRI Bulletin. September-October. CARD, ISU
- FAUSTI, S. W., and B. A. QASMI. (1998). The Effect of NAFTA on Trade in Agricultural Food Products. Research Discussion Paper No. 13, Trade Research Center, Montana State University.
- FULLER, F., and D. HAYERS. (1998). The Impact of Chinese Accession to the World Trade Organization on U.S. Meat and Feed-Grain Producers. Research Discussion Paper No. 16, Trade Research Center, Montana State University.
- HELMAR, M., V. PREMAKUMAR, K. OERTER, J. KRUSE, D. B. SMITH, and W. H. MEYERS. (1994). Impacts of the Uruguay Round on Agricultural Commodity Markets. 94-GATT 21, CARD, ISU.
- INGCO, M. D. (1995). Agricultural Trade Liberalization in the Uruguay Round: One Step Forward, One Step Back? Supplementary paper for the Conference on the Uruguay Round and the Developing Economies, International Trade Division, World Bank.
- LIAPIS, P. S. Medium Term Projections and Selected Issues for Meat Markets. Paper presented at the IATRC Conference on International Trade in Livestock Products. January 18-19, 2001. Auckland, New Zealand.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agriculture Service (FAS). Livestock Annual Report, various countries and various issues, 1998

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Economic Research Service. Uruguay Round Agreement on Agriculture: The Record to Date. Special article in the Agricultural Outlook, December 1998.

VEEMAN, M. (1994), "Implications of NAFTA and GATT for the Canadian Red Meat Sector." Canadian Journal of Agricultural Economics, 42(4). P, 473-483.

WORLD TRADE ORGANIZATION. Annual Report: International Bovine Meat Agreement. WTO, Geneva, February 1995.

# **PADRÕES GLOBAIS DA PRODUÇÃO E DA COMERCIALIZAÇÃO DE CARNE SUÍNA**

Hans-Wilhelm Windhorst

Institute for Spatial Analysis and Planning in Areas of Intensive Agriculture (ISPA)  
University of Vechta Germany

A produção animal e o comércio de produtos animais estão passando por uma rápida mudança. Isto não se deve apenas a avanços técnicos no próprio processo de produção, mas também a uma maior liberalização do mercado mundial de produtos agrícolas. Além disso, o comportamento do consumidor mudou muito na última década. A segurança alimentar, o bem-estar animal e a proteção ambiental se tornaram aspectos que terão impacto significativo sobre o futuro desenvolvimento da produção e processamento de produtos animais. Neste artigo, abordaremos:

- Uma visão geral dos padrões globais de produção e comercialização de carne suína,
- As recentes tendências globais deste setor,
- E perspectivas futuras do setor.

## **1 Produção de carne suína em uma perspectiva global**

A produção mundial de carne suína tem crescido quase constantemente desde 1961 (slide 1); o volume passou de 24,7 milhões de toneladas para 90,7 milhões de toneladas em 2000, ou seja, aumentou 267%. Apenas na última década, aumentou mais de 20 milhões de toneladas.

Uma análise do padrão geográfico da produção de carne suína mostra que está concentrada na Ásia, Europa e América do Norte e Central. Só a Ásia contribui com mais de 55% da produção total (slide 2).

Pode ser observado um processo contínuo de concentração regional na produção de carne suína. Em 1990, os dez principais países contribuíram com 73,6% do volume global de produção; em 2000, aumentou para 76,2%. Isto se deve principalmente ao grande aumento de produção na China, de 34,1 para 47,0% naquela década. É óbvio que a China produzirá mais de 50% da carne suína no mundo nos próximos anos se puder manter o crescimento dinâmico. Uma observação mais detalhada da classificação dos oito principais países produtores em 1990 e 2000 mostra que esta mudou muito, com exceção das duas primeiras posições (slide 3). A Alemanha está agora em terceiro lugar, a Rússia não conseguiu estar entre os países principais, pois a queda contínua de produção não pode ser evitada. A Espanha, a França, o Brasil e o Canadá subiram de posição.

A Europa domina o comércio mundial de carne suína (slide 4). Quase 77% de toda carne suína que chega ao mercado mundial tem como origem um país europeu. Em segundo lugar, estão a América do Norte e Central, com 15,5%, seguida da Ásia. Quanto a importações, também há dominância da Europa, que importa mais de 72% da produção, seguida da Ásia, com 16,9% e da América do Norte e Central. Todas as outras regiões têm pouca importância.

Para compreender melhor o padrão geográfico do comércio de carne suína, é necessário fazer uma análise mais detalhada do papel dos principais países exportadores e importadores. Os oito principais exportadores de carne suína, dos quais seis são países membros da UE, foram responsáveis por quase 80% das exportações totais em 1999 (slide 5). Só a Dinamarca teve uma participação de 18%. No entanto, não devemos esquecer que estes números incluem o comércio dentro da UE. Se levássemos em conta apenas o comércio com os assim chamados terceiros, o Canadá estaria na primeira posição.

Em 1999, os oito principais países importaram 72,8% da carne suína que chegou ao mercado mundial (slide 6). Aqui, há apenas quatro países membros da UE. A Alemanha tem sido o principal importador de carne suína há vários anos, apesar de sua grande produção interna. Quase um sexto de toda a carne suína comercializada foi importado pela Alemanha. Localizada no centro da Europa, é o mercado mais atraente para carne suína e seus produtos e, portanto, não se surpreende que as empresas dos países vizinhos queiram entrar neste mercado. Dos países que não são membros da UE, o Japão e a Rússia são mercados importantes.

Uma análise mais detalhada de algumas relações comerciais pode explicar o padrão geográfico. A Dinamarca e os EUA são concorrentes no mercado de carne suína do leste da Ásia, especialmente no Japão e na Coreia do Sul. Em 1999, a Dinamarca exportou ao redor de 1,5 milhões de toneladas de carne suína, inclusive animais vivos. Os principais parceiros comerciais foram a Alemanha, responsável por 20,7%, o Reino Unido e o Japão. Estes três parceiros comerciais tiveram mais de 50% das exportações totais e seu comportamento de compras decide as atividades dinamarquesas no mercado mundial.

A quantidade de carne suína que os EUA consegue vender no mercado do leste asiático, especialmente para o Japão, tem um importante impacto no mercado da UE, pois concorrem com a Dinamarca. Quando as vendas no Japão aumentam, por causa da queda do dólar, por exemplo, a Dinamarca busca outros mercados. Em geral, grande quantidade de carne suína é oferecida na UE, levando a um excesso de estoque e baixa de preços.

Em contraste com o Japão, a Alemanha importa carne suína e animais vivos quase exclusivamente de países da UE (slide 7); as importações de outros países são de apenas 1%. A Bélgica, a Holanda e a Dinamarca contribuem com aproximadamente 80% das exportações.

## 2 Processos globais

Em uma segunda etapa, a análise vai abordar os recentes processos globais. Aqui, pode-se distinguir quatro fenômenos básicos:

- Concentração regional,

- Concentração setorial,
- Produção em cadeia,
- Consideração de aspectos de bem-estar animal e ambientais.

A *concentração regional* é um processo dinâmico que pode ser observado não só na produção animal, mas também na produção agrícola. Em áreas comparativamente pequenas, se concentra uma alta percentagem de produção de uma certa commodity.

Se compararmos a participação dos dez países maiores produtores de carne suína, fica evidente que, entre 1960 e 1980, sua contribuição permaneceu estável, em 72% (slide 8). Desde então, foi observado um aumento, especialmente a partir de 1990. No final da última década, os dez principais países produtores contribuíram com 76,2% da produção global. Já se pode demonstrar que isto se deveu principalmente ao grande aumento na China, mas também nos EUA e no Canadá. No entanto, o papel dos três principais centros de produção de carne suína no cenário mundial mudou consideravelmente nas últimas quatro décadas. A participação da UE na produção mundial caiu de 29,1% para 19,3%, a dos EUA de 20,9% para 9,5%. Em 1970, a China ultrapassou os EUA, e, em 1990, a UE (slide 9).

Pode ser observado um processo de *concentração setorial* paralelo à concentração regional. Pode-se argumentar que a concentração setorial, que pode ser definida como um processo de acumulação contínua do volume de produção em um número decrescente de granjas, fábricas de ração ou abatedouros, inicia o processo de concentração regional.

Na suinocultura, o processo de concentração regional ocorre há várias décadas. Uma análise detalhada do desenvolvimento do padrão de tamanho do rebanho nos principais países produtores de carne suína mostra algumas tendências claras:

- A percentagem de granjas com 1000 ou mais sítios aumentou continuamente nos últimos 25 anos na União Européia;
- Durante a última década, surgiram grandes unidades de produção nos EUA e no Canadá;
- E mesmo em alguns dos recentes centros de produção na América Central e do Sul, assim como no leste da Ásia, grandes unidades dominam o setor.

Uma tendência crescente ao desenvolvimento de sistemas de produção fechados de alimentos é observada em todo o mundo. Os principais fatores que determinam as *cadeias de produção* são a crescente preocupação dos consumidores com doenças ligadas a alimentos e aspectos econômicos.

Embora esta tendência tenha se originado na década de 1970, um novo estímulo foi causado na Europa pela crise da dioxina na Bélgica e pelo duradouro problema da BSE. O colapso do mercado de carne bovina na UE, especialmente na Alemanha no início deste ano, iniciou atividades para o desenvolvimento de sistemas fechados de produção também na produção de carne suína. Hoje, a proteção do consumidor, segurança alimentar, rastreabilidade e declarações abertas são os principais argumentos da discussão.

Nos últimos anos, dois aspectos adicionais tornaram-se importantes:

- Aumento da preocupação do consumidor com o cumprimento da legislação de bem-estar animal;
- Com impactos negativos, mas evitáveis, sobre o meio ambiente.

No futuro, as cadeias de alimentos terão que demonstrar que os impactos negativos sobre o ambiente foram evitados e que o comportamento natural dos suínos foi permitido durante o processo de produção.

### 3 Perspectivas futuras

A produção animal e a indústria alimentar nos países desenvolvidos vai mudar dramaticamente nos próximos 20 a 25 anos. Particularmente, a produção e o processamento de carne vermelha vão avançar de um ramo um tanto desorganizado de produção de alimentos para cadeias de produção integradas verticalmente. Para atender a demanda de mercado e dos consumidores, estas cadeias terão que desenvolver novos produtos.

O desenvolvimento desses produtos terá impactos marcantes sobre a organização geral da produção de carnes. A carne suína não será mais um produto por atacado, mas será produzida para segmentos específicos de mercado, dos quais a carne suína como commodity será apenas um. Serão formadas cadeias de produção para tais segmentos de mercado. Produtores, fábricas de ração e abatedouros não vão mais competir uns com os outros em um mercado indefinido; as cadeias de produção vão se concentrar em segmentos específicos de mercado.

Não mais se questiona que os aspectos de segurança alimentar, rastreabilidade, bem-estar animal e ambientais serão decisivos para a organização da indústria alimentar e para a distribuição geográfica dos centros de produção nos países desenvolvidos. Porém, quem serão os vencedores e os perdedores neste processo de transformação?

Regiões que são capazes de implementar sistemas de produção que permitam a rastreabilidade do produto desde a granja até o varejo e que possam demonstrar que a legislação de bem-estar animal e a legislação que considera a proteção do ambiente estão sendo cumpridas através de toda a cadeia serão os vencedores; as que não conseguirem implementar estes sistemas serão os perdedores no cada vez mais restrito e globalizante mercado de produtos animais.

A análise da primeira parte deste artigo demonstrou que novos concorrentes foram capazes de chegar entre os principais países que produzem e comercializam carne suína. Espera-se que uma redução das restrições de importações, resultante das atuais negociações na Organização Mundial de Comércio, mude ainda mais os padrões globais de comércio. Estes países talvez não sejam capazes de competir com produtos muito especializados, mas poderão obter participação no mercado com commodities.

Assim, pode-se esperar que países exportadores com alto custo de produção, como a Dinamarca e a Holanda, percam participação no mercado. Países com baixo custo de produção, como Brasil, Canadá e EUA, ganhem mercado. A Europa não vai perder sua posição de liderança no comércio de carne suína nos próximos anos, mas sua posição não será mais inabalável. Padrões legais mais rígidos e a contínua



mudança de comportamento do consumidor forçarão o setor, em países com alto custo de produção, a se concentrar em produtos de valor agregado. No entanto, isto pode levar a um decréscimo no volume de produção.

## 4 Slides

**Tabela 1 — Slide 1:** A produção mundial de carne suína tem crescido quase constantemente desde 1961:

Ano	Produção (mill. t)	Índice
1961	24.7	100
1970	35.8	145
1980	52.7	213
1990	69.9	283
2000	90.7	367

**Tabela 2 — Slide 2:** A produção de carne suína está concentrada em três áreas: Ásia, Europa e América do Norte:

Região	Produção (mill. t)	Fatia da Produção Mundial (%)
Ásia	49.98	55.1
Europa	25.15	27.7
América N. e C.	11.59	12.8 $\Sigma$ 95,6
América S.	2.94	3.2
África	0.56	0.6
Oceania	0.48	0.5

**Tabela 3 — Slide 3:** Nos últimos 10 anos, a composição dos principais países na produção de carne suína mudou consideravelmente, exceto em duas posições:

Posição	1990	2000
1	China	China
2	EUA	EUA
3	USSR	Alemanha
4	Alemanha	Espanha
5	Polônia	França
6	Espanha	Polônia
7	França	Brasil
8	Holanda	Canadá

**Tabela 4 — Slide 4:** A Europa domina o comércio mundial de carne suína(dados de 1999):

Região	Exportações (%)	Importações (%)
Europa	76.7	72.1
América N. e C.	15.5	8.9
Ásia	5.4	16.9
América S.	2.0	1.3
Oceania	0.3	0.4
África	0.1	0.4

**Tabela 5 — Slide 5:** Os países-membros da EU estão nas primeiras posições da lista de principais países exportadores de carne suína (dados de 1999):

País	Exportações(1.000 t)	Exportação Mundial(%)
Dinamarca	927	18.0
Holanda	852	16.6
Bélgica/Lux.	498	9.7 $\Sigma$ 44.3
França	424	8.2
Alemanha	393	7.6
Canadá	371	7.2 $\Sigma$ 67.3
EUA	349	6.8
Espanha	282	5.5 $\Sigma$ 79.6

**Tabela 6 — Slide 6:** Os países-membros da EU também estão nas primeiras posições da lista de principais países importadores de carne suína (dados de 1999):

País	Importação(1.000 t)	Importação Mundial(%)
Alemanha	779	15.8
Itália	707	14.4
Japão	600	12.2
Rússia	442	9.0 $\Sigma$ 51.4
França	329	6.7
EUA	266	5.4 $\Sigma$ 63.5
China/Hong K.	247	5.0
Reino Unido	214	4.3 $\Sigma$ 72.8

**Tabela 7 — Slide 7:** A Alemanha, o principal importador de carne suína, enfoca mais a importação de outros países-membro da UE e quase não importa de outros países (dados em 1.000 t):

País	1992	1996	1999
Exportador			
Bélgica	224	319	315
Holanda	356	284	267
Dinamarca	208	223	216
França	41	13	41
UE total	939	1.045	1.051
Total	962	1.056	1.062

**Tabela 8 — Slide 8:** Processos globais: concentração regional

Ano	Participação na Produção Mundial (%)
1961	72.7
1970	72.1
1980	71.8
1990	73.6
2000	76.2

O processo de concentração regional continua, como se pode ver pela participação dos 10 países líderes em produção de carne suína:

**Tabela 9 — Slide 9:** Processos globais: concentração regional

País	1961	1970	1980	1990	2000
China	6.5	17.2	23.0	34.4	47.0
UE (15)	29.1	26.9	25.7	22.1	19.3
EUA	20.9	17.0	14.3	9.9	9.5

Nos próximos 10 anos, a China vai contribuir com mais de 50 % da produção mundial de carne suína. A UE e os EUA vão perder mercado, apesar do aumento de produção, como se pode ver a partir do desenvolvimento de sua contribuição para a produção mundial de carne suína (dados em %):

## 5 Referências Bibliográficas

- MARTINEZ, S:W. (1999): Vertical Coordination in the Pork and Broiler Industries: Implications for Pork and Chicken Products. (= Agricultural Economic Report No. 777). Washington, D.C.: U.S. department of Agriculture.
- UFKES, F. M. (1995): Lean and mean: U. S. meatpacking in an era of agro-industrial restructuring. In: Environment and Planning D. Society and Space, No. 13: 683-705.
- WINDHORST, H.-W. (1998): Pigs and space: Hog farming and pork production in the European Union and the United States in transition. In: Erdkunde 52, No. 3: 232-249.
- WINDHORST, H.-W. (2000): The Danish model: producing pork for the world market. In: Pig Progress 16, No. 7: 8-11.
- WINDHORST, H.-W. (2001): Emerging production systems in Europe. In: Fleischwirtschaft international, No. 2: 39-41.

# **SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO SUÍNA NA UNIÃO EUROPEIA**

Michel Rieu

Jan Peter van Ferneij

Pôle Économie, Institut Technique du Porc, 34, boulevard. de la Gare,  
31 500 Toulouse, France

## **Introdução**

A produção suína europeia está num impasse. As exigências da sociedade são tais que supõem a tecnificação e organização cadeia produtiva, mas ao mesmo tempo apontam para uma concentração geográfica cada vez menor. O modelo de produção apoiado em granjas familiares continua sendo majoritário. Mas as grandes criações estão em franco desenvolvimento e o percentual de integração está progredindo com força sob o impacto do modelo espanhol.

Desde já fazem-se sentir as imposições da sociedade, que freiam ou bloqueiam o desenvolvimento de regiões suínas, de forte crescimento outrora, e irão gerar deslocamentos de produção.

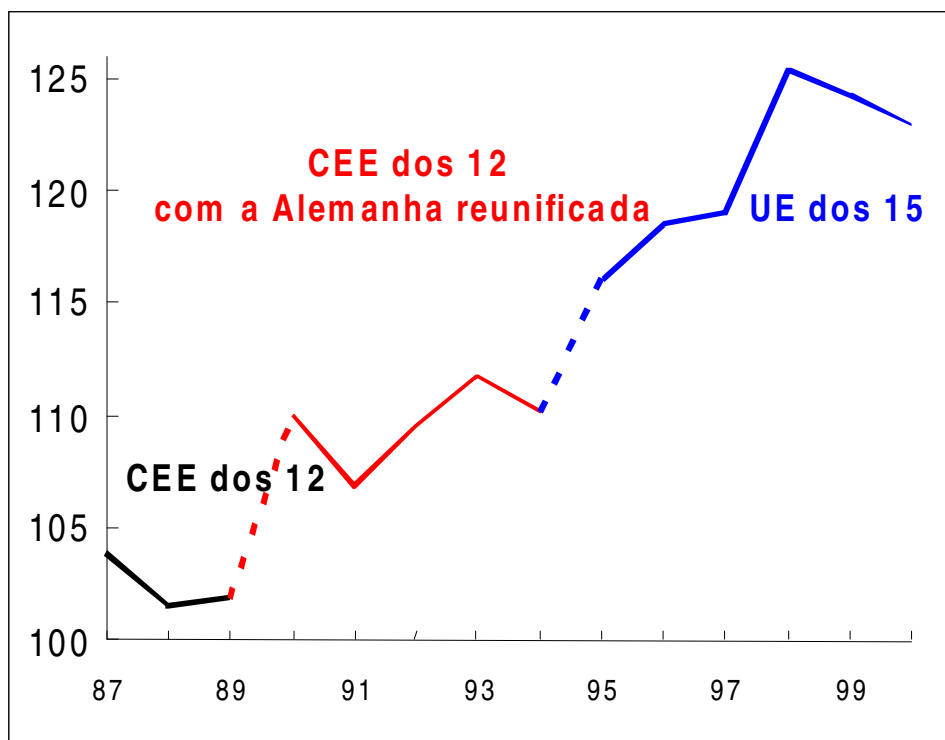
No que diz respeito aos fornecedores exteriores à UE, ficará difícil ao mesmo tempo manter o mesmo nível de exigências e abrir as fronteiras no marco da liberalização do comércio.

## **Os rebanhos suínos na União europeia**

Os 15 países que formam a União Europeia são, com 21%, a segunda região de produção suína no mundo. Com quase a metade da produção mundial (45%), a China é o primeiro produtor. O terceiro lugar é ocupado pela América do Norte (Estados Unidos, Canadá e México), com uma participação de 13% do total mundial. Na União europeia, no entanto, essa produção é alcançada com apenas 14% dos rebanhos suínos mundiais, contra 46% na China e 9% na América do Norte. Essa diferença indica um excelente nível de produtividade do rebanho em relação à média dos outros países do mundo.

## Evolução dos rebanhos suínos na CEE, e na UE

Em milhões de cabeças



Fonte: ITP segundo Eurostat

A Espanha, a Dinamarca, a Bélgica e a França aumentaram seus rebanhos em dez anos, enquanto a Holanda, confrontada com problemas ambientais, a Alemanha e o Reino Unido os reduziram.

Na Alemanha, a brutal integração da RDA ao mercado comum em 1990/91 levou a um rápido desmoronamento dos rebanhos do Leste.

Metade dos rebanhos europeus está concentrada em nove regiões. As primeiras dezenove regiões (com um rebanho superior a 1,5 milhão de suínos) possuem os dois terços do total. A densidade suína média da Comunidade é de 93 suínos/km<sup>2</sup> de SAU (Área Agrícola Útil). A densidade mais forte encontra-se nas regiões da Holanda e da Bélgica, com uma média de 1.300 suínos por km<sup>2</sup> de SAU.

Longe atrás estão quatro regiões com densidades entre 400 e 500 suínos por km<sup>2</sup>: a Jutlândia (Dinamarca), a Bretanha (França), a Renânia do Norte-Vestefália (Alemanha) e a Catalunha (Espanha). Três regiões têm 200 e 300 suínos/km<sup>2</sup>, sendo que, a seguir, as densidades continuam caindo fortemente.

**Tabela 1 — União europeia: rebanho total e rebanho das matrizes.** Pesquisas de novembro/dezembro

Milhares de cabeças	rebanho suíno				rebanho das matrizes			
	1990	2000	% UE	% 2000/90	1990	2000	% UE	% 2000/90
Alemanha	30.818	25.775	21,0	-16,4	3.195	2.527	20,2	-20,9
Espanha	15.949	22.435	18,3	40,7	1.870	2.478	19,8	32,5
França	12.520	15.921	13,0	27,2	1.223	1.457	11,7	19,1
Holanda	13.788	12.822	10,4	-7,0	1.455	1.272	10,2	-12,6
Dinamarca	9.282	12.642	10,3	36,2	1.041	1.344	10,8	29,1
Itália	8.837	8.329	6,8	-5,7	726	708	5,7	-2,5
Bélgica	6.426	7.266	5,9	13,1	731	715	5,7	-2,2
Reino-Unido	7.380	5.948	4,8	-19,4	855	653	5,2	-23,6
Áustria	—	3.348	2,7	—	—	324	2,6	—
Portugal	2.664	2.338	1,9	-12,2	354	324	2,6	-8,5
Suécia	—	1.896	1,5	—	—	206	1,6	—
Irlanda	1.249	1.731	1,4	38,6	149	185	1,5	24,2
Finlândia	—	1.456	1,2	—	—	181	1,4	—
Grécia	1.143	906	0,7	-20,7	160	120	1,0	-25,0
Luxemburgo	70	83	0,1	18,6	10	8	0,1	-20,0
<b>Europa dos 15</b>	—	<b>122.896</b>	<b>100</b>	—	—	<b>12.502</b>	<b>100</b>	—

Fontes: Eurostat e fontes nacionais



**Tabela 2 — As principais regiões europeias de produção suína.** Regiões com mais de 1,5 milhões de suínos em 1999

Nome português	Código do país	Total Suínos	Total SAU	Densidade (suínos/km <sup>2</sup> ) (SAU)	Parte de UE (%)	Parte UE Cumulada (%)
		*1000	*1000			
Sudeste da Holanda	NL	12.506	917	1.364	10,2	10,2
Jutlândia	DK	8.909	1.849	482	7,2	17,4
Bretanha	F	8.036	1.830	439	6,5	23,9
Baixa Saxônia	D	7.623	2.661	286	6,2	30,1
Bélgica lamenga	B	6.819	510	1.338	5,5	35,6
Renânia do Norte-Vestefália	D	6.016	1.502	401	4,9	40,5
Catalunha	SP	5.303	1.306	406	4,3	44,8
Baviera	D	3.736	3.295	113	3,0	47,8
Lombardia	I	3.316	1.121	296	2,7	50,5
Castela Leão	SP	3.156	5.575	57	2,6	53,1
Aragão	SP	3.033	2.621	116	2,5	55,6
Baden-Württemberg	D	2.304	1.473	156	1,9	57,4
Yorkshire-e-Humberside	UK	1.839	1.088	169	1,5	58,9
Andaluzia	SP	1.831	4.869	38	1,5	60,4
Países do Loire	F	1.673	2.327	72	1,4	61,8
Emilia Romagna	I	1.595	1.225	130	1,3	63,1
East-Anglia	UK	1.565	1.467	107	1,3	64,3
Múrcia	SP	1.552	634	245	1,3	65,6
Castela-La Mancha	SP	1.542	4.785	32	1,3	66,8
<b>UE-15</b>	<b>UE15</b>	<b>123.202</b>	<b>132.771</b>	<b>93</b>	<b>66,8</b>	<b>66,8</b>

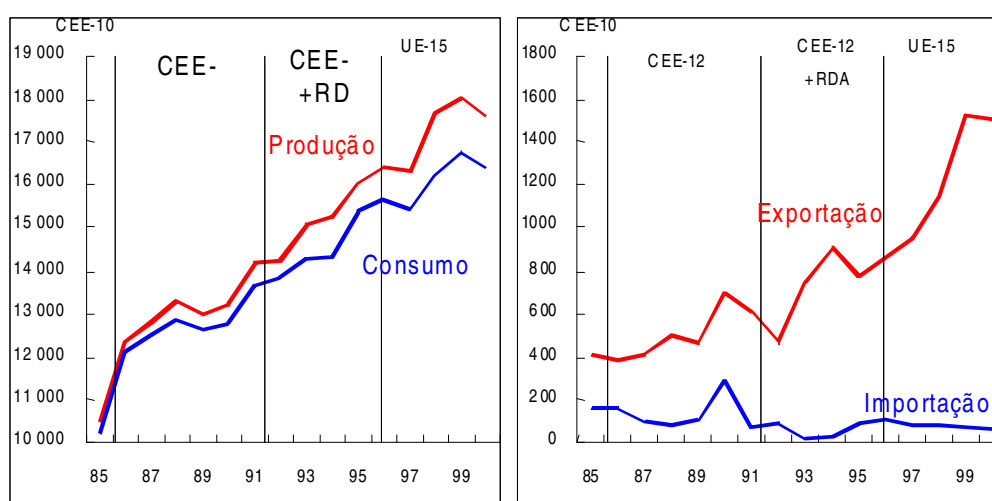
Fontes ITP segundo Eurostat e fontes nacionais

## A produção de carne suína

A produção suína na UE passou de 13 milhões de toneladas de carne em 1990 para 18 milhões de toneladas em 2000 (+34%). Vários países progrediram, porém esse crescimento se deve também às ampliações. Entre 1990 e 2000, o crescimento total dos 15 membros atuais foi de 14%. Bastante estagnada na metade dos anos 1990, a produção suína da UE aumentou 8% em 1998 e 3% em 1999. A alta foi interrompida por uma grave crise de mercado em 1999/2000.

## Produção, consumo e comércio exterior da União Européia

Em milhares de toneladas equivalentes carcaça



Fontes: ITP segundo Eurostat, Comissão (estimativas para 2000)

Tanto a produção como o consumo experimentaram um crescimento nos últimos dez anos, sendo que a produção cresceu mais rápido. A presença de mercados fora da UE (Europa Central, Rússia, Japão) tem permitido um forte desenvolvimento das exportações desde a metade dos anos 1980. Em 1999, os volumes embarcados alcançaram 1,5 milhão de toneladas, contra 400.000 toneladas quinze anos antes. Ao mesmo tempo, as importações perderam sua importância, ficando globalmente inferiores a 100.000 toneladas durante a última década. Conseqüentemente, o saldo do comércio exterior de suíno passou de 400.000 toneladas em 1990 para 1,4 milhão de toneladas em 2000. A taxa de auto-abastecimento alcançou 109% em 2000.

Os balanços de abastecimento variam muito de acordo com os países. Alguns países são superavitários em carne suína e exportam para os países da UE e para terceiros países. Outros estão em equilíbrio, o que não exclui trocas entre produção e consumo. Outros, por fim, sofrem com um déficit de carne suína.

Além do estado de seu balanço, as cadeias nacionais caracterizam-se por diferenças de funcionamento e organização. No entanto, tipos diferentes de produção ou de cadeia não necessariamente implicam níveis de competitividade global diferentes.

**A Espanha** tem o crescimento mais intenso (+73% entre 1990 e 2000). É superavitária desde 1993 (112% em 1999). A cadeia está construída com base no modelo da integração: 80% dos animais comercializados, sobretudo por parte de grandes empresas.

**A Dinamarca** aumentou sua produção em 44% entre 1990 e 2000. Exporta 80% dela, ou seja, 1,4 milhão de toneladas, o que faz desse país o primeiro exportador de carne suína da UE desde 1997. Quase 40% dos volumes são destinados para terceiros países. As granjas dinamarquesas são familiares e, sobretudo, do tipo ciclo completo.

**A França** figura entre os quatro países da União com um forte crescimento (+42% em 10 anos). Mas, por causa de regras ambientais mais estritas e da crise de mercado, essa dinâmica interrompeu-se em 2000. O saldo das trocas é positivo desde 1994. As exportações aumentaram fortemente nesses últimos anos (650.000 toneladas em 1999), sendo 40% destinados a terceiros países (em primeiro lugar, a Rússia). As granjas são familiares e de porte médio.

**A Bélgica** também conhece um crescimento bastante sustentado. A taxa de auto-abastecimento foi de 222% em 1999. O nascimento costuma ser efetuado em granjas familiares independentes. Em contrapartida, está muito desenvolvida a integração da engorda pela indústria de alimentação animal.

**Tabela 3 — União Européia: saldos de abastecimento suíno em 1999.** Em milhares de toneladas equivalente carcaça

	Produção	Importações	Exportações	Consumo
Alemanha	3.973	1.331	636	4.672
Espanha	2.918	129	448	2.602
França	2.350	520	649	2.222
Holanda	1.851	163	1.320	654
Dinamarca	1.709	55	1.441	349
Itália	1.391	817	127	2.081
Reino-Unido	1.054	125	712	475
U.E.B.L.	1.044	567	258	1.381
Áustria	500	105	138	467
Irlanda	333	126	15	434
Portugal	329	48	51	326
Suécia	256	47	166	135
Finlândia	182	17	23	178
Grécia	139	202	2	339
EU-15*	18.029	69	1.552	16.315

\* Para a UE, o comércio com terceiros países. Fontes: ITP segundo Eurostat e fontes nacionais

**A Itália** vive um desenvolvimento moderado. O déficit alcança um terço do consumo. É o segundo importador da UE. Na Lombardia e Emilia-Romagna, a produção faz-se sobretudo em grandes granjas do vale do Pó ou em integração. Nas outras regiões, a estrutura é mais parcelada.

**No Reino Unido**, a produção suína caiu fortemente nos últimos anos. A demanda nacional é coberta aos três quartos. No total, as importações eram de 570.000 toneladas em 1999, para exportações de 250.000 toneladas. Quase um terço dos reprodutores do país são criados ao ar livre.

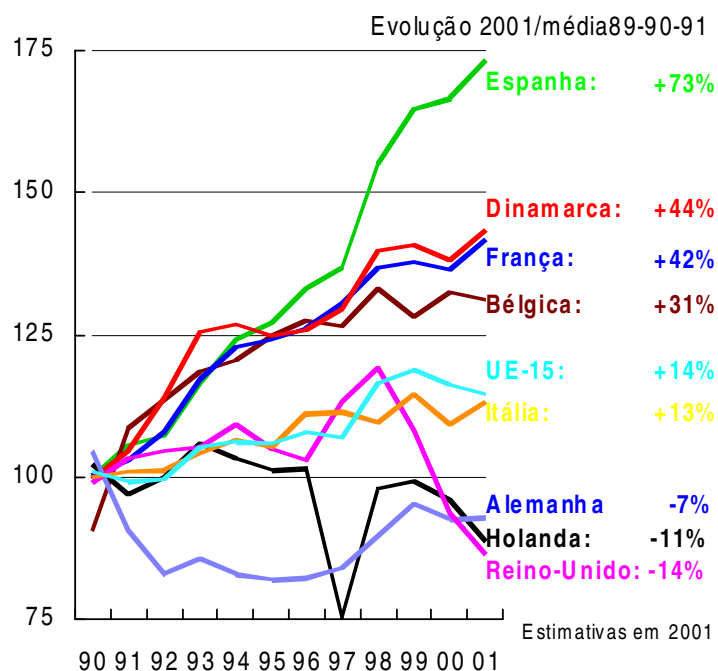
**A Holanda** é o quarto produtor europeu. Dois terços da produção destinam-se à exportação, essencialmente na UE. Após o forte crescimento dos anos 60 e 70, a produção está estagnando desde a metade dos anos 80, por causa do meio-ambiente. Desde 1998, um plano de reestruturação visa diminuir os rebanhos. As criações são familiares, porém de porte bastante grande.

**A Alemanha** continua sendo o produtor número 1 da União Europeia, com 3,9 milhões de toneladas em 2000. O país ocupa a primeira posição também para o consumo total e para as importações. As compras oscilam em torno de 1,3 milhão de toneladas. A produção nacional atende a 85% das necessidades. Na sua maioria, as granjas alemãs são familiares, com um tamanho médio reduzido pela UE.

Na maioria dos **outros países** da União (todos abaixo de 500 000 toneladas anuais), a produção está estagnando ou recuando, sendo a exceção a **Irlanda**, superavitária desde há muito. A **Áustria** e os países escandinavos, **Suécia** e **Finlândia**, estão próximos do equilíbrio. O Portugal é deficitário em mais de 20% de suas necessidades. A **Grécia** compra metade de suas necessidades no mercado comunitário.

## Evolução da produção suína dos principais países da UE

Em índices, base 100 = média 1989-90-91



Fontes ITP segundo Eurostat, Comissão

## Conclusão e Perspectivas

A produção suína é administrada pela PAC (Política Agrícola Comum) nos moldes liberais, dentro da Comunidade Européia. Isso se traduz por flutuações das cotações e por crises cíclicas. Nos últimos 30 a 40 anos, seu desenvolvimento tem sido condicionado pela competitividade global das cadeias. A produção aumentou nas bacias nacionais ou regionais:

- Através de criações competitivas, isto é, tecnicamente produtivas, com custos de abastecimento reduzidos, em particular para a alimentação dos animais,
- Através de uma cadeia bem organizada, desde o abastecimento das granjas até a comercialização da carne, mas também para a transmissão das técnicas,
- Através de estratégias comerciais, isto é, escolhas claras e determinadas das metas.

Algumas regiões européias têm-se especializado com rapidez na produção suína e tornaram-se cada vez mais produtivas, graças à racionalidade de sua organização e a importantes economias de escala.

Uma limitação a mais está surgindo hoje devido à forte concentração geográfica das granjas num número limitado de bacias de produção. A Comunidade Européia e os Estados promulgaram regulamentações ambientais mais limitantes. Tal imposição pode ser vista já na Holanda e está sendo implementada na Bretanha e está dando seus primeiros passos na região de Flandres, na Bélgica.

Para desenvolver bacias de produção suína, doravante, as regiões européias deverão combinar competitividade das criações e eficácia da cadeia, por um lado, e respeito de regras ambientais cada vez mais estritas, de outro.

Por outro lado, novas regras vão ser negociadas no marco da OMC. Até hoje, e apesar da derrubada de barreiras protecionistas, as importações continuam limitadas. Na exportação, a UE não poderá mais fornecer os mesmos subsídios do passado. Outras imposições, entretanto, irão afetar as cadeias européias, tais como as normas de qualidade e de segurança sanitária. Nas negociações, a UE deverá fazer valer seu elevado grau de proteção do meio-ambiente, dos animais e da saúde dos consumidores.

# **NORMATIZAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DA TIPIFICAÇÃO DE CARÇAÇAS DE SUÍNOS NO BRASIL - ASPECTOS POSITIVOS E RESTRIÇÕES**

Jerônimo Antonio Fávero

Antônio Lourenço Guidoni

Embrapa Suínos e Aves  
Caixa Postal, 21, CEP 89.700-000 - Concórdia (SC).  
e-mails: favero@cnpsa.embrapa.br e  
antlogui@climerh.rct-sc.br

## **1 Introdução**

A tipificação de carcaças de suínos no Brasil passou a ser objeto de discussões a partir dos trabalhos que deram origem ao "Método Brasileiro de Classificação de Carcaças", seguidos pela criação, em 1965, da conceituação do então chamado porco tipo carne. A crescente perda de espaço da banha para os óleos vegetais também contribuiu para que o suíno fosse visto como um produtor de carne por excelência, o que demandava a implantação de um processo de valorização mais completo do que a simples classificação em suínos tipo carne, misto e banha. Os vários estágios da discussão em torno da tipificação de carcaças de suínos no Brasil pode ser visto no trabalho de Fávero (1989). Em 1982, com o apoio do Ministério da Agricultura, a Cooperativa Central Oeste Catarinense Ltda., fabricante dos produtos AURORA, iniciou um trabalho pioneiro de tipificação, contemplando oito faixas de peso e nove de espessura de toucinho, perfazendo 72 classes de carcaça e índices de bonificação que variavam de 84 a 113, tendo como padrão o índice 100. No início da década de 90 outras indústrias deram início a estudos internos com vistas a implantação da tipificação em suas linhas de abate. Essas últimas, porém, já passaram a usar pistolas eletrônicas, capazes de melhorar a precisão das medidas e não interferir na velocidade da linha de abate. A implantação definitiva da tipificação de carcaças de suínos, em todos os grandes frigoríficos do sul do Brasil, ocorreu em janeiro de 1996. Essa tipificação tem como base o percentual de carne da carcaça, obtido através de uma equação que leva em consideração a espessura de toucinho e a profundidade do lombo, podendo em alguns casos também incluir o peso da carcaça. A valorização ou pagamento das carcaças considera um índice de bonificação derivado do percentual de carne e do peso das mesmas.

## **2 Reflexos da Tipificação**

A tipificação tem como objetivo premiar a qualidade da carcaça, propiciando benefícios diretos ao produtor e à indústria e indiretos ao mercado de carnes e derivados e ao consumidor. Ao produtor interessa a melhor remuneração pelo investimento aplicado na produção de carcaças de superior qualidade; à indústria

o pagamento das carcaças proporcional ao rendimento em carne; ao comércio a disponibilidade de um produto apresentável, padrão, que evite desperdícios de retalhos gordurosos e que pela sua qualidade estimule as vendas; finalmente ao consumidor interessa uma carne ou produto sem excessos de gordura, seguro, nutritivo e saudável.

Os reflexos da tipificação sobre o setor produtivo, o primeiro a ser afetado, podem ser assim caracterizados:

- Gerou um grande estímulo na busca de material genético especializado, com destaque para machos terminais com alta capacidade de produção de carne;
- Provocou melhorias substanciais na nutrição e no manejo alimentar, principalmente em razão das maiores exigências dos genótipos especializados;
- Condiçãoou um maior comprometimento do produtor com a sanidade dos animais, resultando na produção de uma matéria prima mais segura;
- Viabilizou o primeiro passo para a rastreabilidade da matéria prima que possibilitará, num futuro próximo, a adoção de um programa de certificação da carne suína.

A tabela 1 mostra a contribuição decisiva da tipificação de carcaças de suínos para o aumento do percentual de carne das carcaças e por consequência para a produção de uma matéria prima de maior valor industrial.

**Tabela 1** — Evolução do percentual médio de carne nas carcaças de suínos observado nos frigoríficos de Santa Catarina

Ano	Percentagem de carne magra
Década 80*	46,0 - 48,0
1990-95*	49,0 - 50,0
1996	50,0 - 52,5
1997	51,5 - 54,5
1998	52,0 - 56,0
1999	52,5 - 56,5
2000	53,5 - 57,5

\* Não havia tipificação oficial de carcaças.

Parte da amplitude observada em cada ano, na Tabela 1, deve-se aos diferentes pesos médios de carcaça praticados nas distintas indústrias, assim como também as diferentes equações usadas na tipificação.

### 3 Situação Atual

O fato da tipificação ter sido implantada em cada indústria a partir dos resultados de estudos próprios, variam os locais de tomada das medidas de espessura de toucinho

e da profundidade do lombo, bem como o número de medidas e a inclusão ou não do peso da carcaça como preditor. Por consequência, cada indústria utiliza uma equação própria, não havendo uniformidade nos critérios de tipificação. É sabido também que algumas indústrias usam a equação fornecida pelo fabricante da pistola eletrônica que, por ser concebida com base em dados de carcaças coletados no país de origem da pistola, pode gerar erros inconcebíveis na predição de carne. Outro fator fundamental no sistema de tipificação e valorização das carcaças de suínos é o rendimento, o qual determina o valor do quilograma de carcaça a ser pago ao produtor, tendo por base o preço do suíno vivo. Aparentemente não existe uniformidade no percentual de rendimento da carcaça dos suínos entre as indústrias, o que torna o sistema de tipificação ainda mais específico para cada uma delas.

As diferenças hoje observadas nos sistemas de tipificação de carcaças, adotados pelas indústrias, podem ser caracterizadas pelo trabalho desenvolvido por Fávero e Guidoni (1999). Nesse trabalho, uma amostra de suínos de mesma origem, criados e manejados de forma padrão, foram enviados para abate em quatro distintas indústrias, apresentando os dados descritos na Tabela 2.

**Tabela 2** — Médias e desvios-padrão das características dos machos castrados e das fêmeas encaminhadas para abate em quatro distintas indústrias.

Características	Indústrias			
	"A"	"B"	"C"	"D"
Peso vivo (Kg)	108,5 ± 10,8 <sup>a</sup>	107,6 ± 9,4 <sup>a</sup>	107,2 ± 9,2 <sup>a</sup>	107,8 ± 7,3 <sup>a</sup>
Idade (dias)	166,5 ± 14,5 <sup>a</sup>	164,8 ± 11,7 <sup>a</sup>	167,1 ± 11,0 <sup>a</sup>	170,1 ± 11,3 <sup>a</sup>
Peso Carcaça (Kg)	80,7 ± 8,6 <sup>a</sup>	79,7 ± 7,1 <sup>a</sup>	77,9 ± 6,9 <sup>a</sup>	80,1 ± 5,7 <sup>a</sup>
Esp. Toucinho (mm)	16,3 ± 4,1 <sup>a</sup>	16,9 ± 4,0 <sup>a</sup>	17,1 ± 3,5 <sup>a</sup>	16,8 ± 3,2 <sup>a</sup>
Prof. Músculo (mm)	67,0 ± 5,7 <sup>a</sup>	51,6 ± 6,6 <sup>d</sup>	55,3 ± 7,2 <sup>c</sup>	63,6 ± 6,0 <sup>b</sup>
Perc. Carne (%)	59,3 ± 3,1 <sup>a</sup>	54,0 ± 3,2 <sup>c</sup>	56,8 ± 2,7 <sup>b</sup>	58,2 ± 2,2 <sup>a</sup>
Índice Bonificação	113,0 ± 4,1 <sup>ab</sup>	-	111,9 ± 4,9 <sup>b</sup>	115,0 ± 5,3 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma linha representam diferença significativa (P<0,05)

Como pode ser observado na Tabela 2, a espessura de toucinho dos animais enviados para as quatro indústrias não é significativamente diferente. Considerando que a contribuição da espessura de toucinho para a predição do percentual de carne é da ordem de 80%, não há sustentação para diferenças de até 5,3 pontos ou aproximadamente 10% do valor estimado para percentagem de carne. Quanto aos índices de bonificação, a discrepância maior foi observada em relação a indústria "A", com um índice de 113,0% para uma carcaça com 59,3% de carne, em relação a indústria "D" que pagou uma bonificação de 115,0% para uma carcaça de 58,2% de carne, ou seja 2,0% a mais de pagamento para 1,1% a menos de carne na carcaça. Esses dados comprovam, como concluem os autores, que as indústrias estão utilizando distintas equações para predição de carne, provocando, por consequência, bonificações diferentes para animais com as mesmas características. A curto prazo e diante dessa constatação, os produtores deveriam tomar a iniciativa de dialogar com as indústrias frigoríficas, solicitando uma maior transparência no processo de tipificação, exortando-as a divulgar as equações de predição de carne, bem como a tabela ou equação de bonificação das carcaças.



## 4 Normatização da Tipificação de Carcaças

A normatização ou harmonização do processo de tipificação de carcaças visa assegurar uma valorização equitativa das carcaças aos produtores, assim como também contribuir para a transparência do mercado. Entende-se por normatização o estabelecimento de conceitos e normas que orientam um processo. Assim sendo, a normatização da tipificação de carcaças de suínos deve contemplar os seguintes aspectos:

- Base do valor pago ao produtor;
- Conceituação de carcaça;
- Cálculo do peso frio;
- Definição de carne;
- Cálculo do percentual de carne na carcaça;
- Estabelecimento do método de dissecação para obtenção do percentual de carne da carcaça;
- Método de predição de carne na carcaça baseado em medidas objetivas;
- Atendimento de estatísticas mínimas para aprovação do método.

A União Européia (EU), segundo Daumas (2001), estabelece princípios básicos regulamentados para a classificação de carcaças de suínos, os quais devem ser seguidos por todos os países membros. Esses princípios são os seguintes:

- Apresentação padronizada das carcaças (definição de carcaça), que para a UE é o animal depois de sangrado, eviscerado e depilado, sem língua, cascos, rins, gordura pelvica renal e diafragma;
- Utilização de medidas objetivas para predizer a percentagem de carne de referência. Medidas de espessura de toucinho e profundidade de músculo;
- Definição de percentagem de carne. Baseada na dissecação das quatro peças principais da carcaça, ou seja, pernil, lombo, paleta e barriga;
- Estimativa do percentual de carne.  $((\text{peso das quatro peças principais} \times 1,3) / \text{peso da carcaça}) \times 100$ ;
- Classificação das carcaças segundo as letras EUROP mais a classe especial S. Cada letra corresponde ao seguinte intervalo de % de carne: E ( $\geq 55$ ); U (50-54); R (45-49); O (40-44); P ( $< 40$ ) e S ( $\geq 60$ );
- Marcação de cada carcaça com a letra correspondente ao percentual de carne;

Cumpridas essas premissas, cada país determina suas equações de predição de carne, devendo, necessariamente atender a requerimentos estatísticos mínimos, quais sejam: a)- A informação deve estar baseada em uma amostra representativa de pelo menos 120 carcaças dissecadas; b)- A equação deve predizer o percentual de carne com um desvio padrão residual máximo de 2,5%.

Como pode ser visto no exemplo Europeu, o importante é normalizar o objetivo (forma de predição da carne na carcaça) e não os meios (aparelhos e número de medidas) ou a forma de pagamento.

Analisando a situação brasileira observamos que os procedimentos hoje adotados pelos frigoríficos no processo de tipificação, não são transparentes e além disso confundem o produtor na busca de uma melhoria contínua de sua produção (Tabela 2).

O fato das indústrias utilizarem os mesmos equipamentos no processo de tipificação não garantem uma predição de carne equivalente de indústria para indústria, já que os critérios adotados em cada uma delas na definição de carcaça e na dissecação para a obtenção da equação de predição não são padronizados. Diante dessas circunstâncias pode-se concluir que não há uma legitimação do processo em uso, que garanta uma tipificação não tendenciosa seja para o lado da indústria seja para o lado do produtor.

Dessa forma, entendemos que não existem restrições e sim vantagens em atender a solicitação dos produtores que clamam por uma transparência no processo, pois um procedimento padrão, definido com base no conhecimento científico disponível e na experiência vivida por outros países e fundamentado em resultados experimentais, será seguro tanto para a indústria como para o produtor.

Cabe, portanto, uma união de esforços dos produtores e das agroindústrias, capitaneados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) e apoiados pelos organismos de pesquisa, para implantar no Brasil um processo normatizado de tipificação de carcaças de suínos nos moldes da experiência Européia.

## 5 Padronização da Tipificação de Carcaças

Diferentemente da normatização, a padronização ou unificação pressupõe a utilização de uma equação única de tipificação de carcaças em todas as indústrias frigoríficas.

Técnicos e produtores têm discutido a possibilidade de padronizar o processo de tipificação de carcaças, a exemplo do que acontece na França.

Segundo a experiência Francesa, a padronização, presente nas regiões responsáveis pelo abate de 85% da produção do país, visa atender a três objetivos principais:

- Melhorar o equilíbrio entre a oferta e a demanda em toda a dimensão do mercado;
- Facilitar o progresso técnico da produção, com todos os segmentos envolvidos falando a mesma linguagem;
- Facilitar a negociação do sistema de pagamento, tendo como referência a produção de uma matéria prima padronizada.

A princípio, a padronização da tipificação solucionaria os problemas hoje levantados pelos produtores em relação ao tratamento diferenciado da matéria prima em diferentes frigoríficos. Para se chegar a um processo de padronização, no entanto, deve-se partir de um estudo completo, conduzido com a participação dos frigoríficos. Uma amostragem de carcaças de cada indústria, ou das principais representativas da população de inferência, estatisticamente definida, permitirá concluir se existem ou não diferenças significativas que permitam ou impeçam a implantação de um processo padronizado ou unificado, preservando a equidade para cada uma das partes envolvidas. A padronização pode ser estudada nos limites de uma região, de um estado ou mesmo do país.

Entendendo que era importante para a Comunidade Econômica Europeia (CEE) que as carcaças de uma determinada qualidade, comparada em qualquer estado membro, tivessem o mesmo conteúdo de carne, um ensaio foi desenvolvido em 1992, com os seguintes objetivos:

- Estimar os desvios entre os estados membros e se necessário reduzi-los;
- Avaliar o interesse em harmonizar os pontos de medida dos preditores;
- Utilizar um método único de dissecação de referência e definir um método simplificado para substituí-lo;
- Dissecar um mínimo de 120 carcaças por país (40% mais magras, 40% mais gordas e 20% médias).

As conclusões de referido ensaio foram que: a)- A precisão dos métodos autorizados pela CEE atendia os requisitos regulamentares na maioria dos casos; b)- A introdução de uma equação única na CEE provocaria uma notável perda de precisão; c)- A introdução do sexo melhoraria a precisão em vários países; d)- O uso de um método simplificado de dissecação diminuiria consideravelmente o custo, com pouca perda de precisão; e)- O custo dos estudos poderia ser reduzido graças a introdução simultânea de um método de dissecação super simplificado, combinado com uma amostragem dobrada.

Analisando o estudo da CEE podemos perceber que a situação que vivemos no Brasil é muito semelhante àquela vivida pelos países europeus no início da década de 90. Portanto, um estudo semelhante desenvolvido no Brasil, poderia esclarecer as dúvidas que hoje são levantadas, principalmente pelos produtores, em relação a tipificação de carcaças de suínos.

## 6 Conclusões

A curto prazo as reclamações dos produtores em relação a tipificação das carcaças vendidas aos frigoríficos poderiam ser atendidas com uma maior transparência do processo, a partir da divulgação das equações de predição de carne, bem como a tabela ou equação de bonificação das carcaças.

A normatização ou harmonização do processo de tipificação é uma medida urgente, que permitirá a sua legitimação e contribuirá decisivamente para uma

tipificação isenta, sem comprometimentos tendenciosos para os envolvidos. O papel legislador do MAPA é fundamental para a concretização dessa ação.

A pretendida unificação do processo de tipificação só poderá tornar-se uma realidade, se fundamentada em estudo prévio, que garanta adequada precisão na predição de carne em todos os frigoríficos do universo considerado.

Outra questão levantada pelos produtores diz respeito a execução do processo de tipificação, hoje sob a responsabilidade direta da indústria, parte interessada no negócio. A solução para este caso pode ser baseada na experiência Francesa, que possui instituições privadas especializadas na tipificação, com custos pagos pelos produtores.

## 7 Referências Bibliográficas

- DAUMAS, G. Clasificación de las canales porcinas en Francia y en Europa. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado, RS. Anais. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. P. 74-90.
- FÁVERO, J. A. Tendências da tipificação de carcaças e da qualidade da carne suína no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 4., 1989, Itapema, SC. Anais. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1989. p.7-10.
- FÁVERO, J. A.; GUIDONI, A. L. Comparação dos diferentes processos de tipificação de carcaças de suínos adotados pelas indústrias frigoríficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 9., 1999, Belo Horizonte, MG. Anais. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1999. p.503-504.

# TÉCNICAS NÃO-ELETRÔNICAS PARA CLASSIFICAR CARCAÇAS SUÍNAS EM PEQUENOS ABATEDOUROS

G. Daumas

Institut Technique du Porc (ITP)  
BP 3, F-35651 Le Rheu Cedex - France  
Tel: +33-2 99.60.98.43 – Fax: +33-2 99.60.93.55  
e-mail: gerard.daumas@itp.asso.fr

## Resumo

A classificação de carne suína é uma ferramenta útil usada em todo o mundo, especialmente na Europa. A história da classificação é muito longa, mas a introdução de sondas eletrônicas iniciou nos anos 80. No entanto, uma série de pequenos abatedouros não pode ser equipada com estes instrumentos caros. Portanto, há necessidade de métodos simples, baratos e fáceis de usar.

Estes métodos não-eletrônicos correspondem mais ou menos aos primeiros métodos usados no passado para classificar carne suína, como ZP e Intrascópio. Em comparação com as sondas eletrônicas, o Intrascópio e ZP (dois pontos) tem 10 e 15% menos precisão, respectivamente. Os métodos não-eletrônicos são usados em pequenos abatedouros em pelo menos 10 países europeus.

Com o Intrascópio, são medidas uma ou duas espessuras de toucinho e alguns países introduziram o peso de carcaça na equação para prever o teor de tecido magro. O método ZP consiste da medida de uma espessura de toucinho e de uma espessura de músculo na região do lombo, na linha média. Apenas a França acrescentou sexo para diminuir o viés entre machos castrados e fêmeas. Este país projetou uma régua específica para tornar mais fácil a conversão em percentagem de tecido magro.

As técnicas não-eletrônicas também são usadas no caso de falha da sonda eletrônica, mas a velocidade da linha de abate e a necessidade de dados computadorizados são as principais limitações destes métodos.

**Palavras-chave:** suíno, classificação, carcaça, manual, método ZP, Intrascópio.

## 1 Introdução

A classificação da carne suína é usada há muito por muitos países do mundo e especialmente na Europa. É uma ferramenta importante para assegurar o pagamento justo ao produtor, de acordo com a composição de seus animais e também contribui para a transparência do mercado.

Uma série de pesquisas levou primeiro ao uso de régua, depois das sondas ópticas, sondas eletrônicas manuais e, finalmente, robôs. A avaliação visual do tipo (conformação) tem sido amplamente usada, mas reclamações quanto a diferentes interpretações entre países e também entre operadores foram a principal razão que levou à classificação instrumental.

Como as sondas eletrônicas são caras, técnicas de classificação específicas devem ser desenvolvidas para pequenos abatedouros. Em geral, as percentagens nacionais de suínos abatidos em pequenos abatedouros são baixas, mas o número destes abatedouros é alto. Portanto, há necessidade de métodos simples, baratos e fáceis de usar.

Depois de um breve histórico da classificação de suínos, apresentaremos as principais técnicas não-eletrônicas e explicaremos as peculiaridades nacionais de sua implementação em abatedouros. Finalmente, as vantagens e limitações destes métodos serão discutidas.

## 2 Breve histórico da classificação de suínos

Revisões sobre a história da classificação da carne suína podem ser encontradas nos livros de Harrington (1958) e de Kempster et al. (1982). Também foram publicadas muitas informações nos anais dos simpósios da EAAP (1984, 1989) e no relatório técnico da Meat Automation Concerted Action (AFTS, 1999).

Com base em Harrington (1958), apresentamos os seguintes comentários. "Em grande parte dos trabalhos experimentais, e também na classificação comercial, a gordura geralmente é avaliada medindo a espessura do toucinho em várias posições da meia carcaça. Estas medidas certamente estão relacionadas ao teor total de gordura da carcaça, mas, em algumas circunstâncias, podem conduzir a avaliação errônea, pois a distribuição da gordura entre os vários depósitos varia entre animais e pode ser alterada pela genética e pela alimentação. Por outro lado, as espessuras de toucinho estão relacionadas com a "gordura" de alguns dos cortes mais valiosos para o consumidor, e podem, portanto, ser de importância prática. Porém deve-se lembrar que a espessura de toucinho na linha média do animal nem sempre indica adequadamente a quantidade de gordura sobre o lombo e nas laterais do suíno. Embora a espessura de toucinho na linha média seja satisfatória, há um acúmulo de gordura na região dorso-lateral do músculo do lombo".

Segundo Kempster et al. (1982), "a gordura subcutânea representa uma alta proporção da gordura total dissecável da carcaça suína, tem uma distribuição praticamente uniforme sobre a musculatura e é fácil de medir". Esta medida levou a um grande avanço nas técnicas de avaliação de carcaça nos últimos 50 anos.

São usadas várias medições de espessura de toucinho ao longo da linha média dorsal da meia-carcaça em sistemas de classificação. Na maioria dos trabalhos que estudaram a relação entre as medições individuais e o teor de carne magra da carcaça, as medidas tomadas na região lombar, junto ao M. glúteo médio tiveram a melhor correlação.

Kempster e Evans (1979) examinaram a precisão relativa das medições laterais ao longo da carcaça (crânio-caudal). A precisão das medições com a sonda mostraram um padrão regular: a partir da posição mais cranial (4ª e 5ª vértebra cervical), a

precisão aumentou até as posições na região posterior das costelas (3ª e 4ª últimas costelas) e depois diminuiu até as posições mais caudais (5ª e 6ª vértebras lombares). A região das últimas costelas, portanto, parecem ter bom valor preditivo. As medições de espessura de toucinho são geralmente tomadas nesta região depois da sugestão de que a junção do lombo com o tórax é a melhor região para propósitos de predição já que é a parte da carcaça com o desenvolvimento mais tardio.

A adição de uma segunda medição lateral de espessura de toucinho, ou medição de espessura de toucinho na linha média, a uma medição inicial na região das últimas costelas, geralmente fornece pouca melhora na precisão da predição do teor de carne magra da carcaça. Na maioria das populações comerciais de suínos, o erro padrão do resíduo usualmente não baixa de 2,0% de tecido magro na carcaça com as medições convencionais na linha média e lateral. A decisão de usar duas ou mais medições depende muito da eficiência operacional. Se duas ou mais medições podem ser feitas tão facilmente quanto uma, a pequena melhora na eficiência vale a pena.

As medições de espessura de toucinho feitas lateralmente sobre o m. longissimus na região da última costela fornecem a predição mais precisa do teor de tecido magro na carcaça entre as medidas adequadas para uso na classificação comercial. No Reino Unido, assim como em outros países, estas medições são feitas com o uso de sondas ópticas (Intrascópio).

Kempster e Cook (1989) explicaram os importantes avanços que levaram à grade EUROP. No EC Pig Scheme definido pelos seis países membros originais e comum a todos, as classes foram definidas dentro de amplitudes de 10 kg de peso de carcaça em termos de percentagem mínimas de tecido magro. As classes foram determinadas por medições de espessura de toucinho feitas na linha média dorsal da meia-carcaça (EC máx.) e a avaliação visual da conformação (a classificação do tipo). No entanto, isto não foi aceito pela Dinamarca, Irlanda e RU quando entraram para a Comunidade. Havia considerável evidência de pesquisas mostrando que as medições, feitas ao longo do m. longissimus através de sonda, eram melhores preditores de tecido magro do que as espessura de toucinho na linha média (revisão de Kempster, Cuthbertson e Harrington, 1982). Estes três novos membros também rejeitaram as avaliações visuais de conformação, não só por serem subjetivas, mas também porque pouco contribuíam para a predição de tecido magro em suas populações suínas.

No entanto, os resultados do CEC (1979) destacaram o fato de que as relações entre medições de espessura de toucinho e teor de tecido magro na carcaça eram significativamente diferentes entre populações nacionais, especialmente onde haviam grandes diferenças de raças. Os suínos Pietrain belgas (amostrados de abatedouros na Bélgica) tinham aproximadamente 6% mais tecido magro que os suínos britânicos com a mesma espessura de toucinho lateral. Diferenças similares foram encontradas mesmo dentro de populações nacionais (Evans & Kempster, 1979; Bereskin, 1984).

Segundo Walstra (1999), a primeira geração de aparelhos mediu apenas a espessura de toucinho, geralmente fora da linha média. Como a espessura do músculo também contribui para a estimação da percentagem de tecido magro, uma segunda geração de sondas também mede este parâmetro. A classificação instrumental foi descrita nas regulamentações da EU em 1984 e 1985 e tornaram-se obrigatórias para todos os estados membros da EU desde 1989.

### 3 Descrição dos métodos não-eletrônicos

Sack (1983) descreveu alguns métodos não-eletrônicos, em especial o método LSQ, o procedimento ZP e o Endoscópio.

**Sistema LSQ (quociente Lenden-Speck):** o quociente é produzido pela seguinte fórmula a partir das medições determinadas:

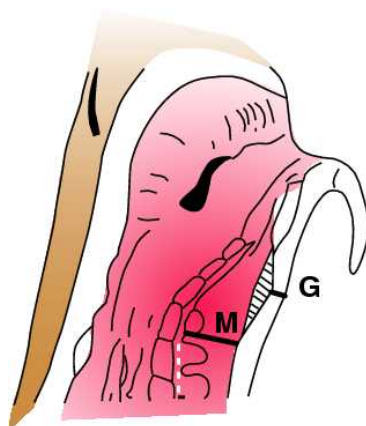
$$\text{Quotient} = (a_1 + a_2)/2b$$

O procedimento foi proposto por Pfeiffer e Falkenberg (1972) e é baseado nas medidas de espessura de toucinho sobre o m. glúteo médio ( $a_1$ ), espessura de toucinho na extremidade posterior do glúteo médio ( $a_2$ ) e espessura de músculo a partir do último ponto do lado dorsal da coluna vertebral ( $b$ ); todas as medidas feitas sobre a meia-carcaça. O quociente  $(a_1 + a_2)/2b$  é usado como estimativa do teor de carne magra. Pode ser ainda desenvolvido para um projeto de medição e ser usado com uma calculadora simples.

Sach e Bach (1984), citados por Walstra (1989), verificaram repetibilidades de 0,94 e 0,97 com uma régua para espessura de toucinho LSQ e 0,85 para espessura de músculo. Os coeficientes de correlação entre os dois operadores foram de 0,92 e 0,83 para medidas de espessura de toucinho e de músculo, respectivamente.

#### **Procedimento ZP (Zwei-Punkt):**

É proposto pelo FRG. O teor de carne magra é calculado a partir das medidas  $a_1$  e  $b$  do procedimento LSQ (chamados G e M, respectivamente, na Figura 1). As medidas podem ser feitas com uma régua simples, mas também instrumentalmente através de uma pistola e/ou paquímetro, cujos dados passam para um terminal e, se necessário, é realizada a conexão com o computador central do abatedouro.



**Figura 1** — Medições do método ZP

O **Endoscópio**, usado em medicina humana há várias décadas, foi desenvolvido na Dinamarca para medir espessuras de tecido por sondagem. O **Intrascópio** foi desenvolvido sobre o princípio do endoscópio e é usado no RU para classificar carcaças suínas. As espessuras laterais de tecido são determinadas por sondagem. A fonte de luz na extremidade da sonda detecta a alteração na reflectância da luz nos limites da gordura e do músculo. A espessura de toucinho pode ser medida de 5 a



50 mm e é visualizada por meio de um sistema de espelhos em um tubo marcado (em mm).

## 4 Implementação nos abatedouros

Três tipos de métodos são usados atualmente na Europa: o método ZP, a sonda ótica e a velha grade EC, incluindo a apreciação visual.

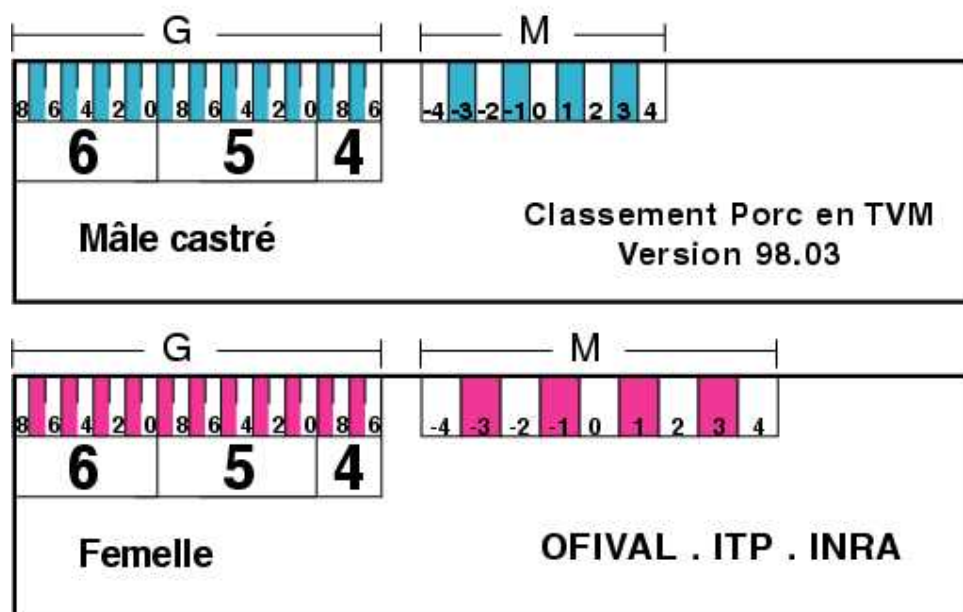
O **método ZP** é hoje usado em três países da EU: Áustria, França e Alemanha, e em pelo menos 3 outros países europeus: Eslovênia, Croácia e República Tcheca.

Na Áustria, este é o único método aprovado. É implementado através de uma régua ou paquímetro. O paquímetro é um método eletrônico. A régua é um cartão plástico com uma tabela com colunas para espessura de toucinho (5-40 mm) e linhas para espessura de músculo (65-85 mm sobre o direto (anverso), 55-64 e 86-95 mm para o verso). Cada cruzamento dá a proporção de carne magra, estimada a partir da fórmula autorizada, arredondada para unidade. A fórmula mudou desde 01/01/98.

Na Eslovênia, o método ZP também é o único método aprovado, mas apenas dois abatedouros com menos de 200 suínos por semana implementaram este método. A maioria dos abatedouros retira o couro, o que é incompatível com o método ZP.

Na Alemanha, o método ZP é o único autorizado para abatedouros de até 200 suínos por semana. Os com menos de 75 suínos por semana não precisam relatar às autoridades, e, portanto, não precisam fazer classificação segundo o teor de carne magra. A maioria destes pequenos abatedouros usa um paquímetro, já que torna o cálculo do teor de carne magra mais fácil. O paquímetro é equipado com um transdutor eletrônico e uma interface com um computador ou calculadora que podem ser programados para calcular o teor de carne magra a partir dos dados recebido (gordura e músculo).

Na França, há vários abatedouros pequenos que não podem ser equipados com sonda eletrônica. Assim, ao longo do tempo, foram desenvolvidas diferentes régua. Antes da introdução das sondas eletrônicas em 1986, uma régua combinando espessura de toucinho e classes de peso era usada para controle. Depois, foi desenvolvida uma régua combinando espessura de toucinho e apreciação visual da conformação (AA, A, B, C) em classes EUROP (Pommeret et al., 1984). Mas, quando as novas regulamentações da EU proibiram os critérios visuais a partir de 1º de janeiro de 1989, esta regra foi a solução temporária. Assim, o método ZP foi usado e diferentes equações foram avaliadas, a última em 1998 (Daumas et al., 1998). Esta introduziu sexo como terceira variável. Para tornar o uso destas equações mais fácil, uma régua foi desenvolvida (Figura 2). Um lado é para fêmeas e o outro para machos castrados. O classificador precisa primeiro identificar o sexo da carcaça e escolher o lado adequado da régua. Então, mede a espessura de toucinho e lê diretamente a correspondência em teor de carne magra. Depois, mede a espessura de músculo e lê diretamente a correspondência em desvio (da média) em teor de carne magra. Finalmente, ele deve somar (ou diminuir) esta variação ao valor do teor de carne magra. O resultado pode ser marcado sobre a carcaça ou no papel sem ajuda de tabelas, gráficos ou calculadoras portáteis. Este sistema é muito simples de usar e é muito apreciado pelos classificadores dos pequenos abatedouros franceses.



**Figura 2** — Regra para implementação do método ZP (direto(anverso) para machos castrados e verso para fêmeas)

O **Intrascópio** está atualmente autorizado em 5 países membros da EU: Reino Unido, Irlanda, Finlândia, Suécia e Portugal. Também foi autorizado na Itália entre 1999 e 2000 e na Irlanda entre 1987 e 1999, mas devido à falta de uso, a autorização foi retirada. No entanto, o Intrascópio ainda pode ser usado em alguns pequenos abatedouros irlandeses.

Na Finlândia, o Intrascópio é usado em pequenos abatedouros, e na Suécia, nos com menos de 2000 suínos por ano.

O **Intrascópio** é o principal método de classificação usado na Grã-Bretanha. Talvez ele é usado em alguns pequenos abatedouros.

Em vários abatedouros belgas e na indústria da carne suína deste país, ainda se usa uma **classificação visual subjetiva**, baseada em espessura de toucinho sobre o lombo do suíno e a conformação da carcaça (especialmente do pernil). Em pequenos abatedouros de suínos, é a única técnica de classificação. Este esquema de classificação já está sendo usado há mais de 20 anos e existem ao redor de 10 classes (EE, E, AA, 1A, 1B, 1A, 2B, 3A, 1C e IV). Na verdade, isto é um refinamento das antigas 4 classes européias (EAA, I, II e III). Em alguns abatedouros, estas 10 classes são substituídas por um código numérico de 1 a 15 ou de 1 a 18 (maior refinamento).

Na Espanha, alguns pequenos abatedouros classificam de acordo com a apreciação visual da espessura de toucinho e da conformação, além do peso de carcaça.

Alguns pequenos abatedouros dinamarqueses e holandeses, que não estão obrigados a classificar, usam sondas eletrônicas, HGP na Holanda e FOM ou Uniform na Dinamarca.

Os pequenos abatedouros italianos não classificam carcaças.

Em Quebec, os abatedouros com menos de 1000 suínos por semana não são obrigados a classificar e, portanto, provavelmente não o fazem.

## 5 Discussão

### 5.1 Custos e facilidade de uso

Segundo Walstra (1989), a escolha de um instrumento não precisa ser baseada na precisão da medida, embora isto seja muito importante. Outros fatores como confiabilidade, facilidade de uso, número de medições repetidas, facilidade para conectar com computadores, eficiência operacional, durabilidade e custos podem ser mais decisivos.

De fato, na Suécia (Hansson e Andersson, 1984), achou-se o Intrascópio sensível demais para as variações nas práticas de manuseio (alta variação entre operadores).

Como os sistemas mais simples tomam muito mais tempo, não podem ser usados nos grandes abatedouros modernos. No entanto, podem ser úteis em menores velocidades de linha e em abatedouros pequenos.

### 5.2 Precisão

Alguns autores discutiram a escolha de critérios estatísticos para avaliar a precisão dos métodos de classificação de carne suína. Daumas e Dhorne (1992) dividiram os critérios em gerais e os ligados à predição. Embora o objetivo dos métodos de classificação seja a predição, a maioria dos autores dá apenas critérios gerais, como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvio padrão do resíduo (DPR). Estes dois critérios eram parte da velha regulamentação nº3127/58 da EU. Um grupo de estatísticos ligados ao Pigmear Management Committee da EC concordou em suprimir o  $R^2$  (Cook et al., 1990). Isto foi feito na regulamentação 3127/94, assim como a substituição do DPR pela quadrado médio do erro (QME). O QME é igual à raiz quadrada da diferença esperada entre as percentagens observada e predita de carne magra. Quando a equação é calculada pelos quadrados mínimos ordinários, o QME é igual ao DPR. Em outros casos, o QME também leva em conta o viés. Segundo a regulamentação da EU, o QME deve ser menor que 2,5 para autorizar um novo método de classificação. Discussões sobre a precisão das fórmulas podem ser encontradas no projeto europeu de pesquisa chamado EUPIGCLASS ([www.eupigclass.org](http://www.eupigclass.org)) sobre a padronização da classificação de carcaças suínas na EU através de melhores procedimentos estatísticos e novos desenvolvimentos tecnológicos. Hojsgaard (2001), um dos sócios, propôs a introdução do Erro Quadrado Médio de Predição (EQMP).

A LSQ tem um coeficiente de correlação para os cortes de primeira de -0,89 (Pfeiffer e Falkenberg, 1972). Küchenmeister e Ender (1985) ainda encontraram as correlações mais altas (-0,77) com LSQ em comparação com outras combinações, embora o SFQ também chegasse a -0,76. A introdução de termos quadráticos não melhora muito as equações.

No anos 80, foram feitos vários experimentos na Europa, comparando os métodos mais simples de classificação com algumas das novas sondas eletrônicas. Deixando de lado instrumentos que desapareceram do mercado (como KSA, FDI, SKG), podemos mencionar as conclusões de alguns experimentos. Segundo Kempster et al. (1985), FOM foi apenas levemente melhor que o Intrascópio, enquanto que HGP foi mal classificado. Além disso, há evidências de interações entre as medições por

sonda e os abatedouros. Foram encontradas poucas diferenças entre Intrascópio, sonda Ulster, FOM e HGP em um experimento irlandês (Allen, 1986).

Revisões recentes foram feitas por Daumas e Dhorne (1998) e Daumas (2001). Desta revisão, pode-se concluir que o QME é:

- entre 2,4 e 2,5 para o método ZP
- entre 2,3 e 2,5 para o Intrascópio,
- geralmente entre 2,0 e 2,4 para as sondas eletrônicas manuais,
- entre 1,6 e 2,0 para as sondas eletrônicas manuais.

As Tabelas 1 e 2 relatam a precisão de métodos autorizados atuais e antigos usando, respectivamente, ZP e Intrascópio. Como a precisão do método ZP é baixa, alguns países introduziram termos quadráticos ou transformações para satisfazer a exigência da EU de um DPE < 2,5. Isto não permite reduzir o erro significativamente. Em 1994, Daumas et al. encontraram um DPE menor para machos do que para fêmeas (resp. 2,0 e 2,5), que também ocorreu com a sonda eletrônica CGM. Porém isto não mais ocorreu em 1998, quando Daumas et al relataram 2,5 para ambos os sexos. Entretanto, as equações foram significativamente diferentes para fêmeas e castrados. Branscheid et al. (1997) também encontraram viés entre estes sexos. Os autores também relatam viés entre raças. Com a nova fórmula do ZP, o viés máximo foi 1,6 entre BHZP e PixDL.

Com o Intrascópio (Tabela 2), a Irlanda do Norte relatou um DPE menor que 2,0, provavelmente devido a uma maior homogeneidade.

**Tabela 1** — Precisão dos métodos autorizados no presente e no passado de ZP

País	DPE	R <sup>2</sup>	Medidas	Fonte
Áustria	2.38		F, M	Willam, 1997
Áustria	2.47-2.50	0.86	F, M, F <sup>2</sup> , M <sup>2</sup>	Willam & Haiger, 1990
Eslovênia	2.43	0.77	F/M, log F, $\sqrt{F}$ , $\sqrt{M}$ , W	Kovac et al, 1995
França: fêmeas	2.45		F, M	Daumas et al, 1998
França: castrados	2.49		F, M	Daumas et al, 1998
França	2.34	0.81	F, M	Daumas & Dhorne, 1994
França: fêmeas	1.97		F, M	Daumas et al, 1994
França: castrados	2.48		F, M	Daumas et al, 1994
Alemanha	2.52		F/M, log F, $\sqrt{F}$ , $\sqrt{M}$	Branscheid et al, 1997
Alemanha	2.45	0.74	F, M	Branscheid & Sack, 1988

### 5.3 Controle

A menor precisão dos métodos não-eletrônicos não nos impede de usa-los para controlar os instrumentos eletrônicos. A idéia é verificar se o instrumento de classificação usado por um certo abatedouro e por um certo operador não está tendencioso. Como o controle na linha de abate geralmente é difícil por causa da velocidade, falta de espaço e medições repetidas corretas são impossíveis com

**Tabela 2** — Precisão dos métodos autorizados no presente e no passado usando Intrascópio

País	DPE	R <sup>2</sup>	Medidas	Fonte
Irlanda do Norte	1.82	0.74	F34, FLR, W	Ministry of Agric. of North Ireland, 1998
Irlanda do Norte	1.92	0.70	FLR, W	Ministry of Agric. of North Ireland, 1998
Irlanda	2.31		F34, F, (F34) <sup>2</sup>	Department of Agric. of Ireland, 1993
Irlanda	2.07	0.67	F34, F, (F34) <sup>2</sup>	Department of Agric. of Ireland, 1987
Grã-Bretanha	2.44	0.76	FLR, W	
Suécia	2.47		FLR	Hansson, 1997.
Finlândia	2.46	0.74	F34	Finnish Ministry, 1996
Portugal	2.38	0.84	F34VL, W	Portuguese Ministry, 1992
Itália: leves	2.38	0.70	F34, F, ((F34 + F)/2) <sup>2</sup>	Italian Ministry of Agric., 1988
Itália: pesados	2.45	0.75	F34, F, ((F34 + F)/2) <sup>2</sup>	Italian Ministry of Agric., 1988

sondas invasivas, os métodos não-eletrônicos são uma boa alternativa. Por exemplo, Daumas (2001) avaliou a fórmula ZP em carcaças frias para suínos franceses. A OFIVAL testou com sucesso este método em lotes em salas de resfriamento.

## 6 Conclusão

Técnicas não-eletrônicas foram as primeiras usadas para classificar suínos. Primeiro, foram desenvolvidas régua para medir espessura de toucinho na linha média. Quando as pesquisas demonstraram que a espessura de toucinho fora da linha média eram melhores estimativas do teor de carne magra, o intrascópio (sonda óptica) foi desenvolvido. Estas técnicas ainda são usadas hoje, mas apenas em pequenos abatedouros que não podem amortizar o custo das sondas eletrônicas.

Geralmente, estes métodos menos precisos só são autorizados quando o abate é abaixo de certo nível, em geral, de 200 suínos por semana. O Intrascópio está autorizado em 5 países da EU e provavelmente é usado no Reino Unido, Suécia e Finlândia, sendo que só em abatedouros pequenos nestes dois últimos países. O método de dois pontos (chamado ZP) está autorizado e é usado em menos de 6 países europeus, sendo três membros da EU: Áustria, França e Alemanha. Na Áustria e na Eslovênia é o único método autorizado. Na França e na Alemanha é usado apenas em pequenos abatedouros. As empresas alemãs desenvolveram uma versão eletrônica do método ZP, enquanto que a França preferiu desenvolver sua própria régua. Esta régua também incorpora sexo como variável adicional à espessura de toucinho e de músculo e torna fácil a conversão em teor de carne magra.

Outros métodos incluem a apreciação visual da conformação. Como as características subjetivas foram proibidas na EU desde 1º de janeiro de 1989, apenas alguns abatedouros pequenos ainda usam estas técnicas.

Os erros (expressos como QME) do Intrascópio e do método ZP são, respectivamente, 10 e 15% maiores do que os das sondas eletrônicas. Todos estes métodos sofrem vieses entre sexos e entre raças. Apenas a França retirou o viés entre sexos usando fórmulas separadas para fêmeas e castrados.

Medições pelo método ZP são mais sensíveis do que as medições fora da linha média pela qualidade da separação da carcaça. O efeito do operador também é mais

importante porque não é um local anatômico fixo, mas sim uma espessura máxima e mínima que devem ser buscadas, o que pode ser difícil quando o lombo não é chato ou quando o contorno do músculo glúteo médio não é bem definido, por exemplo.

No entanto, como estes métodos são baratos e, ao mesmo tempo, objetivos, ainda são interessantes. Seu uso é limitado pela velocidade da linha de abate e pela necessidade de manejar dados usando computadores. As técnicas não-eletrônicas também podem ser usadas no caso de falha das sondas eletrônicas se a velocidade da linha não for muito alta.

Outro uso interessante é para o controle da classificação. Por causa da velocidade da linha, e como as sondas eletrônicas são invasivas, é difícil verificar os dados de classificação. A França desenvolveu um método específico com sucesso, baseado em uma fórmula ZP desenvolvida em carcaças frias. As medidas em um lote em salas de resfriamento permitem estimar o viés médio do método controlado de classificação.

## 7 Agradecimentos

Trabalhos realizados com a bolsa de ajuda ao desenvolvimento tecnológico da OFIVAL.

## 8 Referências Bibliográficas

- AFTS, 1999. Grading & Classification. Technical report from Meat Automation Concerted Action (MACA), European Commission FAIR-CT-97-1998. AFTS, England, 67 pp.
- ALLEN, P., 1986. Pig carcass grading. A new scheme and automatic equipment. *Farm and Fd Res.*, 17, 119-121.
- BERESKIN, B., 1984. Comparing prediction equations to estimate lean cut in swine. *Journal of Animal Science*, 59, 1270-1280.
- BRANSCHIED, W., SACK, E., 1988. Comparison of objective grading devices among extremely different breeds. *Pig News and Information*, 9 (2), 129-135.
- BRANSCHIED, W., DOBROWOLSKI, A., HÖRETH, R., 1997. Neue Schätzformel und ein neues Gerät. *Top Agrar* 3/97, 8-11.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1979. Development of uniform methods of pig carcass classification in EC. Information on Agriculture Series N°70, Brussels - Luxembourg, CEC.
- COOK, G.L., DHORNE, T., ENGEL B., 1990. Propositions de modification des critères statistiques utilisés pour l'homologation des modèles de prédiction du taux de muscle. EC internal document.
- DAUMAS G., 2001a. Clasificación de las canales porcinas en Francia y en Europa. *Anais del 9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura*, 25 a 27 de abril de 2001, Gramado, RS (Brasil), 74-90.
- DAUMAS G., 2001b. Contrôle du classement. In: *Compte rendu annuel d'activité sur les méthodes de classement des porcs dans le cadre de la convention de partenariat entre l'OFIVAL et l'ITP pour 2000*. 12-14.

- DAUMAS, G., CAUSEUR, D., DHORNE, T., SCHOLLHAMMER, E., 1998. The new pig carcass grading methods in France. Proc. of 44th ICoMST, Barcelona, 948-949.
- DAUMAS, G., DHORNE, T., 1992. Problèmes statistiques posés par l'harmonisation des méthodes de classement des carcasses de porc dans la C.E.E.. Journées Rech. Porcine en France, 24, 47-54.
- DAUMAS, G., DHORNE, T., 1994. Nouvelles équations françaises du taux de muscle des carcasses de porc. Journées Rech. Porcine en France, 26, 151-156.
- DAUMAS, G., DHORNE, T., GISPERT, M., 1994. Accounting for the sex effect on prediction of pig carcass lean meat percentage in the Community. Proc. of 40th ICoMST, The Hague, S-III.11.
- THE DEPARTMENT OF AGRICULTURE OF IRELAND, 1987. Results of tests on the classification of pig carcasses with a view to the authorization in Ireland of grading methods pursuant to Article 5(1) of Regulation (EEC) N°3220/84. EC Working Document VI/525/87-EN.
- THE DEPARTMENT OF AGRICULTURE OF IRELAND 1993. Request for an amendment to Commission Decision (87/293/EEC) authorising methods of grading pig carcasses in Ireland. EC Working Document VI/4935/93.
- EAAP, 1984. Carcass evaluation in beef and pork: opportunities and constraints. Satellite Symposium EAAP, The Hague, Ed. Research Institute for Animal Production, Zeist, 82 pp.
- EAAP, 1989. New techniques in pig carcass evaluation. Proceedings of the EAAP Symposium of the Commission on Pig Production, Helsinki, Finlande, 1 July 1988. EAAP publication n°41., 105 pp.
- EVANS, D. G., KEMPSTER, A. J., 1979. A comparison of different predictors of the lean content of pig carcasses. 2. For use in population studies and experiments. Anim. Prod., 28, 97-108.
- FINNISH MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY, 1996. Application for authorising methods of grading pig carcasses in Finland by way of part 2 of the protocol provided for in annex II of regulation (EEC) N°2967/85. EC Workind Document VI/2941/96 rev.1.
- HANSSON, 1997. Application for approval of methods for grading of pig carcasses in Sweden. EC Working Document VI/3047/97.
- HANSSON, I., ANDERSSON, K., 1984. Pig carcass assessment in grading and breeding. Proc. 30th Europ. Mtg Meat Res. Workers, Bristol, p. 31-32.
- HARRINGTON, G., 1958. Pig carcass evaluation. Tech. Commun. Bur. Anim. Breed. Genet., Edinburgh, N°12.
- HOJSGAARD, S., 2001. A note on MSPE in connection with classification of pig carcasses. EUPIGCLASS progress report, Annex 4, 6 pp.
- ITALIAN MINISTRY OF AGRICULTURE AND FOREST, 1988. Résultats des essais de trois méthodes de classement des carcasses de porc, en vue de l'autorisation pour leur application en Italie, conformément à l'article 5 paragraphe 1 du règlement (CEE) n°3220/84. Document de travail (CE) VI/4821/88-FR.
- KEMPSTER, A. J., COOK G. L., 1989. Errors in carcass lean prediction with special reference to the EC grading scheme. In: New techniques in pig carcass evaluation. Proceedings of the EAAP-Symposium of the Commission on Pig Production, Helsinki, Finland, 1 July 1988. EAAP publication n°41, 28-36.

- KEMPSTER, A. J., CUTHBERTSON, A., HARRINGTON, G., 1982. Carcase Evaluation in Livestock Breeding, Production and Marketing. St. Albans ; Granada Publishing.
- KOVAC, M., ZGUR, S., TAVCAR, J., SEGULA, B., 1995. Comparison of equations for carcass grading in swine. In: 3rd Int. Symp. „Animal Science Days", Bled, Slovenia, Sept. 26-29, 1995, Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljubl., Kmet. Supl., 22, 143-148.
- KÜCHENMEISTER, U., ENDER, K., 1985. Untersuchungen von Messstellen und Entwicklungen von Messgeräten zur Bewertung von Schweineschlachtkörpern. Tierzucht, 39, 91-94.
- NORTH IRISH MINISTRY OF AGRICULTURE, 1988. Résultats des essais de deux méthodes de classement des carcasses de porc, en vue de l'autorisation pour leur application en Irlande du Nord, conformément à l'article 5, paragraphe 1, du règlement (CEE) n°3220/84. Document de travail (CE) VI/1631/88-FR.
- PFEIFFER, H., FALKENBERG, H., 1972. Masse am Lendenspiegel zur objektiven Ermittlung der Schlachtkörperzusammensetzung beim Schwein. Tierzucht, 26, 466-467.
- POMMERET, P., ZERT, P., NAVEAU, J., MELANI, C., 1984. Grille de classement de porcs basée sur l'estimation du type et de la mesure de l'épaisseur minimum de lard sur la fente au rein. Journées Rech. Porcine en France, 16, 27-36.
- PORTUGUESE MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD, IROMA, 1992. Results of tests on the grading of pig carcasses with a view to the authorization of grading methods in accordance with Article 5(1) of Regulation (EEC) N°3320/84: Fat-O-Meater, HGP, Intrascoper. EC Working Document VI/2356/92.
- SACK, E., 1983. Using instruments to grade pork sides. Fleischwirtsch. 63 (3), 372-379.
- SACK, E., BACH, H., 1984. Zur Wiederholbarkeit von LSQ-Messungen an Schweinehälften. Mitteilungsblatt BAFF N°83, 5753-5756.
- WALSTRA, P., 1989. Automated grading probes for pigs currently in use in Europe, their accuracy, costs and ease of use. In: New techniques in pig carcass evaluation. Proceedings of the EAAP-Symposium of the Commission on Pig Production, Helsinki, Finland, 1 July 1988. EAAP publication n°41, 16-27.
- WALSTRA, P., 1999. Pork: Development in classification systems and the need for automation. In: Grading & Classification. Technical report from Meat Automation Concerted Action (MACA), European Commission FAIR-CT-97-1998. AFTS, England, 8-12.
- WILLAM, A., 1997. Antrag auf Änderung der Schätzformel für das „Zwei-Punkte-Messverfahren (ZP)" zur Klassifizierung von Schweineschlachtkörpern in Österreich. EC Working Document VI/2981/97-DE.
- WILLAM, A., HAIGER, A., 1990. Objektive Ermittlung des Muskelfleischanteiles von Schweinehälften in Österreich. Die Bodenkultur, 41 (3), 263-272.



# RASTREABILIDADE E CERTIFICAÇÃO NA CADEIA DE PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA NA FRANÇA

Stéphanie de Montzey

Institut Technique du Porc (ITP)  
La Motte au Vicomte - BP35104  
35651 LE RHEU Cedex - France

Tél: 02.99.60.98.45 - Fax: 02.99.60.93.55

e-mail: stephanie.de-montzey@itp.asso.fr

## Resumo

Em relação aos alimentos, a segurança é uma das características mais importantes para determinar a escolha do produto. Os consumidores desejam transparência de condições e de métodos de produção. Eles estão interessados na área onde os animais são criados, na sua alimentação, no sistema de criação, em informações no rótulo, nas qualidades organolépticas e nos programas de qualidade.

A rastreabilidade é parte da qualidade total e é a base de todos os programas de certificação (Label Rouge, Agricultura Orgânica, Certification De Conformité Produit, VPF).

O produtor é o primeiro envolvido na rastreabilidade e isto depende de uma boa identificação dos animais (leitões e porcos). Assim toda a cadeia suína deve manter documentos que comprovam que a rastreabilidade é aplicada e deve fazer com que todos os envolvidos na cadeia se preocupem com isso.

**Palavras-chave:** suíno, carne suína, legislação, rastreabilidade, qualidade, certificação.

## 1 Introdução

Por causa do que aconteceu na indústria de carne na Europa (BSE, dioxina, etc.), é necessário implementar rastreabilidade em respostas aos desejos do consumidor. É uma ferramenta essencial da segurança alimentar a fim de assegurar a qualidade dos produtos. A rastreabilidade é um dos elementos que contribui para a qualidade dos produtos e para a qualidade tecnológica, bacteriológica e organoléptica.

Os consumidores e as redes de distribuição querem obter garantias de três pontos importantes:

- De onde vem o produto?
- Quem é o produtor?
- Como este produto é feito?

De fato, embora a rastreabilidade possa certificar a origem dos animais, a coisa mais importante é garantir que boas práticas foram implementadas na granja, na alimentação animal e no processamento. Por isso, a rastreabilidade é sempre um dos pontos mais importantes das diretrizes de qualidade que embasam a certificação.

## 2 Legislação sobre certificação

Como regra geral, nenhum suíno pode ser transportado de um sítio para outro sem estar corretamente identificado. Cada granja é oficialmente identificada através de dois números próprios:

- Um deles (10 caracteres) identifica a localização geográfica: FR (França), o lugar a França através do departamento (que é uma subdivisão administrativa do território nacional) e o número do município dentro do departamento. Estes números são seguidos pelo número da granja dentro do município. Por exemplo: FR22.254.001.
- O segundo tem 7 caracteres: FR (França), o número do departamento e um número combinando letras e números para o número da granja no departamento. Este segundo número é o que é escrito na tatuagem ou no brinco. Por exemplo:FR22TVA.
- Um instituto é designado para fazer a numeração oficial e a atualização da base de dados (EDE - Etalissement Départemental de l'Élevage). O EDE tem um escritório em cada departamento.

Todos os leitões que devem ser movimentados devem ser identificados antes de deixar a maternidade através de tatuagem ou brinco com o número da granja (local de nascimento - regulamento de 29/06/1993 e de 06/07/1990).

Se os animais são movimentados duas vezes antes de chegar á granja de terminação, os números das duas granjas devem estar indicados na orelha (tatuagem ou brinco) se ficarem mais de 10 dias em um destes lugares.

Quanto à identificação de animais de abate, todos os suínos que deixam a granja para o abatedouro devem ter o número da granja de onde saíram (regulamento 28/11/1980). Este número é colocado sobre a paleta (método de tatuagem - carimbo).

A legislação da identificação é aplicada desta forma até agora. Há quatro anos, o Ministério da Agricultura começou uma reforma na identificação de suínos. Uma equipe do OFIVAL (Conselho nacional de carnes, pecuária e avicultura), incluindo técnicos de granjas, de abatedouros (FNP, FNCVB, APCA) e funcionários do governo está tomando parte desta equipe. A legislação europeia e as novas exigências de rastreabilidade requerem uma nova legislação na França.

Primeiro, a regulamentação de 5 de junho de 2000 especifica o conteúdo do livro de registros. Este livro é mantido nas granjas e registra todos os movimentos de animais, incluindo os números da granja, o número de suínos e a data da entrega. Também é um documento no qual os produtores devem registrar outras informações, relacionadas à alimentação e à saúde (nome da medicação, data do início e do fim do tratamento, o número e o local dos animais tratados, etc.). para cumprir com as exigências da certificação, os produtores também devem registrar eventos especiais, como incidentes individuais ou intervenções que ocorram nos estágios de desmame, crescimento e terminação. No caso de doenças ou tratamentos durante o último mês de terminação, os animais correspondentes são marcados com uma tatuagem especial (6X) e um brinco. O número do brinco é registrado no livro. Assim, estes animais podem ser reconhecidos na entrega no abatedouro.

Em seguida, a decisão europeia, de 23 de outubro de 2000, especifica o estabelecimento de uma base nacional de dados de movimentos de suínos a partir de 31/12/2001 para movimentos a partir do local de nascimento e de 31/12/2002 para movimentos de todas as granjas.

Para cumprir com estes requerimentos, o ministério da agricultura está elaborando um decreto para a identificação de suínos. Este decreto vai especificar a nova identificação como;

- Todos os leitões devem ser identificados ao desmame; tatuagem na orelha para leitões que devem ser movimentados várias vezes antes do abate (Figura 1); tatuagem na paleta para os nascidos e terminados no mesmo local.
- Todos os leitões devem ser identificados no início do estágio de crescimento/terminação com um carimbo na paleta (Figura 2).
- Os brincos serão reservados para rebanhos pós-desmame (Figura 3); o número da granja de desmame é tatuado na orelha e o da granja de crescimento/terminação na paleta.
- A criação de uma base nacional de dados para movimentação de suínos. Esta base de dados registrará os dados das granjas, movimentos de suínos entre diferentes locais e o estado sanitário.

Esta base de dados já existe na Bretanha (oeste da França). O "Infoporc" dá todas as informações sobre o movimento de leitões para toda a região. Envolve organizações profissionais e os serviços veterinários oficiais. Este sistema de informação também pode receber movimentação de matrizes descartadas e cachaços, tratados por lotes, e os movimentos de suínos para o abate (informações disponíveis na UNIPORC e outros - escritório de pesagem e classificação).

Na França, o sistema de criação de suínos mais popular é o de ciclo completo. Neste sistema, os suínos são criados no mesmo lugar até o abate. Ao redor de 70% dos suínos abatidos na França provêm de rebanhos de ciclo completo. Assim, para 70% dos suínos abatidos, haverá apenas um número de granja carimbado na paleta no desmame.

### **3 Documentos de rastreabilidade**

Todos os documentos envolvidos na rastreabilidade da criação de suínos devem estar reunidos no livro de registro (regulamento 05/06/2000).

- Um documento oficial de acompanhamento segue os leitões que deixam a maternidade. Menciona os número de identificação do rebanho de origem, o nome e o endereço da granja de origem, o número de leitões envolvidos e a data do movimento.
- Um acompanhamento oficial do suíno que sai da terminação. Este documento contém:
  - Nome, endereço e número de identificação do proprietário;

- Nome, endereço e número de identificação do suíno se estes forem diferentes do número do proprietário;
- Data e hora da última refeição;
- Data e hora da partida do veículo;
- Número de animais transportados;
- Número de animais com tatuagem 6X;
- Assinatura do produtor e do motorista.

## 4 Rastreabilidade no abatedouro

A tatuagem carimbada na paleta é observada sistematicamente e a qualidade da identificação feita na granja é avaliada (há multas no caso de marcas mal-feitas). Atualmente, na Bretanha, há um bônus de 0,02 euros por boa identificação. De fato, a chave para uma boa identificação é, em primeiro lugar, impregnar bem os caracteres dos tatuadores com tinta antes de tatuar cada animal.

Depois, é dado um número individual de abate para cada carcaça, na linha de abate, antes de dividir a carcaça em duas. Em termos de rastreabilidade, este estágio é muito importante porque aqui se estabelece a correspondência entre a granja e o número de abate, registrando estes dois números no estágio de pesagem e classificação. Nem todos os abatedouros têm o mesmo código de numeração de abate.

Na realidade, isto pode ser feito semanal ou diariamente, e, neste caso, não se consegue diferenciar um número de abate semanal de um diário se não for precedido por um código do dia (letra ou número). Devido a isto, as empresas estão tendendo à padronização segundo uma regra comum (AFNOR padrão NF V46-011). O número de abate é estruturado da seguinte forma: dia do ano (1 a 365) e a ordem de abate do animal no dia (1 a n). Por exemplo, 264-0596 para o suíno 596 abatido no dia 264 (21/09/2001). Este número-padrão é único no ano. Assim, os clientes podem saber imediatamente a data de abate dos animais que receberam.

O número de abate geralmente é colocado sobre o pernil em ambos os lados. O objetivo deste novo número-padrão de abate é coloca-lo nas principais partes da meia carcaça: pernil, paleta, lombo e barriga.

Depois da inspeção veterinária post-mortem, o carimbo oficial é colocado nas partes principais da carcaça. Este indica as referências da EU do abatedouro. No final da linha de abate é impresso um boletim pelo escritório de pesagem e classificação. Fornece o número da granja, número de abate, peso da carcaça, rendimento de carne magra e o resultado da inspeção veterinária.

No final do processo de abate são feitos lotes de carcaça de acordo com as exigências do varejista. Pode-se usar diversas características de carcaça, como: conformação, peso, rendimento de carne magra, defeitos visíveis, etc.

Segundo os lotes homogêneos desejados, os abatedouros podem formar de 2 a 15-20 tipos de grupos, incluindo várias granjas de origem.

## 5 Rastreabilidade no estágio de cortes

Lotes de produtos são definidos e os números de abate das carcaças, de acordo com a origem dos lotes, são registrados. Um número codificado de lote é indicado na embalagem. Para garantir boa rastreabilidade, a produção por lotes requer partes individualizadas para evitar sobreposição.

É claro que no caso de vários lotes grandes de produtos finais processados de um grande número de carcaças homogêneas ou partes de carcaça, será obtida uma lista de granjas, e não apenas uma granja. É o caso da fabricação de embutidos, por exemplo. Mas uma produção por lotes permite que cada planta especifique o tamanho do lote que deseja. Podem decidir-se por "um lote, uma granja". De fato, quando os lotes são pequenos, os riscos são menores, mas, o controle de produção é mais difícil.

Entretanto, em todos os casos, se solicitado, o computador pode facilmente verificar a granja, ou granjas, envolvida(s) no lote, primeiro através do número do lote e depois pelo número de abate dos animais do lote.

## 6 Programas de certificação de carne suína na França

Na França, a produção de suínos está dividida em diferentes segmentos de qualidade. A figura 4 apresenta a percentagem de carne suína em cada segmento.

Todos estes programas são voluntários em relação às regras mínimas definidas em padrão nacional, notificação técnica ou especificações. As especificações são aprovadas por um órgão oficial (Comissão Nacional de Rótulos e Certificação) e os controles seguintes são feitos por um órgão independente.

O "Label Rouge" indica carne com alto nível de qualidade. Representa menos de 2% da produção nacional de carne suína.

A "Certification de Conformité" certifica que a carne suína está de acordo com características específicas. As características certificadas estão indicadas na embalagem para informação do consumidor. O padrão ANFOR estabelece regras mínimas, que as granjas, o abatedouro e o processador devem seguir. Dizem respeito à genética, alimentação, práticas sanitárias, rastreabilidade, processo de abate, etc. Este programa é muito usado no abatedouro porque é uma garantia de que o método é aplicado com seriedade e também para a rede de distribuição. Em 1999, o CCP representou 15% da produção de carne suína.

O rótulo Orgânico representa menos de 0,1% da produção nacional, mas está crescendo muito; a venda desta carne triplicou nos últimos dois anos.

Ao mesmo tempo, o programa nacional VPF (Carne Suína Francesa) é aplicado para assegurar aos consumidores a rastreabilidade dos suínos de origem francesa. Para ter o logotipo VPF, os animais devem nascer, ser terminados e abatidos na França. O objetivo deste programa é chegar rapidamente a 80% da produção de suínos.

## 7 Conclusão

Estes novos requerimentos de rastreabilidade poderiam ser mal-recebidos como restrições caras e inúteis, mas hoje ninguém pode ignorá-los. Está sendo feito um considerável esforço para que haja rastreabilidade em toda a cadeia de produção de suínos para satisfazer a demanda dos consumidores, da fabricação de embutidos e da rede de distribuição.

Apesar destas restrições, a cadeia de produção de suínos deve aumentar a sua transparência. A crescente demanda dos consumidores por um segmento de qualidade diferenciada, baseado em rastreabilidade, é uma prova de sua necessidade.

## 8 Anexos



Figura 1 — Um exemplo de tatuagem na orelha.

## 9 Referências Bibliográficas

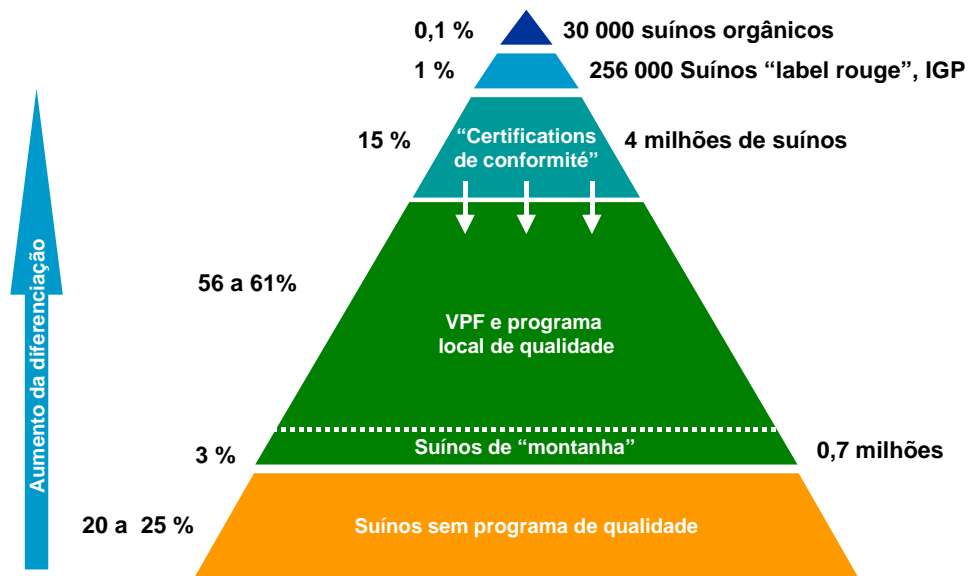
- DAGORN J., 1998, La filière porcine française déjà bien avancée dans la traçabilité. Viandes et Produits Carnés, 19, 8-14.
- Mémento de l'Éleveur de Porc, 2000. Institut Technique du Porc.
- de MONTZEY S., de JUBECOURT D., 2001. Les signes officiels de qualité en France et dans l'Union européenne. Techni-porc, vol 24, n°2, 19-24.



**Figura 2** — Método do carimbo na paleta.



**Figura 3** — Um exemplo de brinco.



**Figura 4** — Importância dos diferentes programas de certificação na cadeia de produção de suínos na França em 1999.



# **RASTREABILIDADE E CERTIFICAÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL**

Irenilza de Alencar Nääs

Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP-Brasil

## **Resumo**

A necessidade de atender às crescentes demandas dos consumidores no mundo inteiro, aliada à falta de espaço para a expansão da produção animal, está levando a cadeia alimentícia a procurar otimizar o espaço e, conseqüentemente, o uso apropriado de sistemas de suporte vital. Com maiores densidades no confinamento dos animais, porém, a emissão de efluentes e gases pode forçar a sustentabilidade até seus limites. O atual aumento da produção animal foi permitido pelo uso de inovações tecnológicas e a conclusão lógica parece ser que no futuro, o aumento da produção tanto animal como a das colheitas poderá ser alcançado dessa mesma maneira. Por outro lado, o mundo desenvolvido chegou a seu limite em termos de produção de alimentos, enquanto a falta de uso sustentado de práticas agrícolas limita o crescimento da produção ao aumentar a perda de terras agrícolas e a poluição dos reservatórios de água nos países em desenvolvimento. Outrossim, temos visto, desde os anos 1970, uma mudança nas necessidades dos consumidores do mundo inteiro, ao mesmo tempo em que as comunicações têm tornado uma realidade a interação entre as culturas. Isso levou a uma certa padronização nas demandas e, hoje, o consumidor, à busca de alimentos de qualidade, está ciente de suas necessidades. Este trabalho analisa como a rastreabilidade pode garantir a qualidade das carnes e atender as necessidades dos consumidores, e como o Brasil está tratando essa questão na produção suína.

## **1 Introdução**

A produção animal passou rapidamente para uma estrutura consolidada de menos e maiores unidades de criação animal tanto nos países desenvolvidos como nos em desenvolvimento. Impulsionada pelas economias de escala geradas pelos constantes avanços tecnológicos, essa tendência não parece querer desacelerar-se. Esses novos conceitos e caracteres estruturais têm aumentado a concentração da produção em grande escala de rebanhos e cultivos especializados num número menor de bolsões espalhados em torno de centros, existentes ou emergentes, de processamento e comercialização.

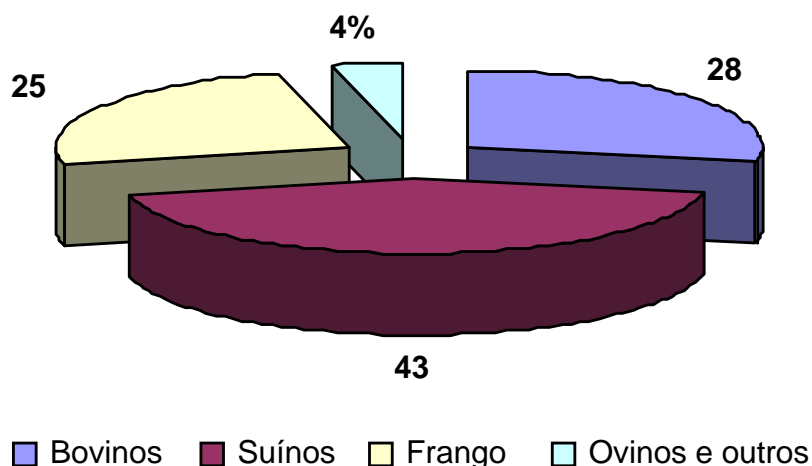
A industrialização remete ao movimento em direção a um relacionamento de produção e comercialização mais direto entre os produtores e os beneficiadores. A maior avanço dessa tendência está na avicultura. Com a industrialização, os processadores procuram garantir um abastecimento estável de um produto consistente ao mesmo tempo em que tiram proveito das economias de escala dos

novos métodos de produção e processamento. Devido à mudança da produção para empresas e aglomerações maiores em torno às plantas de processamento, o resultado é uma maior concentração da produção.

Embora a consolidação e a industrialização sejam antigas, a recente aceleração no crescimento e na concentração de grandes fazendas gera desafios de grande porte para a gestão dos recursos naturais. Da mesma maneira, essas mudanças implicam conseqüências sociais. Novas formas de organização e controle também estão propiciando novas oportunidades e complexidades para as agências governamentais que trabalham para prestar uma assistência técnica na gestão de recursos naturais para operações agrícolas de grande escala. O que se vê, no entanto, são iniciativas em organizações do setor privado propondo políticas de proteção dos recursos naturais e associando a atitude dos produtores ao produto dos agricultores (THOMAS et al., 1996).

Existe, ao mesmo tempo, uma demanda crescente por carne de boa qualidade na economia mundial, demanda essa proporcional ao crescimento econômico nos países emergentes. As necessidades e a consciência ecologista do consumidor têm evoluído para um gosto mais exigente. Os maiores mercados consumidores são os Estados Unidos e a Europa, bem como a China. A Figura 1 ilustra a demanda por bovinos, suínos, aves, ovinos e outros, em termos de produção global.

#### Percentagem do Consumo de Carne / Produção Mundial



**Figura 1** — Percentagem de consumo de carne em relação à produção mundial

Desde os anos 1970, as necessidades dos consumidores têm mudado no mundo inteiro e as comunicações tornaram realidade a interação entre as culturas. Isso levou a uma certa padronização nas demandas e o consumidor, está hoje ciente de suas necessidades, exigindo alimentos de melhor qualidade. A Tabela 1 indica o aumento nas prioridades dos consumidores.

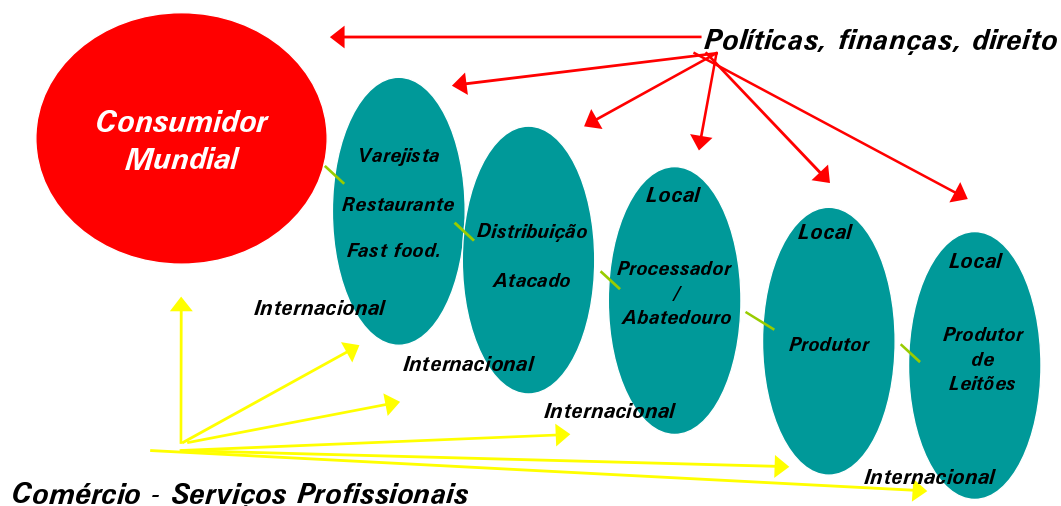
Para poder atender a demanda do mercado, a cadeia alimentícia precisa dar respostas para cada canal. A Figura 2 mostra os elos e as interações da cadeia alimentícia.

**Tabela 1** — Prioridades nas demandas dos consumidores

1970	1980	1990	2000
Preço	→	→	→
	Produtos frescos	→	→
	Qualidade	→	→
	Variedade de produto	→	→
		Bem-estar	→
		Segurança	→
		Reciclagem	→
			Tradição
			Ética
			Gerações futuras

Adaptado de HOLROYD, P. (2000)

## Cadeia Alimentícia



**Figura 2** — Interações da cadeia alimentícia

Hoje, o consumidor pede: segurança, produtos não agressivos para o meio-ambiente, e segurança na produção animal.

Em cada produto comprado, o consumidor precisa sentir que:

- Seu dinheiro está sendo bem investido,
- O produto é de qualidade,
- O produto é fácil de encontrar,
- O produto é fácil de manejar e sabe-se sua data de vencimento,
- E o consumidor precisa apreciar sua compra.

Segundo HOLROYD (2000), o futuro do comércio da carne depende fundamentalmente da reação da indústria para com os seguintes conceitos: honestidade, abertura, informações detalhadas disponíveis, rastreabilidade, qualidade garantida, e flexibilidade para as mudanças. Para o varejista ou para o comprador de refeições rápidas (fast food), só será possível montar um negócio quando a qualidade sempre se renovar, quando o desenho final estiver correto, e o produto estiver sempre disponível no momento certo, no local certo.

## **2 Padrão da produção suína e demandas do consumidor**

Essa nova mudança na estrutura da indústria, chamada "industrialização", está estreitando os elos comerciais da indústria, criando uma indústria mais integrada desde a granja até os mercados e os consumidores do mundo. A característica dessa estrutura emergente da indústria é uma mudança para a produção contratual e a integração vertical. A maior parte da produção suína no Brasil possui um padrão de integração vertical, que é o padrão de uma organização na qual os diversos estágios do processo de produção - genética, ração, criação, processamento, e distribuição - estão sob o controle de uma única empresa. O sistema vincula os produtores, os processadores de alimentos, as empresas criadoras, e outros agronegócios. Os maiores produtores são os que obtêm maiores benefícios de arranjos contratuais para produzir produtos especializados para as cadeias de empresas alimentícias do mundo. A nova estrutura da indústria vinculará essas granjas mais estreitamente ao mercado em crescimento para os produtos alimentícios de valor agregado. Por outro lado, os granjeiros de menor porte podem deparar-se com um mercado em declínio para sua produção genérica. No melhor dos casos, poderão tornar-se fornecedores residuais para o mercado de especialidades (BARKEMA & DRABENSTOTT, 1996).

Depois dos movimentos ecologistas surgidos após a Segunda Guerra Mundial, basicamente nos países desenvolvidos, a atitudes dos consumidores com relação à preservação da natureza e uma posição de não-agressão do meio-ambiente têm beirado o fanatismo (a esse respeito, a proteção dos animais está cumprindo um papel importante), o que tem levado a uma demanda específica dos consumidores que só pode ser atendida (fundamentalmente no mercado internacional) quando, de alguma maneira, a origem do produto pode ser certificada.

Hoje em dia, um número crescente de sistemas de produção, criação e reprodução de suínos tende a focar as seguintes questões: bem-estar dos animais e dos trabalhadores, qualidade do produto final, meio-ambiente, controle dos gases e efluentes sólidos e líquidos, tratamento incluído. A tendência é para envolver a precisão no processo de produção de maneira a poder supervisionar cada fase da produção como um todo e, ao mesmo tempo, interagir com a otimização da cadeia produtiva.

As economias de consumo também estão mudando no mercado global, com vários países emergindo e adaptando-se a novas dietas. Por exemplo, a expansão dos restaurantes de refeição rápida tem elevado o consumo de carne bovina moída e também da carne de aves processada.

Não obstante, os consumidores têm uma certa consciência dos problemas de saúde que a ingestão de comida estragada pode gerar para eles e suas famílias, e associam essa questão com o alojamento e o manejo dos animais, com a ingestão de medicamentos e, em última instância, com o processo de conservação do produto em toda a cadeia de comercialização. A segurança é uma das qualidades mais esperadas nos produtos alimentícios. A Figura 3 mostra como a segurança alimentar interage basicamente para garantir a qualidade. É importante atender os requisitos dos consumidores em termos de:

- Segurança dos alimentos,
- Rastreabilidade,
- Bem-estar dos animais e controle sanitário,
- Bem-estar e saúde dos trabalhadores,
- Redução do risco.

### Interações da Cadeia Alimentar

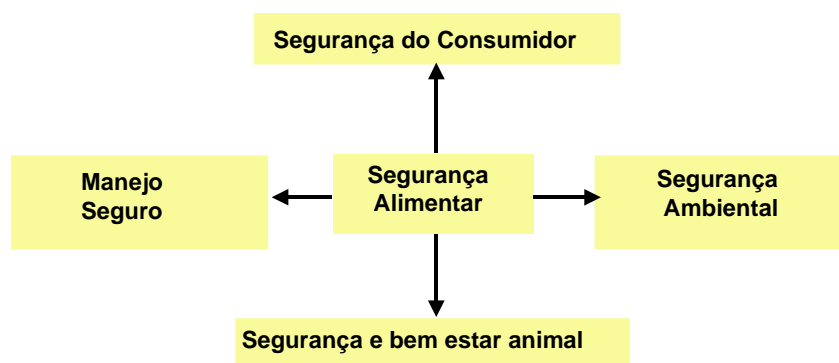


Figura 3 — Interações da segurança alimentar

### 3 Conceitos de rastreabilidade

À medida que o sistema de comercialização de alimentos evolui, deixa de lado o tradicional sistema de distribuição e passa para o sistema de produção contratual e da integração vertical. Os granjeiros que criam seus animais sob um contrato utilizam-se de instalações, rações e estratégias de manejo cujos detalhes são prescritos pelo integrador ou pela empresa contratante. A característica-chave dos novos esquemas de comercialização é o estabelecimento de diretrizes rígidas de produção, que ajudam a assegurar que os produtos primários atenderão as demandas mais rigorosas das empresas processadoras e, em última instância, dos consumidores. Nesse caso específico, tanto a aplicação dos princípios de uma produção de precisão como o conhecimento da rastreabilidade podem agregar um valor especial aos produtos de origem animal, graças à certificação da origem do produto.

O desempenho global da produção suína depende da gestão do rebanho, bem como da nutrição, do controle sanitário e das instalações. O conceito desse tipo de produção está diretamente relacionado com a redução das perdas seletivas e o controle do processo. Cada segmento da produção é controlado de maneira a alcançar a otimização na totalidade do sistema de produção.

A nível de granja, os conceitos aplicam-se a:

- Manejo dos animais,
- Implementação do controle ambiental,
- Controle das doenças,
- Controle da nutrição,
- Informação e identificação - rastreabilidade geral.

O transporte de animais vivos continua exigindo uma rigorosa supervisão. O uso da rastreabilidade pode aplicar-se até o matadouro antes de ser alterado para um código de barra na carcaça e nos cortes especiais. Essa tecnologia de identificação, entretanto, pode ser utilizada não só para rastrear o próprio animal, como também para identificar características especiais, tais como o nível de hormônios nas matrizes.

Pode-se definir a rastreabilidade como sendo uma maneira de acompanhar o animal desde seu nascimento até seu abate, registrando todos os eventos relativos a esse mesmo animal. A seguir, esses dados são associados a datas e partes da carcaça. Quando for necessário saber algo quanto a um corte especial vendido para um determinado supermercado ou rede, a rastreabilidade permite remontar até a sua origem e esclarecer qualquer dúvida.

São dois os modos de aplicação dos conceitos da rastreabilidade a um determinado rebanho: manual e eletrônica. A rastreabilidade manual é o registro manual dos dados e dos eventos ao longo da vida do animal, e pode ser vinculada à data de abate e, eventualmente, alcançar a cadeia de distribuição. Esse tipo de registro de dados pode gerar erros ou até fraudes. A rastreabilidade eletrônica lança mão de dispositivos eletrônicos, tais como os transponders, de várias maneiras, anéis, brincos, coleiras (externos) ou microchips (internos) que emitem um sinal ativado por um leitor ou antena colocada onde for necessário registrar um determinado evento.

Hoje, os sistemas eletrônicos de identificação, que permitem o processo de rastreabilidade, dependem das características do transponder (SPAHR & SURBER, 1992), construído com um circuito integrado ou com um determinado microchip, inserido no animal a ser identificado.

Identifica-se o animal através de um circuito eletrônico miniaturizado que fornece uma identidade eletrônica. Proceda-se à identificação através da leitura de um LPS ou de uma antena portátil, ou até por GPS, sendo o sinal associado a um dispositivo compatível (WADE & MAYHALL, 1994). A leitura de retina é outra maneira para identificar cada indivíduo devido a seu caráter único. Entre outras possibilidades, o implante de microdispositivos é uma solução para a rastreabilidade. A Figura 4 mostra exemplos de identidades eletrônicas (microchips) utilizadas em animais.



**Figura 4** — Exemplos de microchips para identidade eletrônica

## 4 Uso na certificação de origem

Devido à exigência dos consumidores quanto a certas características do produto, inclusive as relacionadas com o controle sanitário e até questões ambientais, identificar o produto final é um dos objetivos do processo de rastreabilidade. Nesse caso, utiliza-se a rastreabilidade para garantir ao consumidor:

- Bem-estar e a saúde do rebanho,
- Bem-estar e a saúde dos trabalhadores,
- A boa alimentação do rebanho,
- O não-uso de antibióticos,
- O não-uso de hormônios de crescimento,
- A boa gestão dos resíduos - ambiente seguro

O produtor respeita regras básicas, estabelecidas por especialistas de cada área (sanidade, meio-ambiente, alojamento, bem-estar, etc.) e a identidade eletrônica identifica a carne que passa por todo o sistema de produção e processamento.

Os registros manuais de dados da produção de suínos no Brasil, essencialmente relacionados com a genética, são utilizados em bases de dados para aplicativos gerenciais. A certificação de origem é quase que impossível na maioria dos casos, especialmente na produção por sistema integrado.

A UNICAMP está desenvolvendo um projeto no qual uma certa metodologia de rastreabilidade está sendo elaborada para rastrear grupos de suínos com base em certas características definidas. Nesse projeto, 90% do registro dos dados é eletrônico, assim como a transmissão dos dados, reduzindo assim a um mínimo os erros humanos.

O desafio mais importante no uso e na aplicação dessa tecnologia em vários campos da produção animal continua relacionado à metodologia da identificação, à amostragem, e a protocolos inteligentes, simples e conviviais. Por ser uma área de conhecimento multidisciplinar, envolve o trabalho de profissionais de quase todas as disciplinas, desde a engenharia da computação até a fisiologia animal, todos sob a supervisão de um engenheiro agrícola, pois o sucesso da interação do sistema parece mais viável pela simples razão de que esse profissional está treinado para ver a engenharia ser aplicada a ações agrônômicas de uma maneira mais ampla.

## 5 Referências Bibliográficas

- Folha de São Paulo, Micro ajuda a vender gado de corte, caderno Folha Infoshop, pp. 1, January 20, 1997.
- O Estado de São Paulo, Microchip identifica animais em qualquer lugar do mundo, Caderno de Informática G-10, May 4, 1996.
- BARKEMA, A. and M. DRABENSTOTT 1996. Consolidation and Change in Heartland Agriculture. Pp. 61-76 in Economic Forces Shaping the Rural Heartland. Kansas City, Missouri: Federal Reserve Bank of Kansas City. <http://www.kc.frb.org/publicat/heartlnd/hrtmain.htm>
- HOLROYD, P. Tendências do mercado de carne para o novo milênio (Tendency of the meat market for the new milenium). Proceedings APINCO. Campinas. Maio 2000. 93-109
- NÄÄS, I.A., D.F. Pereira, F. P. F. Curto, F. H. Behrens , Carvalho, J.C.C., Amendola, M. and E. C. Mantovani. Determining the broiler female breeder behavior using telemetry. CIGR Memorial Congress. Tokio. 2000.
- SPAHR, S. L. & SURBER, R. S. - Pratical Experiences with Automated Electronic Animal Identification Using Injected Indentification Transponders, Proceedings of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking, pp. 546-551, Wageningen, Holanda, Nov. 1992.
- THOMAS, JOHN K., F.M. HOWELL, G. WANG, AND D.E. ALBRECHT. 1996. "Visualizing Trends in the Structure of Agriculture, 1982 to 1992." Rural Sociology 61:349-374.
- WADE, J. R. ,MAYHAL, J. A. Straight Talk About Microchip Identification, AVID Identification Systems Inc., 1994.



# DISTRIBUIÇÃO DE SOROTIPOS, RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA E DETECÇÃO DE INTEGRONS CLASSE 1 ENTRE *SALMONELLA ENTERICA* ISOLADA NA ITÁLIA

Alessandra Carattoli<sup>12</sup>

Ida Luzzi<sup>1</sup>

Laura Villa<sup>1</sup>

Emma Filetici<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Enteric Pathogen Unit, Laboratory of Bacteriology and  
Medical Mycology Istituto Superiore di Sanità  
v.le Regina Elena 299 00161 Rome Italy.

<sup>2</sup>Corresponding author: Phone: 0039-0649903128,  
Fax: 0039-0649387112, alecara@iss.it

## Resumo

As freqüências e as principais alterações dos últimos cinco anos nos padrões de distribuição e de suscetibilidade de sorotipos foram analisadas em cepas de *Salmonella enterica* isoladas de humanos, animais e ambiente na Itália. Os perfis de resistência a antibióticos coletados em 1995 e 2000 demonstraram que as cepas enteritidis da *Salmonella enterica* não foram freqüentemente resistentes a antibióticos, enquanto que os isolados typhimurium demonstram de foram recorrente um fenótipo multi-resistente a antibióticos, em geral devido ao aparecimento do clone DT104. A base molecular da resistência a antibióticos em *Salmonella* foi analisada na tentativa de rastrear a disseminação de cepas multi-resistentes e de caracterizar os elementos genéticos envolvidos na aquisição de genes resistentes a antibióticos. Os integrons classe 1 foram encontrados em uma grande percentagem de *Salmonella enterica* typhimurium e nas raras cepas de *Salmonella enterica* enteritidis de nossa coleção.

## 1 Introdução

A vigilância laboratorial relatando o isolamento e a identificação de sorotipos de *Salmonella* é feita na Itália há mais de trinta anos. A rede de vigilância envolve laboratórios de microbiologia coordenados pelos centros regionais do Norte, do Sul e do Centro da Itália. O Istituto Superiore di Sanità, como laboratório nacional de referência para enteropatógenos, age como centro coordenador e é membro da ENTER-NET, rede europeia de vigilância de infecções entérica. Dados de vigilância permitem que se conheça a distribuição dos sorotipos de *Salmonella* e monitorar a resistência antimicrobiana.

Os objetivos de nosso trabalho foram rastrear as freqüências e as principais mudanças ocorridas nos últimos cinco anos na distribuição de sorotipos e padrões de suscetibilidade em cepas de *Salmonella* entérica isoladas de humanos, animais e do ambiente na Itália.

Em especial, concentramos nossa atenção na base molecular da resistência a antibióticos da *Salmonella enterica* na tentativa de rastrear a disseminação de cepas multi-resistentes a drogas.

Avanços recentes na caracterização molecular dos mecanismos de resistência a antibióticos destacam a existência de estruturas genéticas, chamadas integrons, envolvida na aquisição de genes de resistência (Hall & Collis, 1995). Estes elementos de DNA têm sido relatados freqüentemente em cepas multi-resistentes isoladas de animais e humanos, e são localizados no cromossoma bacteriano ou em plasmídeos de uma ampla gama de hospedeiros (Carattoli, 2001). Os integrons promovem a captura de um ou mais conjuntos de genes com o mesmo sítio de ligação, formando assim clusters compostos de genes resistentes a antibióticos (Stokes & Hall, 1989).

As primeiras tentativas de descrever integrons sugeriam que estes consistiam de duas regiões conservadas vizinhas a uma região variável contendo um ou mais genes de resistência (Stokes & Hall, 1989). Uma descrição mais detalhada de sua estrutura estabeleceu os componentes essenciais dos integrons, que são o gene integrase (*intI1*), o sítio de ligação (*attI1*) e o promotor, que promove a expressão de qualquer conjunto de cassetes de genes integrados ao sítio *attI1* (Recchia et al., 1994). Estas funções estão contidas no chamado segmento conservado-5' (5'CS) no integron (Recchia et al., 1994). Os integrons pertencentes à classe 1 também são caracterizados pela presença do gene *sul1*, que confere resistência a sulfonamidas, localizados distalmente no segmento conservado-3' (3'-CS) (Hall et al., 1994). Este segmento também inclui o gene *qacEΔ1*, que confere resistência aos compostos de amônio quaternário. Estes cassetes móveis de genes estão integrados entre o 5'-CS e o 3'-CS (Bissonette & Roy, 1992). O cassete de genes é definido como uma unidade discreta constituída de um ORF completo seguido de um sítio de recombinação chamado elemento base 59 ou 59-be, também chamado de sítio *attC* (Hall et al., 1991).

Os cassetes de genes que tem integrons conferem resistência a vários antibióticos diferentes, incluindo aminoglicosídeos, cefalosporinas, clorafenicol, penicilinas e trimetoprin, e para cada um destes antibióticos, foram relatados vários cassetes de genes (Mazel & Davies, 1998).

## 2 Discussão

### 2.1 Distribuição de sorotipos de *Salmonella enterica* isolados na Itália

Um total de 15.769 cepas de *Salmonella* cepas isoladas de fontes humanas e não-humanas em 1995, foi isolado e sorologicamente tipado. Os resultados estão listados na Tabela 1 (Fantasia et al., 1998). *S. enterica* Enteriditis de fonte humana foi a primeira (37.2%) naquele ano, mas este sorotipo foi o terceiro (8.1%) em salmonelas de fontes não-humanas. O sorotipo Enteriditis foi ultrapassado por *S. enterica* Typhimurium (22.7%) entre os isolados de fontes não-humanas. O sorotipo Typhimurium também foi relatado como o segundo sorotipo (22.9%) em cepas humanas.

**Tabela 1** — Distribuição de Sorotipos *S. enterica* isolados na Itália em 1995

Humanos		Não-humanos	
Sorotipo	Número (%)	Sorotipo	Número (%)
Enteriditis	4575 (37.2)	Typhimurium	786 (22.7)
Typhimurium	2821 (22.9)	Derby	411 (11.9)
Derby	538 (4.4)	Enteriditis	280 (8.1)
Infantis	499 (4.1)	Bredeney	164 (4.7)
Bredeney	307 (2.5)	Virchow	105 (3.0)
Livingstone	267 (2.2)	Infantis	104 (3.0)
Panama	254 (2.1)	Blockley	86 (2.5)
Brandenburg	210 (1.7)	Livingstone	82 (2.4)
Blockley	165 (1.3)	Muenchen	80 (2.3)
Bovismorbificans	151 (1.2)	Give	76 (2.2)
Outros Sorotipos	2523 (20.5)	Outros Sorotipos	1285 (37.1)
total	12,310	total	3,459

Os resultados obtidos em 1995 foram comparados com a distribuição de sorotipos observada em 10.864 cepas de *S. enterica* isoladas na Itália em 2000 de fontes humanas e não-humanas (Tabela 2). *S. enterica* Enteriditis foi verificada novamente como o primeiro sorotipo entre *Salmonella* isolada em 2000 de fonte humana (41.2%), seguida do sorotipo Typhimurium (30.9%). Em fontes não-humanas, o sorotipo mais freqüente foi o Typhimurium (20.3%), que foi mantido em níveis praticamente constantes durante estes anos.

A distribuição temporal de sorotipos mostra que em 1995, o Enteriditis e o Typhimurium representaram 60 % de todos os sorotipos de *S. enterica* de fontes humanas e estes sorotipos atingiram 72% em 2000. Vários outros sorotipos, como Infantis, Livingstone e Derby, foram relativamente freqüentes em isolados de fontes não-humanas durante todo o período de 1995-2000.

## 2.2 Resistência antimicrobiana de *Salmonella enterica* isolada na Itália

Cento e quatro cepas isoladas em 1995 e 122 cepas isoladas em 2000 foram testadas para a susceptibilidade a 8 antibióticos. Perfis de resistência a antibióticos de *S. enterica* Typhimurium coletados em 1995 e 2000 demonstram claramente que cepas multi-resistentes a drogas estão surgindo na Itália (Tabela 3). Os resultados indicam que nos últimos cinco anos, foi observado um aumento marcante da resistência a ampicilina, cloranfenicol, esptreptomicina-espectinomycinam sulfonamidas e tetraciclina; cepas resistentes de *S. enterica* Enteriditis foram isoladas esporadicamente: em 2000 apenas 5% das cepas eram resistentes a pelo menos dois antibióticos (dados não apresentados).

O fenômeno de resistência a antibióticos em *S. enterica* Typhimurium se deve principalmente ao surgimento, na última década, de um clone multi-resistente a

**Tabela 2** — Distribuição de Sorotipos *S. enterica* isolados na Itália em 2000

Humanos		Não-humanos	
Sorotipo	Número (%)	Sorotipo	Número (%)
Enteriditis	2459 (41.2)	Typhimurium	998 (20.3)
Typhimurium	1848 (30.9)	Infantis	470 (9.5)
Infantis	434 (7.2)	Livingstone	388 (7.9)
Derby	113 (1.9)	Derby	380 (7.7)
Brandenburg	102 (1.7)	Enteriditis	298 (6.0)
Bredeney	72 (1.2)	Bredeney	172 (3.5)
Blockley	61 (1.0)	Anatum	150 (3.0)
Livingstone	38 (0.6)	Blockley	145 (2.9)
London	31 (0.5)	London	121 (2.5)
Anatum	23 (0.4)	Brandenburg	60 (1.2)
Outros Sorotipos	785 (13.1)	Outros Sorotipos	1716 (35.0)
total	5,966	total	4,898

**Tabela 3** — Número e percentagem de *S. enterica* Typhimurium isolados de Humanos, resistentes a um único antibiótico. Itália 1995-2000

Ano	1995		2000	
	Número	%	Número	%
Antibiótico				
Ampicilina	35	33.7	99	81.1
Cloranfenicol	32	30.8	51	41.8
Estreptomicina	39	37.5	95	77.9
% Tetraciclina	58	55.8	104	85.2
Sulfanamidas	NA	NA	94	77.0
Ácido nalidíxico	2	1.9	7	5.7
Kanamincina	1	1.0	2	1.6
Gentamicina	1	1.0	0	0.0
total	104		122	

<sup>NA</sup> Dados não-disponíveis

drogas, o *S. enterica* Typhimurium tipo definitivo 104 (DT104). Esta *Salmonella* é um problema global devido à alta incidência de sua infecção em todo o mundo, em animais e humanos. Evidências epidemiológicas sugerem que a principal via de transmissão a humanos é via alimento, e foi associada ao consumo de carne bovina, suína, embutidos, carne de ave e patês (Cloeckaert & Chaslus-Dancla, 2001).

A maioria dos isolados de DT104 são resistentes (R) a pelo menos cinco drogas, incluindo ampicilina (Ap), cloranfenicol (C), estreptomicina-espectiomicina (S), sulfonamidas (Su) e tetraciclina (T). Todos os genes de resistência responsáveis pelo perfil R-ACSSuT foram identificados dentro de um locus genético de penta-resistência de um fragmento de DNA 10-Kb *Xba*I, integrado no cromossoma da *S. enterica* Typhimurium. Nestes isolados, dois integrons classe 1, com os genes *aadA2*, *pse* – 1 e *sul1* genes, conferindo resistência a estreptomicina-espectiomicina, ampicilina e sulfonamidas, estão localizados muito próximos no cromossoma DT104. A região envolvida contém o gene *floR<sub>st</sub>*, que confere resistência a florfenicol e cloranfenicol, junto com os genes *tetR* e *tetA* (classe G) que conferem resistência à tetraciclina (Figura 1) (Briggs & Fratamico, 1999). Este cluster de genes foi recentemente localizado dentro da ilha genômica *SgiI* no cromossoma da *S. enterica* Typhimurium (EMBL acesso no. AF261825, Boyd et al., 2000).

### 2.3 Detecção de integrons classe 1 em *Salmonella enterica* isolada na Itália

Para detectar a presença de integrons e pesquisas a presença do cluster de genes de penta-resistência em cepas DT104 isoladas na Itália, 36 cepas multi-resistentes a drogas de *S. enterica* Typhimurium de origem humana e animal foram analisadas a nível molecular. Vinte e uma destas cepas eram fagótipo DT104, mostrando o perfil de resistência R-ACSSuT, seis eram cepas DT104, mostrando diferentes perfis de resistência, e nove isolados pertenciam a outros fagótipos ou reagira, mas não estavam conformes (RDNC), ou seu fagótipo não foi tipável (UT) (Tabela 4). Todas estas cepas foram analisadas para a presença de integrons por hibridização Southern blot, usando uma sonda específica para o gene integrase *int1I* (Carattoli et al. 2001), sobre o DNA total restringido por enzimas *Pvu*II – *Bam*HI. A sonda *int1I* revelou um padrão característico Southern em todas as cepas DT10 mostrando o perfil de resistência R-ACSSuT (Figura 2). O padrão de restrição observado consiste de duas bandas de 7738 bp e 4402 bp, respectivamente, como esperado pela seqüência de nucleotídeos do cluster de genes (EMBL número de acesso AF261825). A banda superior contém o sítio *Pvu*II no gene *int1I*, o cassete de gene *aadA2*, o gene *sul1* no 3'-CS, o gene *flo<sub>st</sub>*, e os genes de resistência à tetraciclina até o sítio *Pvu*II (Figura 1). A banda inferior contém o segundo integron do cluster de penta-resistência, desde o sítio *Pvu*II no gene *int1I*, o cassete de gene *pse* – 1 e o gene *sul1* até o sítio *Bam*HI (Figura 1).

Três cepas DT104, R-tipos R-SSu, ou R-ASSuT, mostraram um diferente padrão Southern, revelando a presença de um fragmento integrase-positivo *Pvu*II – *Bam*HI de aproximadamente 3700 bp (Figura 2, faixa 2). O padrão Southern típico DT104 também foi observado na cepa pertencente ao fagótipo 1 (Figura 2, faixa 9).

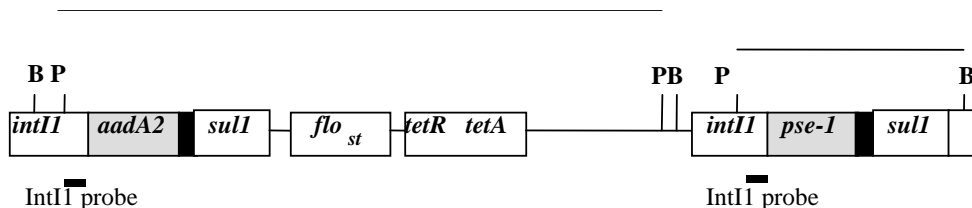
Para caracterizar as regiões variáveis contidas nos integrons classe 1, foram realizados experimento de amplificação por PCR com o par de primers 5'-CS e

**Tabela 4** — Integrons in *S. enterica* Typhimurium

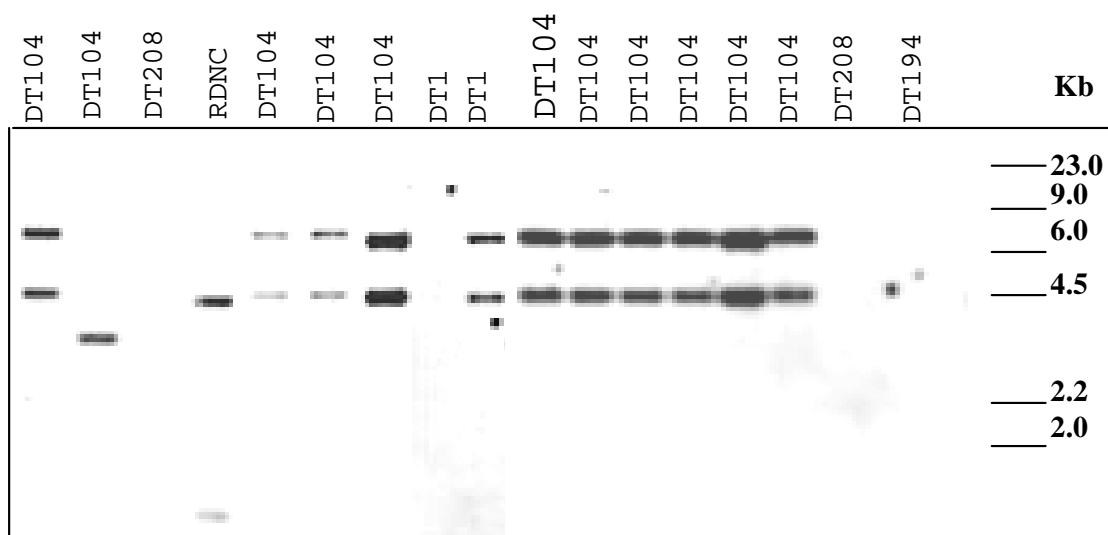
Fenótipo da cepa	Nº	cepas <i>intl1</i> Positivas	Tamanho dos cassetes de genes inseridos (bp)
DT104			
R-ACSSuT	21	21	1000, 1200
Outros tipos R	6	3	1000
Outros fagótipos			
R-ACSSuT	1	1	1000, 1200
Outros tipos R	6	0	0
RDNC/UT			
R-ACSSuT	0	0	0
Outros tipos R	2	1	1100, 400
total	36	26	

**Tabela 5** — Integrons em *S. enterica* Enteriditis

Fenótipo da cepa	Nº	cepas <i>intl1</i> positivas	Tamanho dos cassetes de genes inseridos(bp)
R-SSuTpTeNa	4	4	1600
R-SSuTpTeAp	1	1	1900
R-SSuTpAp	1	1	1600
R-SSuTp	1	1	1900
R-STeAp	2	0	0
R-TpTeKNa	1	0	0
R-STe	1	0	0
R-Te	1	0	0
R-Tp	1	0	0
R-Ap	1	0	0
total	14	7	



**Figura 1** — Organização dos genes do cluster de genes de resistência a antibióticos do cromossoma da *S. enterica* Typhimurium DT104 (segundo Briggs & Fratamico, 1999). O mapa de restrição do *Bam*HI(B) e *Pvu*II(P) foi deduzido da seqüência de DNA liberado sob EMBL acesso n.. AF261825. Caixas brancas representam os genes *intI1*, *sul1*, *flo<sub>st</sub>*, *tetR*, *tetA*. As caixas sombreadas representam cassetes de genes inseridos nos integrons. As caixas pretas são os sítios 59-be. As barras estreitas representam as bandas de hibridização Southern blot, como indicado no texto. As linhas espessas representam a posição da sonda do genes *intI1*.



**Figura 2** — Análise Southern blot de cepas de *S. enterica* Typhimurium. O fagótipo das cepas analisadas neste experimento é relatado acima de cada faixa. O total de DNAs restringidos com *Bam*HI – *Pvu*II foi separado por eletroforese em gel de agarose a 1%, colocados em membranas de nylon e hibridizados com sonda de gene *intI1*. Padrões de peso molecular são mostrados à direita.

3'-CS sobre o DNA total extraído de cepas de *S. enterica* Typhimurium analisadas por hibridização Southern blot (Levesque et al., 1995). Todas as cepas DT104 mostrando o perfil de resistência R-ACSSuT, produziram dois produtos PCR de aproximadamente 1000-bp e 1200 bp (Tabela 4). A sequência de nucleotídeos destes amplicons revelaram a presença do cassete *aadA2*, que codifica a resistência a estreptomicina-espectomicina, e o cassete *pse* – 1, que codifica a resistência a ampicilina (Sandvang et al., 1997; Briggs & Fratamico, 1999). Os mesmos cassetes de genes também foram identificados na cepa PT1, mostrando o perfil de resistência R-ACSSuT, sugerindo o potencial de transferência horizontal do cluster de penta-resistência DT104 entre cepas *Salmonella* de outros fagótipos.

Das três cepas DT104, mostrando perfis de resistência R-SSu ou R-ASSuT, um amplicon de aproximadamente 1000 bp foi obtido por amplificação por PCR com o par de primers 5'-CS/3'-CS (Tabela 4). Em uma destas cepas, a sequência de nucleotídeos do amplicon revelou a presença do cassete *aadA1*, que codifica resistência a estreptomicina-espectomicina, enquanto que em outros dois, o foi detectado o cassete *aadA2*.

Todas as cepas positivas para integron também tinham o gene *sul1*, conferindo resistência a sulfonamidas, como demonstrado por experimentos de amplificação por PCR com o par de primers sul1R-sul1F (Sandvang et al., 1997), localizado na região 3'-CS do integron (dados não apresentados).

A partir destas análises, concluímos que uma grande percentagem (72%) das cepas de *S. enterica* Typhimurium de nossa coleção tinham integrons, com genes de resistência relacionados aos padrões de multi-resistência observados. A maioria destes integrons codifica a resistência a estreptomicina-espectomicina ou ampicilina.

Cepas de *S. enterica* Enteritidis também foram analisadas para a presença de integrons por hibridização Southern blot, usando uma sonda específica para o gene integrase *int1I* (Tabela 5). Quatorze cepas resistentes, isoladas na Itália de fonte humana, animal e de alimentos entre 1995 e 2000, foram selecionadas de nossa coleção. Seis cepas mostraram um fenótipo multi-resistente a drogas, caracterizado por resistência a estreptomicina-espectomicina, sulfonamidas, trimetoprim (Tp) e tetraciclina (R-SSuTpT); as cepas restantes mostraram resistência a pelo menos um antibiótico (Tabela 5).

A hibridização Southern blot revelou a presença de integrons em cepas multi-resistentes a drogas de Enteritidis, mostrando o perfil de resistência comum R-SSuTp (Tabela 5). A amplificação por PCR com o par de primers 5'-CS e 3'-CS mostra regiões variáveis inseridas de aproximadamente 1600-bp e 1900 bp (Tabela 5). A sequência de nucleotídeos do amplicon 1600 bp revelou a presença dos cassetes *dfrA1* – *aadA1*, codificando a resistência a trimetoprim e estreptomicina-espectomicina. Verificou-se que o amplicon 1900 bp codifica a resistência a trimetoprim e estreptomicina-espectomicina, através do cassete *dfrA12* – *aadA2*. A partir destes resultados, concluímos que a *S. enterica* Enteritidis multi-resistente a drogas possui integrons, e os cassetes de genes com os integrons para resistência foram responsáveis pela resistência a trimetoprim e estreptomicina-espectomicina.



## 2.4 Epidemiologia do integron em *S. enterica*.

Vários estudos recentes confirmaram que os integrons estão amplamente distribuídos em cepas de *S. enterica*. Os integrons foram descritos em cepas de *S. enterica* não-relacionadas multi-resistentes a drogas isoladas em 1997 na Albânia, mostrando um amplo repertório de resistência. Nestas cepas, a coexistência de três integrons na mesma célula bacteriana conferiram resistência a b-lactams, cloranfenicol, cotrimoxazole, e aos aminoglicosídeos usados mais comumente, incluindo gentamicina e amikacina pela presença dos cassetes de genes *aadB, catB3, oxa1, aadA1, aacA4* e *aacC1* (Tosini et al., 1998; Villa et al., 2000; Carattoli et al., 2001).

Os integrons também foram descritos por análise molecular de uma coleção de 333 cepas resistentes de *Salmonella* representando os sorotipos não-tifóides mais freqüentes, isoladas entre 1989 e 1998 na Espanha (Guerra et al., 2000). A presença de integrons classe 1 foi identificada em cepas coletadas durante todo o período de estudo, sendo mais freqüentes em sorotipos Typhimurium, Ohio, Panama e Virchow. Os cassetes *aadA1* e *aadA2*, sozinhos ou em combinação com outros genes de resistência, estavam amplamente distribuídos na maioria dos sorotipos *Salmonella* analisados. Os genes *pse - 1* e *oxa - 1*, conferindo resistência a b-lactams, os genes *dhfrA14* e *dhfrA1*, conferindo resistência a trimetoprim, e o gene *sat1*, conferindo resistência a estreptotricin, também foram identificados como cassetes de genes dentro de uma região variável de integrons (Guerra et al., 2000).

A caracterização molecular de resistência antimicrobiana em isolados de *S. enterica* da Irlanda e da França também relatou a presença de múltiplos integrons em cepas obtidas de fontes humanas, animais e alimentares (Casin et al., 2000; Daly & Fanning, 2000). Estes integrons preferencialmente tinham um ou dois dos cassetes de genes *pse - 1, aadA2, aadA1, dhfrA1*. Finalmente, um estudo recente descreveu a presença de integrons em cepas de *S. enterica* Enteriditis (Verdet et al. 2000).

## 3 Conclusão

Dados da vigilância de infecções por *S. enterica*, realizados de 1995 a 2000 na Itália, indicam que os sorotipos Enteriditis e Typhimurium foram os sorotipos mais freqüentes na Itália. *S. enterica* Enteriditis foram os isolados mais freqüentes de fontes humanas, enquanto que a *S. enterica* Typhimurium está sempre presente em habitats não-humanos, mas também é freqüentemente isolada de humanos. Em *S. enterica* Typhimurium isolada em 2000, foi observado um aumento impressionante de resistência a antibióticos com relação aos dados relatados em 1995, especialmente da resistência do R-ACSSuT. Este fenômeno está provavelmente associado com o surgimento de cepas DT104 multi-resistentes a drogas. Como a disseminação de multi-resistência a drogas em cepas de *S. enterica* Typhimurium é de grande preocupação em medicina humana e veterinária, estudos sobre a estrutura genética de determinantes de resistência pode ajudar a compreender melhor a origem e a evolução da resistência a antibióticos destes microorganismos.

Avanços recentes no estudo de resistência a antibióticos levou à descoberta de mecanismos moleculares para a aquisição de genes de resistência genes por recombinação mediada por integrons. Os integrons parecem ter um papel importante na disseminação de genes de resistência antimicrobiana em *S. enterica* já que foram

encontrados em cepas resistentes. De fato, neste estudo, foi verificado que os integrons com os genes de resistência *aadA1*, *aadA2*, *dfrA1*, *dfrA12*, *pse - 1* e *sul1* estão amplamente distribuídos entre cepas multi-resistentes a drogas de *S. enterica* Typhimurium e Enteritidis isoladas na Itália no período 1995-2000.

## 4 Agradecimentos

Agradecemos Sergio Arena, Susanna Mariotti, e Simona Goriotti pela assistência técnica. Esta pesquisa foi financiada por bolsa do "Progetto Antibiotico Resistenza 1999 e 2000" do Ministério da Saúde da Itália.

## 5 Referências Bibliográficas

- BISSONNETTE, L., ROY, P. H., 1992. Characterization of In0 of *Pseudomonas aeruginosa* plasmid pVS1, an ancestor of integrons of multiresistance plasmids and transposons of Gram-negative bacteria. *J. Bacteriol.* 174,1248-1257.
- BOYD, D. A., PETERS, G. A., NG, L. K., MULVERY, M. R., 2000. Partial characterisation of a genomic island associated with the multidrug resistant region of *Salmonella enterica* Typhimurium DT104. *FEMS Microb. Letters* 189, 285-291.
- BRIGGS, C. E., FRATAMICO, P. M., 1999. Molecular characterization of an antibiotic resistance gene cluster of *Salmonella typhimurium* DT104. *Antimicrob. Agents Chemother.* 43, 846-849.
- CARATTOLI, A., 2001. Importance of integrons in the diffusion of resistance. *Vet. Res.* 32, 243-259.
- CARATTOLI, A., VILLA, L., PEZZELLA, C., BORDI, E., VISCA, P., 2001. Expanding drug-resistance through integron acquisition by IncFI plasmids of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium. *Emerg. Infect. Dis.* 7, 444-447.
- CASIN, I., BREUIL, J., BRISABOIS, A., MOURY, F., GRIMONT, F., COLLATZ E., 1999. Multidrug-resistant human and animal *Salmonella typhimurium* isolates in France belong predominantly to a DT104 clone with the chromosome- and integron-encoded beta-lactamase PSE-1. *J. Infect. Dis.* 179, 1173-1182.
- CLOECKAERT, A., CHASLUS-DANCLA, E., 2001. Molecular characterization, spread and evolution of multidrug- resistance in *Salmonella enterica* Typhimurium DT104. *Vet. Res.* 32, 301-310.
- DAHLBERG, C., HERMANSSON, M., 1995. Abundance of Tn3, Tn21, and Tn501 transposase (*tnpA*) sequences in bacterial community DNA from marine environments, *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 3051-3056.
- DALY, M., FANNING, S., 2000. Characterization and chromosomal mapping of antimicrobial resistance genes in *Salmonella enterica* serotype Typhimurium, *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 4842-4848.
- FANTASIA, M., FILETICI, E., ARENA, S., MARIOTTI, S., 1998. Serotype and phage type distribution of *Salmonellas* from human and non-human sources in Italy in the period 1973-1995. *Eur. J. Epidemiol.* 14, 701-710.

- LEVESQUE, C., PICHÈ, L., LAROSE, C., ROY, P., 1995. PCR mapping of integrons reveals several novel combinations of resistance genes. *Antimicrob. Agents Chemother.* 39, 185-191.
- HALL, R. M., BROOKES, D. E., STOKES, H. W., 1991. Site-specific insertion of genes into integrons: role of the 59-base element and determination of the recombination cross-over point. *Mol. Microbiol.* 5,1941-1959.
- HALL, R. M., COLLIS, C. M., 1995. Mobile gene cassettes and integrons: capture and spread of genes by site-specific recombination, *Mol. Microbiol.* 15, 593-600.
- HALL, R. M., BROWN, H. J., BROOKES, D. E., STOKES, H. W., 1994. Integrons found in different locations have identical 5' ends but variable 3' ends. *J. Bacteriol.* 176, 6286-6294.
- MAZEL, D., DAVIES, J., 1998. Antibiotic resistance. The big picture, *Adv. Exp. Med. Biol.* 456, 1-6.
- RECCHIA, G. D., STOKES, H. W., HALL, R. M., 1994. Characterization of specific and secondary recombination sites recognized by the integron DNA integrase. *Nucleic Acids Res.* 22,2071-2078.
- SANDVANG, D., AARESTRUP, F. M., JENSEN, L. B., 1997. Characterisation of integrons and antibiotic resistance genes in Danish multiresistant *Salmonella enterica* Typhimurium DT104, *FEMS Microbiol. Lett.* 157, 177-181.
- STOKES, H. W., HALL, R. M., 1989. A novel family of potentially mobile DNA elements encoding site-specific gene-integration functions: integrons, *Mol. Microbiol.* 3, 1669-1683.
- TOSINI, F., VISCA, P., LUZZI, I., DIONISI, A. M., PEZZELLA, C., PETRUCCA, A., CARATTOLI, A., 1998. Class 1 integron-borne multiple-antibiotic resistance carried by IncFI and IncL/M plasmids in *Salmonella enterica* serotype Typhimurium, *Antimicrob. Agents Chemother.* 42, 3053-3058.
- VERDET, C., ARLET, G., BARNAUD, G., LAGRANGE, P.H., PHILIPPON, A., 2000. A novel integron in *Salmonella enterica* serovar Enteritidis, carrying the bla(DHA-1) gene and its regulator gene ampR, originated from *Morganella morganii*, *Antimicrob. Agents Chemother.* 44, 222-225.
- VILLA, L., PEZZELLA, C., TOSINI, F., VISCA, P., PETRUCCA A., CARATTOLI, A., 2000. Multiple-Antibiotic Resistance Mediated by Structurally-Related IncL/M Plasmids Carrying an Extended-Spectrum b-Lactamase Gene and a Class 1 Integron. *Antimicrob Agents Chemother* 44, 2911-2914.

## SEGURANÇA ALIMENTAR E CONTROLE DE QUALIDADE NO USO DE INGREDIENTES ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

Claudio Bellaver

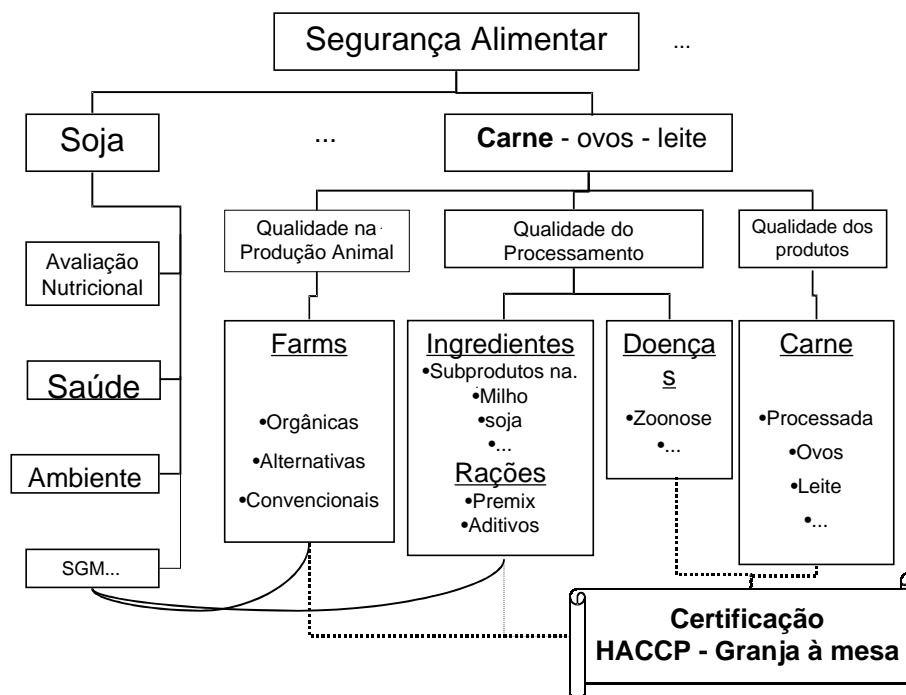
Med. Vet., PhD

Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves

89700-000 – Concórdia SC - Brasil

A rastreabilidade de procedimentos para a produção animal é uma exigência que vem sendo amplamente buscada por governos da Europa e Japão. Vários documentos tem sido emitidos por comitês especializados e que dão suporte a Comissão Europeia e ao Codex Alimentarius. De acordo com FAO (1997), as negociações da Organização Mundial do Comércio (WTO) depende de dois regulamentos que definem as medidas Sanitárias e Fitosanitárias (acordo SPS) e o das barreiras técnicas sobre o comércio (acordo TBT), sendo que ambos documentos tem implicações sobre o Codex Alimentarius. O grupo consultivo da FAO reconheceu que o aumento das demandas científicas, legais e políticas estão sendo feitas baseadas em padrões, regras e recomendações elaborados pelo Codex. Portanto, o ajuste das normas nacionais com as do Codex é importante, pois há um interesse crescente em segurança alimentar, tanto nos acordos do SPS e TBT pela WTO, como em iniciativas de harmonização entre países. Foi identificado assim, que há necessidade de maior rigor científico, transparência e diminuição de regulações nacionais mantendo-se as normas internacionais. Para que isso seja implementado, é necessário estabelecer um código de boas práticas de alimentação animal, havendo iniciativas nesse sentido, elaboradas pelo grupo consultivo da FAO (1997).

Visando a melhoria da qualidade pode ser usado também o programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (*hazard analysis and critical control points* - HACCP), desenvolvido na Pillsbury, Co. nos EUA e continuamente aperfeiçoado dentro do programa espacial americano e mais recentemente pelo USDA e outras agencias governamentais. O programa leva em consideração o relatório do *Codex Alimentarius* de 1991 e estabelece a necessidade da HACCP como um meio sistemático a ser usado para assegurar a segurança alimentar. Isso implica em haver procedimentos definidos que se iniciam na produção e fornecedores e terminam nos consumidores (Pierson, 2001). Dentro desses limites estão as cadeias produtiva, processadora e distributiva conforme Embrapa (2000). Cada um dos elos deve funcionar de modo seguro com regras preestabelecidas e aceitas a partir de instrumentos de controle de gestão e que levam a segurança alimentar da fazenda ao consumidor (*farm to fork*) e esquematizado na Figura 1. A perspectiva Dinamarquesa de HACCP de Nielsen et al. (2001) mostra que os sete passos do programa podem efetivamente ser aplicados na industria suína. O programa iniciou com o controle de salmonelose em 1993, controlando os pontos críticos na fábrica de rações, nos rebanhos multiplicadores, nas granjas e no abate. Para Lautner (2001) os produtores suínos reconhecem que são o primeiro elo da cadeia alimentar e que estão comprometidos a alcançar o objetivo de saúde pública.



**Figura 1** — Diagrama sobre a concepção da segurança alimentar desde a produção até o produto carne e derivados

- **1. EQUIPE HACCP**
  - É formada uma equipe multidisciplinar para representar todas as áreas-chave da produção da empresa
- **2. REVISÃO DO PRODUTO**
  - O que é o produto?
  - Quais são os insumos para o produto?
  - Quais são os resultados do produto ?
  - Diagrama de processo de fluxo
- **3. PROGRAMA PRÉ-REQUISITO**
  - Deve ser desenvolvida uma série de procedimentos de trabalho documentados. Estes procedimentos deve revisar principais etapas de qualidade e de segurança alimentar, assim como as instalações, transporte, controle de pragas e desinfecção, equipamentos e pessoal
- **4. ANÁLISE DE RISCOS**
  - Todos os riscos possíveis que podem ocorrer durante o processo de produção devem ser listados e, depois, com o uso da árvore de Decisões de Pontos Críticos de Controle, os riscos devem ser analisados.
- **5. PLANO HACCP**
  - Para cada Ponto Crítico de Controle identificado, deve ser desenhado um plano de como monitorar este ponto, o que fazer quando ocorrer um desvio, como o monitoramento é verificado e como se deve manter os registros
- **6. AUDITORIA POR UM GRUPO INDEPENDENTE DE REGISTROS**
- **7. REGISTRO DO HACCP**

**Figura 2** — The seven steps to HACCP registration according to Dawe (2000)

A segurança alimentar é uma questão contínua e que deve ser eficazmente enfocada com pesquisas da fazenda ao consumidor. Muito embora os programas HACCP estão bem definidos na indústria de alimentos, não está suficientemente clara a aplicação na produção animal. O objetivo principal a ser alcançado com programas HACCP é a segurança alimentar, devido ao crescente aumento das doenças de origem alimentar. Os agentes causadores das doenças alimentares podem ser resumidos segundo três grandes grupos: *físicos, biológicos e químicos*. No passado os agentes químicos eram menos perceptíveis; porém, passaram a ter importância atual devido aos resíduos de drogas em carcaças, as novas formas de agentes etiológicos de doenças (prions), a eventual presença de toxinas naturalmente presentes nos alimentos, as toxinas formadas em ingredientes e a transferência de substâncias tóxicas ao alimento por contaminação ambiental.

O documento elaborado pelo CFIA (2001), mostra os vários aspectos positivos de programas HACCP aplicados à indústria alimentar. Todos os elos da cadeia são envolvidos dentro dos princípios de controle de processos e de segurança alimentar. Sabe-se que no lado do consumidor, os perigos oriundos dos alimentos tem alto efeito nos custos das afeções alimentares, tanto em tratamentos médicos como também em dias ausentes do trabalho e sofrimento dos envolvidos. Na indústria alimentícia há conseqüências envolvendo recolhimento de produtos, interrupções no funcionamento, pagamentos de seguros, destruição da reputação e perda de clientes. Os fornecedores da indústria de rações são parte integrante da cadeia de carne e precisam ter informações semelhantes, havendo necessidade de normatização oficial e envolvimento da indústria de rações em programas voluntários de HACCP. Do lado do governo, a legislação existente precisa ser adaptada para dar segurança aos consumidores, havendo necessidade de maior fiscalização de parâmetros importantes na produção de rações e nos frigoríficos que produzem subprodutos, sem a qual não há possibilidades de melhoria dos sistemas.

No comércio internacional, o Brasil tem melhorado o seu desempenho nas exportações, porém é preciso melhorar também a qualidade dos produtos no mercado interno. Isso se consegue antecipando ações de controle dos processos e aplicação de boas práticas de fabricação (*good manufacturing practices BPF*), boas práticas de alimentação (*good feeding practices BPA*) dos animais e HACCP em pontos estratégicos da cadeia alimentar de carne, não de maneira pontual, mas de forma contínua, calculada e introduzida por autodeterminação das empresas com apoio do governo.

Programas de controle e auditoria de qualidade de rações começam a ser implementados em países envolvidos com produção animal intensiva. No Canadá (Douglas, 2001 e Dornan, 2001) e EUA (Jones, 1998; Muirhead, 2001a, b) os programas de HACCP vem sendo enfatizados na produção de rações como parte integrante do complexo alimentar de carnes. Também foi mostrado por Gill (2001) que há necessidade de certificação de ingredientes protéicos em função principalmente das novas regulamentações que envolvem as encefalopatias transmissíveis (TSE, BSE) e alimentos geneticamente modificados. Experiências como essas devem ser vistas e na medida do possível copiadas, pois representam avanços no processo de certificação de qualidade com rastreabilidade.

Entre os ingredientes, os de maior impacto econômico por quantidades de uso são o milho, a soja e seus subprodutos e as farinhas de origem animal. O milho

apresenta-se como principal fonte energética das rações de suínos e aves. Não obstante a demanda da *commodity*, há uma forte procura por milho com valor agregado. Além disso, a qualidade do milho nacional tem sido prejudicada por deficiências na pré-colheita e no armazenamento, havendo freqüentemente problemas com o surgimento de micotoxinas, as quais desmerecem a qualidade do cereal. A classificação de milhos por qualidade tem sido referida na Embrapa Suínos e Aves (Barioni Jr. et al.2000), mas a implementação de conceitos técnicos para classificar milho deveria ser um esforço direcionado, necessariamente com a parceria da indústria de rações, das associações de produtores de cereais e do governo.

Entre as oleaginosas, a soja é o principal grão, sendo que é processada por diversos equipamentos para desativar fatores antinutricionais ligados a digestão das proteínas nos animais. Nem sempre os processos são suficientemente eficazes para tal desativação o que leva a produtos de baixa qualidade no mercado de ingredientes. O farelo tem sido comercializado sem maiores cuidados na qualidade protéica. Pouco se sabe a respeito de padronização de farelos de soja, preços e qualidade nutricional, havendo uma lacuna muito grande para a certificação dos ingredientes derivados da soja que precisa ser trabalhada pelos mesmos atores dos cereais.

As farinhas de origem animal (FOA) tem sido estudadas sob vários aspectos havendo bom conhecimento sobre as mesmas e suas implicações na nutrição. Para Bellaver et al. (2001) as FOA são ingredientes muito importantes quanto aos aspectos econômico, sanitário e nutricional e seu uso na formulação de dietas é facilitado por conterem vários nutrientes em quantidades apreciáveis e pelo baixo custo em relação ao farelo de soja. Entretanto, as FOA tem sido mais questionadas nos últimos cinco anos devido aos riscos que pode conter. Em meados de 1997, a comissão européia (European Commission, 1997) organizou uma conferência científica com representantes de toda cadeia de produção e consumo de carnes para discutir o assunto produção e consumo das FOA em rações animais. O foco da discussão baseou-se em três princípios: a) fontes seguras, b) processos seguros e c) uso seguro.

No Brasil estima-se (Bellaver, 2001) que para uma produção superior a 12 milhões de toneladas de carnes há mais do que 4 milhões de toneladas em produtos não comestíveis e (ou) recicláveis (farinhas e gordura animal), com um valor econômico significativo (R\$ 2 bilhões/ano). Dados de Perfil (2001) indicam uma demanda de 1,4 milhões de toneladas de farinha de carne por ano. Uma grande parte do valor das farinhas é agregado na indústria de rações, a qual movimenta mais de R\$ 10 bilhões/ano. O autor defende que há possibilidades de melhorias nos processos de produção das FOA, passando a tratá-las como "ingredientes" e não "*commodities*", cujo comércio, dispensa maiores cuidados sobre qualidade nutricional e sanitária. Por isso, a padronização de procedimentos via BPF e(ou) HACCP é imperativa para assegurar qualidade aos subprodutos de origem animal, pois eles representam grande valor econômico e social para o país. É portanto necessário ter em mente os fatores antinutricionais (aminas, peróxidos), bactérias (Salmonelas, Coli), príon, cheiro, cor que podem estar presente em farinhas de baixa qualidade e podem afetar a qualidade final dos rações produzidas e por conseqüência a carne produzida a partir desse ingrediente.

Assim, os programas HACCP aplicados à indústria de rações são instrumento de gestão de segurança de alimentos, podendo ser aplicado de modo sistemático (Figura 2), preventivo e pró-ativo sobre as questões acima descritas e que são

gargalos da produção de rações e ingredientes. Baseia-se em sete princípios que são: 1) análise dos perigos, 2) identificação dos pontos críticos, 3) estabelecimento de medidas preventivas com limites para os pontos críticos, 4) estabelecimento de procedimentos para monitorar os pontos críticos, 5) estabelecimento de ações corretivas quando os pontos críticos forem observados, 6) estabelecimento de procedimentos para detectar se o sistema está funcionando corretamente e 7) manter relatórios do sistema HACCPP. Os elementos decisórios do sistema requerem a disponibilidade de dados obtidos cientificamente e estatisticamente avaliados, para que a análise de um processo, tanto na tomada de decisão acerca dos possíveis riscos, como na fixação de limites definidos pelo sistema, seja válida no sentido de promover os níveis mais altos possíveis de segurança alimentar, ao mesmo tempo que mantém as características de aceitação do produto no mercado.

Por outro lado, tanto o programa HACCPP quanto de BPF de ingredientes processados e rações tem como objetivo gerar procedimentos para a redução de riscos associados à segurança e ao consumo de alimentos cárneos. Assim, é importante estabelecer especificações de matérias-primas e ingredientes, práticas de manipulação, processamento e procedimentos de sanitização em unidades produtoras de ingredientes e na produção animal, como parte integrantes das cadeias mencionadas anteriormente. Algumas empresas implantaram BPF e (ou) HACCPP na produção de rações, porém o enfoque que está sendo dado é o operacional, ou seja melhoria de fluxos e da produção. O foco de programas de qualidade deve além do aspecto operacional, levar em consideração as especificações do Codex para a produção de carne para os mercados externo e interno, conforme já discutido e com normas referidas nos documentos da FAO (1997, 2000 e 2001).

As questões da fabricação de rações podem ter interpretações diferentes para os distintos elos da cadeia animal. No caso dos microingredientes de fabricação de rações, o uso responsável e prudente passa pelo respeito a legislação vigente, aos prazos de retirada do produto das rações, identificação laboratorial de resíduos nos produtos animais (carne, leite e ovos) e determinação da concentração do resíduo encontrado. Os antibióticos são particularmente importantes e efetivos quando a sanidade do rebanho e as condições ambientais sejam desfavoráveis, mas por outro lado, devem também ser buscadas melhorias nos sistemas produtivos por meios que envolvam melhorias na ambiência e no conforto dos animais. Devem ser usados somente microingredientes aprovados, nos níveis recomendados e para espécies ou fases recomendadas. Observar cuidados na mistura, as indicações de uso e, particularmente, cuidar o período de retirada, pois as pesquisas indicam essa necessidade. A isso podemos chamar uso prudente dos microingredientes de fabricação de rações e que os programas de HACCP podem implementar.

Com a aplicação de HACCPP, há vantagens para todos, pois ao governo, a manutenção de relatórios permite uma supervisão constante de como uma firma está atendendo as especificações sem ser uma investigação casual. Nos fabricantes de alimentos e de rações aumenta a responsabilidade de assegurar a qualidade prometida, mas também aumenta a competitividade da empresa reduzindo as barreiras internacionais devido a excelência na qualidade confirmada por programas auditados. O consumidor que é o alvo dos produtos, fica mais seguro da qualidade dos produtos sem que o preço seja a única variável de interesse. Com isso, aproximam-se



os interesses dos elos da cadeia alimentícia de carne, produtores, consumidores e governo.

A qualidade melhorada pode ser traduzida em selos de qualidade certificada, devendo-se ter cuidado na elaboração das normas de certificação e na credibilidade do agente certificador. Para Bellaver (1999), os selos de qualidade são importantes, porém não suficientes para os consumidores fazerem uma boa escolha. Conhecimento e informações são parte importante do mercado e os consumidores precisam ser educados com a informação corrente sobre as relações da saúde com o consumo de alimentos, das alternativas de produção e dos efeitos na saúde e no ambiente. Por isso a indústria da cadeia produtiva e processadora deve iniciar o processo de conscientização dos consumidores e ser transparente, não bastando apenas ações de marketing em promoção da qualidade.

A Embrapa Suínos e Aves, consciente do momento e das tecnologias disponíveis busca em parceria com o MAPA e indústrias do setor, antecipar-se com a proposta de projetos de P&D em segurança alimentar e certificação de qualidade de insumos para rações e produtos finais. Pretende através de um novo projeto (2002) trabalhar com a indústria de rações e fornecedores, visando definir normas com base científica para a certificação de ingredientes e rações, utilizando os programas BPF e(ou) HACCP e que incluam características nutricionais, microbiológicas e químicas.

## Conclusão

A pressão dos consumidores e o direcionamento do mercado para qualidade da carne continuará influenciando as atitudes e tecnologias sobre a aceitabilidade de certos ingredientes e aditivos alimentares para rações. Esses aspectos devem ser balanceados com o desafio do aumento de produção para satisfazer o mercado interno e externo e ao mesmo tempo, reduzir o custo de produção, como forma de se manter competitivo para ambos os mercados.

O banimento de certos ingredientes e promotores apresentam-se como desafios da indústria animal, a qual deve perceber que a opinião pública deve ser informada e educada com base nos conhecimentos científicos e tecnológicos disponíveis. Por isso as companhias competidoras e associações de produtores, cuja a prioridade deve ser o fornecimento de produtos seguros, uniformes e com qualidade, precisam entender que há uma vantagem diferencial para aqueles que assegurarem a qualidade baseados em programas de certificação, devidamente auditados por empresas independentes e com credibilidade pública.

Finalmente, os programas de análise de perigos e controle de pontos críticos (HACCP) e de boas práticas de fabricação, devem levar em conta as necessidades do mercado internacional, uma vez que essa tem sido a principal diretriz da qualidade da carne. Evidentemente que os programas devem ser aplicados para os mercados externo e interno, o que garantirá a satisfação dos clientes em geral.

## Referências Bibliográficas

- BARIONI JR., W.; LIMA, G.J.M.M. et al. Classificação de milho para produção de rações para suínos. In: CONGRESSO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, p. NA 14. Buenos Aires. Out. 2000.
- BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal. Campinas-SP p.167-190.18 a 20 de Abril de 2001a.
- BELLAVER, C. O nutricionista frente a sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE AS IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONOMICAS DO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL, 1999, Piracicaba, SP. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. p.1-22.1999.
- CFIA - Canada Food Inspection Agency. Food safety enhancement program. Disponível em: <http://www.cfia-acia.agr.ca/english/ppc/psps/haccp/haccpe.shtml> Acesso em 15 jun. 2001.
- DORNAN, R. J. Quality assurance implementation in the Canadian feed industry. Super Tech Feeds. Disponível em: <http://www.agric.gov.ab.ca/livestock/poultry/psiw9603.html> Acesso em 17 jun. 2001.
- DOUGLAS, J. HACCP principles can work effectively in a feed mill. Feedstuffs 73(19):27, 40-43. 2001.
- EMBRAPA. Plano Diretor da Unidade - PDU. 49p. 2000
- EUROPEAN COMMISSION. Consultation paper on meat and bone meal. [http://europa.eu.int/en/comm/dg06/vet/bse/01\\_en/summary.htm](http://europa.eu.int/en/comm/dg06/vet/bse/01_en/summary.htm). 1997.
- FAO. Animal feeding and food safety. Report of a FAO Expert Consultation. 28p. March 1997.
- FAO. WHO. Codex Alimentarius Commission. Ad-hoc intergovernmental Codex task force on animal feeding. 13 p. First Session. Dinamarca. 13-15 Junho 2000.
- FAO. WHO. Codex Alimentarius Commission. Report of the 2nd. Session of the ad-hoc intergovernmental Codex task force on animal feeding. 27 p. Dinamarca. 19-21 March 2001.
- GILL, C. Productos de proteínas animales y marinas com marcas registradas. Alimentos balanceados para animales. p14-16. Março-Abril 2001.
- JONES, F. J. Planos HACCP para plantas de alimentos. Indústria Avícola. Abril: 14-15. 1998.
- LAUTNER, B. HACCP - Its application for the pork industry. Swine Health and Pork Safety. NPPC. 75th Annual Meeting of the Conference of Research Workers in Animal Diseases. Nov. 2 ,1995. Chicago II. Disponível em: <http://www.vetinfo.net/haccp.html> Acesso em 15 jun. 2001.
- MUIRHEAD, S. Food safety incidents have some looking to extend HACCP throughout food, feed production chains. Feedstuffs 73(19):1, 22-23. 2001a.
- MUIRHEAD, S. International feed industry moves toward HACCP. Feedstuffs 73(19):26, 36. 2001b.
- NIELSEN, B.; BAGER, F. et al. Danish perspective on the implementation of HACCP in the swine industry. 75th Annual Meeting of the Conference of Research Workers in Animal Diseases. Nov. 2 ,1995. Chicago II. Disponível em: <http://www.vetinfo.net/haccp.html> Acesso em 15 jun. 2001.
- PERFIL da Industria Brasileira de Alimentação Animal 2001. ANFAL/SINDIRAÇÕES Folder. São Paulo.SP.
- PIERSON, M. An overview of Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) and its application to animal production food safety. 75th Annual Meeting of the Conference of Research Workers in Animal Diseases. Nov. 2 ,1995. Chicago II. Disponível em: <http://www.vetinfo.net/haccp.html> Acesso em 15 jun. 2001.

# CONSUMO DE CARNE FRESCA E SEGURANÇA ALIMENTAR: COMPORTAMENTO DOS CONSUMIDORES BELGAS

Wim Verbeke

Ghent University  
Department Agricultural Economics  
Coupure links 653, B-9000 Gent, Belgium  
Tel. 32-9-264 59 23;  
Fax 32-9-264 62 46;  
e-mail: wim.verbeke@rug.ac.be

## Resumo

Recentes problemas relativos à segurança alimentar têm alterado de maneira dramática o quadro da carne em toda a Europa. As reações do consumidor são vistas como a grande força motriz dessa mudança. Este documento apresenta *insights* sobre o processo de tomada de decisão do consumidor para com o consumo de carne suína fresca na Bélgica. Explora também as implicações e recomendações para uma futura produção suína, à luz das cada vez mais rigorosas condições da demanda em torno da questão da segurança. O trabalho resume os achados de uma pesquisa empírica executada na Bélgica entre 1996 e 2001. Nossa contribuição cobre as questões do consumo de carne, as percepções ou atitudes dos consumidores, o impacto da comunicação e o potencial da rotulagem e da rastreabilidade. Mais do que nunca, o abastecimento dos produtos corretos, acompanhado de uma comunicação confiável e efetiva, emerge como a chave para o futuro sucesso.

**Palavras chave:** segurança, qualidade, comportamento do consumidor, suíno, Bélgica

## 1 Introdução

A produção e o consumo de carne têm sido o alvo de pesadas críticas ao longo dos últimos dez anos. Muitas organizações, reunindo consumidores, a indústria, os produtores e os governos, bem como cientistas de inúmeras disciplinas, têm-se envolvido recentemente em debates gerados por muitos incidentes e movidos por motivações conflitantes e fatores de influência (Verbeke, 2000). Enquanto isso, a carne tem sido citada como o item alimentar para com o qual a confiança do consumidor experimentou a maior queda na última década (Richardson et al., 1994; Becker et al., 1998).

A pertinência da questão da carne e um melhor entendimento do processo de tomada de decisão do consumidor em torno da carne tornou-se fundamental para as diversas mudanças observadas a nível dos consumidores. Aliadas à importância crescente da qualidade, das propriedades organolépticas e sensoriais dos alimentos em geral, as questões relacionadas à segurança alimentar e à saúde humana têm visto sua atenção e importância crescer de maneira considerável, mais especialmente no que diz respeito à produção e ao consumo de carne fresca. Tradicionalmente, a carne tem representado uma parte substancial da dieta da Europa Ocidental. O crescimento do bem-estar econômico e social experimentado desde os anos 1950 gerou volumes crescentes de consumo de proteína de origem animal. Níveis recordes de consumo de carne foram observados na maioria dos países europeus durante a primeira metade dos anos 1990; desde então, porém, de maneira geral os níveis de consumo de carne fresca têm caído.

Desde o ponto de vista da indústria, as questões-chave para seu sucesso futuro estão relacionadas à adoção de novas tecnologias, inovação nos produtos, maior eficiência na produção e no processamento, gerenciamento da cadeia, uma eficiente e efetiva comunicação com os outros participantes da cadeia. No caso específico da indústria da carne, todo isso deverá ser alcançado à luz de uma imagem que não pára de piorar e dentro de um quadro caracterizado por muitas obrigações e demandas impostas pelos consumidores, pelos varejistas, pelos parceiros comerciais ou pelos governos.

A nível da granja ou do produtor primário, os desafios são semelhantes aos enfrentados pela indústria: a necessidade de alcançar uma maior eficiência produtiva, a adoção de novas tecnologias, atender regulamentações cada vez mais rigorosas, um apoio governamental em declínio, e todo isso com a necessidade de continuar competitivo nos mercados local, internacional e mundial. Tal tarefa é particularmente árdua, devido à organização estrutural e à natureza dispersa da agricultura em muitas regiões europeias.

Por fim, os governos enfrentam a tarefa de proteger os consumidores, garantir uma renda justa para os agricultores, e propiciar os necessários marcos legais. Faz poucos anos que surgiram essas questões em torno da pecuária e da produção de carne. As questões abrangem desde a segurança do produto (intrínseca e percebida), a saúde humana e animal (BSE, dioxina, patogênicos, aditivos), a política agrícola (Política Agrícola Comum e Agenda 2000), a opinião pública (hormônios de crescimento e bem-estar dos animais), a proteção do meio ambiente (disposições do esterco, efeitos secundários da agricultura moderna e preservação das áreas rurais), até os acordos de comércio internacionais (GATT e WTO).

Quanto à questão específica da produção de carne suína na UE, espera-se uma queda de um por cento para o ano 2001, contra a estimativa de um crescimento de 2% no volume de produção mundial em relação com o ano 2000 (MLC, 2001). A redução da produção é o resultado da implementação de planos de desistência em vários países membros, em consequência de uma legislação ambiental que proíbe excesso de dejetos em áreas-chave de produção. Espera-se um modesto aumento no consumo de carne suína após a crise da carne bovina. Apesar de projeções que apontam para um futuro brilhante, a produção suína europeia depara-se com uma variedade de obrigações que poderão constituir-se numa ameaça para sua posição competitiva (Verbeke e Viaene, 2001).

São dois os objetivos deste trabalho: em primeiro lugar, apresentar *insights* em torno do processo de tomada de decisão do consumidor para com o consumo de carne suína e fresca, a partir de uma pesquisa em andamento na Bélgica, e, em segundo lugar, explorar as implicações e recomendações para o futuro da produção suína à luz das cada vez mais rigorosas demandas em torno da segurança. Este documento resume os resultados de uma pesquisa empírica levada a cabo durante o período 1996-2001 na Bélgica, a totalidade desses resultados tendo sido divulgada em várias publicações jornalísticas. Veja as referências abaixo, onde o leitor encontrará os detalhes das abordagens metodológicas, análises empíricas, tabelas e gráficos.

## **2 Comportamento do consumo de carne**

A evolução do consumo de carne na Bélgica, desde 1955, revela a ocorrência de claras mudanças no longo prazo. A ingestão de gordura e proteínas animais tem aumentado, juntamente com uma saúde cada vez melhor nas sociedades da Europa Ocidental. Com o passar do tempo, foi observada uma passagem das carnes vermelhas para as carnes brancas. Níveis recorde de consumo de carne foram alcançados na primeira metade dos anos noventa, e desde então os números seguem uma curva fortemente descendente, mais especialmente à luz do consumo de carne per capita. Num período de seis anos (1995-2000), o consumo de carne bovina e vitela das famílias belgas caiu mais de 28%, enquanto o de carne suína e de aves baixou 7% e 3%, respectivamente. O consumo não familiar pode ter aumentado, mas não existem números disponíveis. Não obstante, os dados disponibilizados pelos balanços de abastecimento e painéis de consumidores residenciais apontam sistematicamente para significativas reduções no consumo, o que exemplifica um "mal-estar" generalizado para com a carne fresca.

A pesquisa empírica revelou que tanto o comportamento assumido no passado pelos entrevistados como suas intenções para o futuro corroboram grandemente o claro declínio no consumo de carne bovina e suína evidenciado pelos dados do painel. Com bases nos resultados de uma pesquisa de abril de 1998, esperava-se uma contínua redução no consumo de carne bovina e suína fresca, redução essa que acabou sendo confirmada pelos dados do painel de consumidores para o ano de 1999. Quanto à frequência do consumo de carne fresca, ficou evidenciado que quem consumia diariamente carne fresca estava menos propenso a diminuir seu nível de consumo em relação com consumidores menos frequentes. Os grandes consumidores de carne estavam mais decididos a manter seus níveis de consumo, enquanto os consumidores menos frequentes pretendiam reduzir ainda mais a frequência de seu consumo de carne fresca, passando de um consumo diário de carne fresca para um consumo alguns dias por semana (Verbeke et al., 2000).

## **3 Atitude do consumidor: percepção da carne fresca**

Na perspectiva do consumidor, os atributos chave da carne fresca derivam de uma pesquisa qualitativa e de uma revisão da literatura. A seguir, a percepção que o consumidor tem da carne fresca, inclusive a suína, foi avaliada em escalas

durante duas pesquisas junto a consumidores. Uma revisão dos perfis de classificação em abril de 1998 apontou que os problemas de imagem da carne suína deviam-se basicamente ao fato da carne suína ser vista como sendo a carne mais gorda, de pior sabor, menos saudável e de menor qualidade geral (Verbeke e Viaene, 1999a). Deve-se notar que todos os tipos de carne fresca (inclusive a suína) receberam em média uma imagem negativa no que diz respeito ao bem-estar dos animais. Enquanto as preocupações com a segurança da carne continuam fundamentais na atualidade, outros resultados apontaram também para a importância crescente da preocupação com o bem-estar dos animais no momento de se tomar uma decisão quanto ao consumo de carne num futuro próximo (Verbeke e Viaene, 2000).

O mesmo exercício de medição da percepção dos consumidores foi repetido dois anos depois, em abril de 2000, após a crise da dioxina que sacudiu a Bélgica. Assim como as crises anteriores relacionadas com a segurança da carne (abusos na aplicação de hormônios, resíduos de antibióticos, BSE), o escândalo da dioxina recebeu uma enorme cobertura por parte da mídia, que trouxe a questão à atenção do público em 27 de maio de 1999. Num primeiro momento, as notícias jornalísticas sugeriram uma minimização, ou até um acobertamento da situação por parte dos Ministérios da Agricultura e da Saúde Pública, dos riscos para a saúde humana resultantes da contaminação das rações animais pela dioxina. A causa do problema da dioxina datava do fim de janeiro de 1999 e residia num óleo processado contaminado por dioxina e PCB, óleo esse que entrava na cadeia alimentar. Inicialmente, gerou uma mortalidade anormal de poedeiras e uma redução na eclodibilidade dos ovos. Análises subseqüentes indicaram níveis de dioxina que ultrapassavam as normas legais, como as aplicáveis à gordura de aves, em 1500 vezes. Em 28 de maio, todos os frangos e ovos foram retirados das gôndolas das lojas belgas. Além disso, parte das rações para frango havia sido aparentemente reciclada como ração para suínos, introduzindo portanto a carne suína no debate e levando à retirada do produto do mercado. A proibição inicial de produtos cárnicos na Bélgica foi seguida rapidamente por embargos contra as carnes e os ovos belgas por parte de outros países da União Européia, embargos esses fundamentados nas decisões da comissão veterinária da EU. Todas as medidas restritivas foram levantadas somente em 18 de abril de 2000 pela decisão 2000/301 da EU, que marcou o encerramento formal da crise.

A suinocultura e, mais particularmente a avicultura, sofreram os efeitos da crise da dioxina, efeitos esses que acabaram repercutindo sobre seus perfis percentuais. Isso levou a significativas mudanças para o pólo "com hormônios" da escala semântica diferencial (ou associações mais fortes com "contém hormônios") na percepção de ambas essas carnes. Além disso, a percepção dos frangos, em termos de "qualidade", "confiabilidade" e "segurança" piorou de maneira significativa após a crise da dioxina. Não foram detectadas outras mudanças nos perfis da percepção da produção suína e avícola, o que é razoável na ausência de mudanças substanciais para com as questões sensoriais, de preço, de conveniência ou de bem-estar dos animais durante o período de tempo analisado (Verbeke, 2001a).

Uma comparação das crenças com as variáveis comportamentais revelou que resultados inferiores na percepção dos atributos saúde e segurança da carne suína podiam ser associados a um maior declínio no consumo de carne no passado, bem como a intenções mais firmes de uma redução contínua no futuro próximo. Ao

contrário, as associações entre as intenções comportamentais e a importância dos atributos indicaram que, de maneira geral, a carne continuava sendo apreciada devido a seu sabor e sua conveniência quanto à sua preparação.

Detectou-se uma considerável disparidade entre os fatos, ou critérios de indicadores científicos sobre a carne, e a percepção desses fatos por parte dos consumidores. Esse fenômeno foi especificamente relacionado com as características sensoriais, de teor de tecidos magros e saúde da carne suína (Verbeke, Van Oeckel et al., 1999), mas também estava associado aos rótulos de qualidade da carne (Verbeke e Viaene, 1999b). Descobriu-se que a percepção da carne suína era pior quando comparada à carne bovina e de frangos em termos de "teor de tecido magro", "saúde", e atributos relacionados com consumo ou qualidade sensorial, isto é, "sabor" e "maciez". Ao contrário, foi cientificamente demonstrado que a carne suína pode ter baixos teores de gordura e colesterol, ou ter um sabor e maciez excelentes, de acordo com o corte e o manuseio ao longo da cadeia da carne. Conclusões semelhantes foram obtidas quanto à percepção dos rótulos de qualidade. Uma parte considerável dos consumidores entrevistados afirma comprar carne rotulada, porém não consegue lembrar qualquer rótulo sem ajuda. Adicionalmente, são atribuídos a uma carne com rótulo de qualidade características e benefícios que não correspondem ao real desempenho do rótulo.

## 4 Impacto da comunicação

A atenção dada à publicidade da mídia revela ter uma influência das mais negativas sobre o comportamento do consumidor e sobre seu processo de tomada de decisão para com a carne fresca. Os consumidores que tinham acompanhado a cobertura da mídia sobre as questões envolvendo a carne fresca declararam ter reduzido de maneira significativa seu consumo de carne em relação com o passado, bem como sua intenção de continuar assim no futuro próximo. Além disso, esses consumidores tinham uma percepção das carnes bovina e suína pior quanto aos atributos associados com a saúde, confiabilidade e segurança do produto. Descobriu-se, finalmente, que os consumidores que dão uma grande importância às notícias da mídia expressam uma maior conscientização quanto à saúde, uma maior ignorância dos riscos para a saúde, e uma maior preocupação com os potenciais perigos para a saúde do que costumeiramente relatadas na mídia. Ao mesmo tempo em que se descobriu que o impacto da atenção dada à publicidade na mídia era muito significativo, descobriu-se também que os níveis de atenção à comunicação pessoal junto aos açougueiros ou à propaganda geravam algum impacto, embora muito mais limitado. Os consumidores de carne que prestam uma grande atenção à informação de seus açougueiros declararam ter uma percepção mais positiva, embora isso não se tenha traduzido em maiores associações com preocupações quanto à saúde, ao comportamento declarado ou quanto às intenções comportamentais (Verbeke, Viaene et al., 1999).

O impacto negativo da propaganda televisiva foi confirmado por análises econométricas probit e pela estimativa de um Sistema de Demanda Quase Ideal (SDQI) para a carne fresca, incluindo os efeitos da informação. As probabilidades de um corte no consumo de carne fresca aumentavam à medida que os consumidores declaravam ter prestado muita atenção à cobertura das questões da carne pela

televisão. Da mesma maneira, os parâmetros dos índices da cobertura televisiva foram amplamente significativos e negativos no modelo do SDQI, diferentemente das estimativas das variáveis dos gastos em propaganda, as quais eram desprezíveis. Por exemplo, no caso da carne bovina na Bélgica durante a segunda metade dos anos noventa, detectou-se uma razão negativa de cinco contra um entre a imprensa e o impacto da propaganda (Verbeke e Ward, 2001). Quer dizer que cinco unidades de notícias positivas são necessárias para compensar o impacto de uma mensagem negativa semelhante, ou, que a indústria da carne precisa comunicar cinco vezes mais (em termos de frequência, sendo assumida uma efetividade semelhante) do que as mensagens negativas transmitidas pela mídia. Essa razão é particularmente alarmante quando se sabe que uma cobertura negativa é considerada gratuita, enquanto investir em propaganda é tremendamente caro para toda a indústria. A impotência da propaganda explica-se pelo fato de que não foi alcançado um patamar mínimo de desempenho ou de investimento, que pode ser particularmente alto numa época dominada por um má imprensa (Forker e Ward, 1993).

## 5 O potencial da rotulagem e da rastreabilidade

Durante as entrevistas, ficou patente que os consumidores expressam cada vez mais preocupações com a qualidade e dificuldades para avaliar a qualidade da carne fresca com o tempo. Tem sido indicado que um rótulo pode servir como um importante indicador intrínseco da qualidade do produto no processo de avaliação (Caswell, 1992; Issanchou, 1996). Através de uma garantia, a confiança do consumidor pode ser estabelecida e a decisão de compra pode receber uma influência favorável. No entanto, os resultados empíricos indicaram que com o tempo, os consumidores têm-se tornado mais críticos para com os rótulos de qualidade da carne. Além disso, descobriu-se que o conhecimento e a percepção dos rótulos contrastavam fortemente com a exatidão das características do produto que constam da etiqueta. Isso pode ser explicada por uma falta de clareza vivida pelos consumidores, resultante da disponibilidade de uma enorme diversidade de rótulos no mercado belga da carne, que gerou confusão e mal-entendido entre os consumidores. Não obstante, os consumidores que experimentaram (compraram) carne com um rótulo de qualidade declararam ter um melhor conhecimento da carne etiquetada e uma atitude significativamente mais favorável em relação a ela (Verbeke e Viaene, 1999b).

O suporte racional que os consumidores procuram ao tomar suas decisões de compra de carne pode ser proporcionado através do estabelecimento de um sistema, à prova d'água, de identificação, rastreabilidade e de controle, eventualmente selado em um rótulo que garanta o reconhecimento e uma segurança adicional. A rastreabilidade, a rotulagem e dispositivos de segurança são implementados para diminuir as preocupações do consumidor, porém as normas e realizações são de comunicação difícil e têm o risco de serem percebidas pelos consumidores como insuficientes ou sem sentido. Apesar da dificuldade para implementar esses sistemas no caso específico da carne suína (onde na maioria dos casos a identificação se faz por lotes em vez de maneira individualizada), os consumidores apóiam amplamente oportunidades como a capacidade para organizar a cadeia de maneira



mais eficiente, monitorar essa cadeia, e avaliar as responsabilidades individuais, e, conseqüentemente a adoção de uma política e regulação públicas. Extensões no que diz respeito às características do processo, tais como métodos de produção alternativos, a origem e a rotulagem, têm uma importância menor para o grande público e interessam tão somente segmentos específicos do mercado. Assim sendo, a intervenção do lado da caracterização do processo está mais adaptada para as iniciativas privadas e abarca oportunidades para a diferenciação do produto e uma vantagem competitiva em mercados bem definidos (Gellynck e Verbeke, 2001; Verbeke, 2001b). Apesar das oportunidades, ficou estabelecido que a rastreabilidade em si não garante nada, a não ser a capacidade para rastrear os produtos até suas origens. Assim, está emergindo a idéia de que os produtos a valor agregado de hoje tornar-se-ão amanhã produtos corriqueiros. Assim, enfatizando novamente as reais oportunidades da rastreabilidade é fundamental para o sucesso no futuro: seu potencial de uso como ferramenta de gestão da cadeia e como a base para uma comunicação com os clientes e os consumidores. Ao mesmo tempo em que os sistemas de rastreabilidade incluem grandes oportunidades e uma ampla quantidade de benefícios potenciais para diferentes grupos alvo, um maior desenvolvimento bem-sucedido parece ser determinado pelo grau de orientação do consumidor e pela capacidade de proporcionar esses benefícios para as respectivas partes, inclusive o consumidor final.

## 6 Implicações e recomendações

As implicações da pesquisa abrangem três níveis, instituições ou organizações: a produção de animais ou a pecuária, o setor ou indústria da carne, e governo. Os assuntos abordam questões tecnológicas e de marketing. Também estão envolvidas as práticas na atual pecuária e no processamento da carne, bem como a comunicação para o consumidor final a partir de diferentes fontes e diferentes meios de comunicação.

Em primeiro lugar, a nível da pecuária, ficou evidenciado que os desafios a serem vencidos abrangem uma maior eficiência da produção, a adoção de novas tecnologias, atender regulamentações cada vez mais rigorosas, enfrentar um suporte governamental em declínio, e permanecer competitivo nos mercados nacional e internacional. Além dessa já difícil tarefa, mais do que nunca surge a necessidade de produzir uma carne de qualidade e intrinsecamente segura através de métodos de produção preocupados com o bem-estar dos animais e não agressivos para com o meio-ambiente. Este último fator é uma pré-condição absoluta para o futuro desenvolvimento da produção suína na Bélgica. Na falta de iniciativas pessoais, os pecuaristas deparar-se-ão com uma crescente interferência do governo, da indústria e dos varejistas e a imposição de práticas, normas e controles de trabalho. Por ser o ponto de partida da cadeia da carne, a pecuária precisa urgentemente reorientar-se para a qualidade num sentido amplo, inclusive a qualidade dos processos e dos produtos, o bem-estar dos animais e a preservação do meio-ambiente, em vez de uma produção de massa centrada na quantidade.

Em segundo lugar, também no nível do setor ou da indústria da carne, grandes obrigações estão sendo impostas pelas mudanças nas demandas dos consumidores

e pelas regulamentações, bem como por pedidos de garantias por parte dos outros participantes da cadeia. A aquisição e manutenção da vantagem competitiva têm-se tornado um real desafio para os atores numa indústria alimentar cada vez mais globalizada. Qualidade, saúde, conveniência e procura de variedade no nível dos consumidores requerem inovações em termos de processos e produtos, bem como a adoção de novas tecnologias e do controle de qualidade. Restaurar a imagem da carne e a confiança dos consumidores são reconhecidas como sendo prioridades. No entanto, parece haver um longo e árduo caminho até poder prevenir uma maior contração do mercado da carne. Prévias tentativas nessa direção não têm-se revelado incondicionalmente bem-sucedidas. A tradução de realizações numa comunicação efetiva e eficiente para os participantes da cadeia e, mais especialmente, para o consumidor final, é realmente uma tarefa difícil, uma tarefa, no entanto, que pede a plena cooperação e atenção de todas as partes interessadas do setor.

Em terceiro lugar, ficou evidenciado um triplo papel para os governos. Uma primeira tarefa tem a ver com as políticas públicas e consiste em proteger os consumidores graças à difusão das informações e proporcionado um acompanhamento quanto aos riscos e benefícios potenciais para a saúde. Em segundo, o governo precisa propiciar marcos legais claros e sem ambigüidade, inclusive o estabelecimento e o controle de padrões de produto e de produção. Padrões e regras claras incluem definitivamente benefícios para todos os participantes da cadeia. Entretanto, a globalização da indústria alimentar e dos mercados deve ser tomada em consideração para evitar distorções na posição competitiva da indústria. Em terceiro, um papel-chave de coordenação deve ser dado aos governos no que diz respeito à coordenação da comunicação e ao estabelecimento e condução de sistemas de rastreabilidade e de controle de qualidade.

## 7 Conclusões

Nesta pesquisa, em andamento há vários anos na Bélgica, foi construído um retrato global do comportamento dos consumidores para com a carne e do impacto das questões ligadas à segurança da carne. Problemas da imagem da carne suína vêm de sua percepção, por parte dos consumidores, como sendo a carne de maior teor de gordura, de pior sabor, menos saudável e globalmente de menor qualidade. Apesar dos problemas associados à clássica peste suína, os resíduos de tranquilizantes e antibióticos, o consumo de carne suína está quase estabilizado. Isso provavelmente se deve, em grande parte, mais a substituições após a crise vivida pelo setor da carne bovina, do que ao desempenho da própria cadeia da produção suína. Ficou mostrado também que a percepção não corresponde à realidade. Existe uma tremenda má percepção entre os consumidores, uma falta de conhecimento e uma defasagem entre os fatos e os indicadores científicos associados à saúde e às características sensoriais da carne suína, bem como associados à carne com rótulo de qualidade.

Ficou patente que a atenção dada à publicidade da mídia tem afetado, significativa e negativamente, a tomada de decisão de consumo de carne fresca. Ao contrário, detectou-se pouca evidência de algum efeito positivo da publicidade. A conclusão disso é que eliminar qualquer fundamento para uma imprensa negativa deve ser a prioridade do setor da carne, inclusive a cadeia suína. Isso pode ser alcançado com

a produção de produtos seguros e sãos, com métodos de produção aceitáveis no que diz respeito ao bem-estar dos animais e ao meio-ambiente, e com aplicações práticas de sistemas de monitoramento da qualidade e da cadeia. Por fim, produtos corretos devem ser acompanhados de uma comunicação confiável e efetiva. Esse desafio da comunicação será provavelmente mais difícil de vencer do que o desafio da segurança da carne, mas o retorno em termos de confiança e aceitação do produto por parte dos consumidores vale definitivamente essa luta.

## 8 Referências Bibliográficas

- BECKER, T., BENNER, E., GLITSCH, K., 1998. Summary report on consumer behaviour towards meat in Germany, Ireland, Italy, Spain, Sweden and United Kingdom: Results of a consumer survey. Working paper FAIR CT-95-0046, The University of Hohenheim, Göttingen.
- CASWELL, J., 1992. Current information levels on labels. *American Journal of Agricultural Economics* 74, 1196-1201.
- FORKER, O., WARD, R., 1993. *Commodity advertising: The economics and measurement of generic programs*. Lexington Books, New York.
- GELLYNCK, X., VERBEKE, W., 2001. Consumer perception of traceability in the meat chain. *Agrarwirtschaft* 50 (6), 368-374.
- ISSANCHOU, S., 1996. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Science* 43, S5-S19
- MLC, 2001. *International meat market review*, Issue No. 29, June 2001. MLC, Milton Keynes.
- Richardson, N., MacFIE, H., SHEPHERD, R., 1994. Consumer attitudes to meat eating. *Meat Science* 36, 57-65.
- VERBEKE, W., 2000. Influences on the consumer decision-making process towards fresh meat: Insights from Belgium and implications. *British Food Journal* 102 (7), 522-538.
- VERBEKE, W., 2001a. Beliefs, attitude and behaviour towards fresh meat revisited after the Belgian dioxin crisis. *Food Quality and Preference* 12 (8), 489-498.
- VERBEKE, W., 2001b. The emerging role of traceability and information in demand-oriented livestock production. *Outlook on Agriculture* 30 (4), 235-241.
- VERBEKE, W., Van OECKEL, M., WARNANTS, N., VIAENE, J., BOUCQUÉ, C., 1999. Consumer perception, facts and possibilities to improve acceptability of health and sensory characteristics of pork. *Meat Science* 53 (2), 77-99.
- VERBEKE, W., VIAENE, J., 1999a. Beliefs, attitude and behaviour towards fresh meat consumption in Belgium: Empirical evidence from a consumer survey. *Food Quality and Preference* 10 (6), 437-445.
- VERBEKE, W., VIAENE, J., 1999b. Consumer attitude to beef quality labeling and associations with beef quality labels. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 10 (3), 45-65.
- VERBEKE, W., VIAENE, J., 2000. Ethical challenges for livestock production: Meeting consumer concerns about meat safety and animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 12 (2): 141-151.

VERBEKE, W., VIAENE, J., 2001. European livestock production at the crossroads. *AgriWorld Vision* 1 (3): in press.

VERBEKE, W., VIAENE, J., GUIOT, O., 1999. Health communication and consumer behavior on meat in Belgium: From BSE until dioxin. *Journal of Health Communication* 4 (4), 345-357.

VERBEKE, W., WARD, R., 2001. A fresh meat almost ideal demand system incorporating negative TV press and advertising impact. *Agricultural Economics* 25 (2/3,): 359-374.

VERBEKE, W., WARD, R., VIAENE, J., 2000. Probit analysis of fresh meat consumption in Belgium: Exploring BSE and television communication impact. *Agribusiness* 16 (2), 215-234.

# OCORRÊNCIA DE GENES RESISTENTES À VANCOMICINA *VAN*, *VANB*, *VANC1*, *VANC2* AND *VANC3* EM ENTEROCOCOS ISOLADOS DE AVES E SUÍNOS

Lemcke, R.<sup>1</sup>

M. Bülte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Landesuntersuchungsamt Rheinland-Pfalz, Fachbereich Tiermedizin  
Blücherstraße 34, 56073 Koblenz, Alemanha  
Tel: 0261/404050, Fax: 0261/4040598  
e-mail: Roland.Lemcke@lua.rlp.de

<sup>2</sup>Institute of Veterinary Food Science, Faculty of Veterinary Medicine  
Justus-Liebig University Giessen, Frankfurterstr. 92, 35392 Giessen, Alemanha  
Tel: 0641/9938251, Fax: 0641/9938259  
e-mail: foodscience@vetmed.uni-giessen.de

## Resumo

Suspeita-se que o uso da avoparcina como antibióticos alimentar para animais contribui para o desenvolvimento de resistência cruzada contra vancomicina e teicoplanina (KLARE et al., 1995; WITTE et al., 1995). Depois do isolamento de enterococos em carne de aves e de suínos por cultivo em ágar CATC (Citrato Azida Tween Carbonato) e o screening de resistência à vancomicina em ágar Columbia CNA agar (Colistin Nalidixic Acid agar, suplementado com 5% de sangue ovino e 5mg de vancomicina/l, GREEN et al., 1990) a reação em cadeia da polimerase (PCR) foi usada para a detecção de genes de resistência à *vanA* („alto nível", ARTHUR e COURVALIN, 1993; KLARE et al., 1995), *vanB* („nível moderadamente alto", QUINTILIANI et al., 1992), *vanC1*, *vanC2*, e, respectivamente, *vanC3* („baixo nível", SATAKE et al., 1997; CLARK et al., 1998).

Dos isolados 1643 *E.-* de 115 amostras de carne de aves e 50 de carne suína, 420 isolados foram identificados como as vancomicina-resistentes, 202 dos quais apresentaram o *vanA*; um isolado, *vanA* e *vanC1*; 38 isolados *vanC1*; 14 isolados *vanC2*; 9 com *vanC1* e *vanC3* e 156 isolados sem estes genes. O gene *vanB* não foi encontrado nestes isolados. Comparando os isolados de alimentos *vanA*-positivos com os de diferentes fontes humanas por meio de eletroforese em gel em campo pulsátil (PFGE), foi claramente demonstrado que eles não demonstram fingerprints homólogos de acordo com a fonte de origem. Portanto, é improvável que haja uma relação genética próxima entre isolados de alimentos de origem animal e humanos.

**Palavras-chave:** *van*<sup>R</sup> genes de *enterococos* vancomicina/teicoplanina-resistentes, , avoparcina, aves, suínos, reação em cadeia da polimerase (PCR), eletroforese em gel em campo pulsátil (PFGE).

## 1 Introdução

*Enterococos (E.)* spp. resistentes à vancomicina causam cada vez mais infecções hospitalares em seres humanos, p. ex., do trato urinário e de feridas, bacteremia e endocardite, desde 1990 (FRAIMOW et al., 1994; GREEN et al., 1990; KLARE et al., 1995).

O uso do antibiótico glicopeptídeo avoparcina (produzido pelo *Streptomyces candidus*) como aditivo alimentar (chamado "promotor de crescimento") na criação comercial de animais (suínos, aves, bovinos e bezerros) está proibido na Alemanha desde janeiro de 1996, e na UE desde abril de 1997. Suspeita-se que o uso da avoparcina contribua para o desenvolvimento de resistência cruzada contra antibióticos glicopeptídeos (vancomicina e teicoplanina) em espécies de *Enterococcus (E.)*, um dos mais importantes patógenos de infecção hospitalar em seres humanos (WOODFORD et al., 1995). A pergunta a ser feita é se o uso ou não de avoparcina para animais produtores de alimentos causa resistência à vancomicina em cepas de enterococos (VRE) como causa de infecções intratáveis em humanos. Isto parece possível, pois a contaminação fecal de carcaças com estas cepas poderia ser causada por má higiene ao abate. Portanto, os alimentos de origem animal poderiam ser um vetor destas cepas. A resistência à vancomicina (*van*) é codificada por vários genes (*vanA*, *vanB*, *vanC1*, *vanC2*, *vanC3*, *vanD* e *vanE*, ARTHUR e COURVALIN, 1993; QUINTILIANI et al., 1992; CLARK et al., 1998; SATAKE et al., 1997; PERICHON et al. 1997; COURVALIN, 1999; FINES et al., 1999). Especialmente, o gene *vanA* é o mais preocupante, pois media a resistência de "alto nível". A resistência está localizada no transposon *Tn1546* em um plasmídeo conjugado (KLARE et al., 1997).

- O objetivo de nossa pesquisa foi:
  - estimar a ocorrência de enterococos resistente à vancomicina (VRE) em carne de aves e de suínos em Giessen de janeiro de 1996 a agosto de 1997,
  - pesquisar os genes *vanA*, *vanB*, *vanC1*, *vanC2* e *vanC3* através de reação em cadeia da polimerase (PCR) e
  - comparar o gene *vanA*-positivo em isolados de alimentos com o *vanA*-positivo em isolados de origem humana por meio de eletroforese em gel em campo pulsátil (PFGE), que pode ser usado como procedimento de fingerprinting de DNA para diferenciação intra-específica.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Pesquisas microbiológicas

1643 cepas de *E.* de 115 amostras de carne de aves da Alemanha, Holanda, França e Hungria, 50 amostras de carne suína da Alemanha e isolados de origem humana foram isolados em ágar CATC (Citrato Azida Tween Carbonato) segundo o método § 35 (L 06.00-32) do „Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz" (LMBG) da Alemanha

Depois do isolamento e da confirmação bioquímica, todos os isolados foram submetidos a screening para verificar a resistência à vancomicina em ágar Columbia CNA (Colistina Ácido Nalidíxico, suplementado com 5% de sangue ovino e 5mg vancomicina/l; GREEN et al., 1990).

## 2.2 Pesquisas moleculares

Todas as cepas identificadas como VRE foram testadas com primers especiais em reação em cadeia da polimerase (PCR) para os genes resistentes *vanA*, *vanB*, *vanC1*, *vanC2* e *vanC3* (LEMCKE et al., 2000). A Tabela 1 mostra as seqüências usadas de oligonucleotídeos para a amplificação dos fragmentos internos de pares de bases típicos de genes *van*.

**Tabela 1** — Seqüências de oligonucleotídeos para a amplificação dos genes *van*

Gene	Amplicon	Acrônimo do Primer	Seqüências de oligonucleotídeos (5'-3')	Referências
<i>VanA</i>	377 bp <sup>1</sup>	<i>VanA</i> I: <i>VanA</i> II:	TCT gCA ATA gAg ATA gCC gC GG AgT AgC TAT CCC AgC ATT	KLARE, 1995
<i>VanB</i>	529 bp	<i>VanB</i> I: <i>VanB</i> II:	gCT CCg CAg CCT gCA Tgg ACA ACg ATg CCg CCA TCC TCC TgC	FRAIMOW, 1994
<i>VanC1</i>	796 bp	<i>VanC1</i> I: <i>VanC1</i> II:	gAA AgA CAA CAg gAA gAC CgC TCg CAT CAC AAg CAC CAA TC	CLARK, 1998
<i>VanC2</i>	484 bp	<i>VanC2</i> I: <i>VanC2</i> II:	Cgg ggA AgA Tgg CAg TAT CgC Agg gAC ggT gAT TTT	SATAKE, 1997
<i>VanC3</i>	224 bp	<i>VanC3</i> I: <i>VanC3</i> II:	gCC TTT ACT TAT TgT TCC gCT TgT TCT TTg ACC TTA	CLARK, 1998

(Primers foram sintetizados por TIB MOL BIOL Syntheselabor, Berlim, Alemanha.

<sup>1</sup> pares de bases (bp)

Para comparar as 203 cepas *vanA*-positivas de *E. coli* de alimentos com 82 isolados de diferentes fontes humanas, usamos o PFGE (endonuclease de restrição *Sma*I) segundo EISENACH et al. (1992) e KLARE et al. (1997). Os resultados do PFGE foram analisados com o software Gel Compar 4.0 (Fa. Applied Maths, Bélgica).

## 3 Resultados

No total, foram isolados 1643 isolados de *E. coli* de alimentos de origem animal em 50 amostras de carne suína e de 115 amostras de carne de ave. 420 isolados de *E. coli* foram identificados como resistentes à vancomicina usando o ágar Columbia CNA suplementado com vancomicina. O gene *vanA* foi detectado apenas em amostras de carne de ave, mas não em amostras de carne suína. Por exemplo, os resultados correspondentes são apresentados na Figura 1. As Tabelas 2 e 3 descrevem os resultados correspondentes às amostras de alimentos de origem animal, as Tabelas 4 e 5, os dados relevantes dos isolados. O gene *vanA* foi encontrado em 202 isolados

(31 cepas de *E. faecalis*, 127 de *E. faecium*, 34 de *E. durans* e 10 de *E. hirae*), os genes *vanA* e o *vanC1* foram encontrados em um isolado de *E. gallinarum* unicamente em 50 amostras de carne de ave (43,5%). A especificidade do amplicon típico do gene *vanA* foi verificado com a endonuclease de restrição do *Clostridium formioaceticum* (*Cfol*). Este gene de resistência também foi detectado em nossas cepas clínicas e nossas 5 cepas de coleta.

**Tabela 2** — Ocorrência de enterococos resistentes à vancomicina em 50 amostras de carne suína e em 115 de carne de aves

Origem	Alimento (carne)	Número (%)	
		Amostras	VRE-pos. <sup>1</sup>
Alemanha	Suínos	50	24 ( 48,0)
	Aves	61	44 ( 72,1)
Holanda	Aves	43	33 ( 76,7)
França	Aves	10	10 (100,0)
Hungria	Aves	1	1 (100,0)
in total	Suínos	50	24 ( 48,0)
	Aves	115	87 ( 75,7)
	Total	165	111 ( 67,3)

<sup>1</sup> amostras com enterococos resistentes à vancomicina (VRE) por meio de ágar Columbia CNA, suplementado com 5mg vancomicina/l

Com exceção destes VRE de "alto nível", não conseguimos detectar amostras com o gene *vanB*.

Detectamos enterococos *vanC*-positivos em carne suína da Alemanha. 5 isolados tinham o gene *vanC1*- (*E. gallinarum*); um isolado, o *vanC2*-(*E. casseliflavus*) e 7 isolados, o *vanC2*- e o *vanC3* (*E. casseliflavus*)..

Os resultados da detecção dos genes *vanC* genes estão descritos na Figura 2.

Usando o PFGE, 203 enterococos *vanA*-positivos de carne de aves e 82 enterococos *vanA*-positivos de humanos foram examinados com uma técnica de diferenciação intra-específica. Foi demonstrado que os padrões de genes das cepas de *E.* de alimentos de origem animal são completamente diferentes dos isolados humanos.

Por exemplo, os resultados de PFGE com três isolados clínicos (faixa 1-3) e 14 isolados de carne aves (faixas 4-17) são apresentados na Figura 3. A Figura 4 mostra um dendrograma de alguns isolados.

## 4 Discussão

Com a detecção presumida de cepas de *E.* resistentes à vancomicina em ágar Columbia CNA suplementado com vancomicina, seguido de PCR, podemos fazer uma afirmação definitiva sobre a incidência de cepas de *E.* de "alto nível" de resistência



**Tabela 3** — Distribuição de diferentes genes resistentes à vancomicina em carne suína e de aves

	(carne)	vanA-VRE					VRE van			
		<sup>1</sup>	+C1 <sup>2</sup>	+C2 <sup>3</sup>	+C1,2 <sup>4</sup>	+C1,2,3 <sup>5</sup>	C1 <sup>6</sup>	C2 <sup>7</sup>	C2+C3 <sup>8</sup>	
Alemanha	Suínos	0 (0,0)					1 (2,0)	1 (2,0)	3 (6,0)	
	Aves	14 (23,0)	6 (9,8)	0 (0,0)		2 (3,3)	6 (9,8)	5 (8,2)	0 (0,0)	
Holanda	Aves	13 (30,2)	3 (7,0)	2 (4,7)	1 (2,3)	0 (0,0)	6 (14,0)	2 (4,7)	0 (0,0)	
França	Aves	9 (90,0)							0 (0,0)	
Hungria	Aves	0 (0,0)								
in total	Suínos	0 (0,0)					1 (2,0)	1 (2,0)	3 (6,0)	
	Aves	36 (31,3)	9 (7,8)	2 (1,7)	1 (0,9)	2 (1,7)	12 (10,4)	7 (6,1)	0 (0,0)	
	Total	36 (21,8)	9 (5,5)	2 (1,2)	1 (0,6)	2 (1,2)	13 (7,9)	8 (4,8)	3 (1,8)	

<sup>1</sup> amostras com enterococos resistentes à vancomicina com gene *vanA* (VRE);

<sup>2</sup> amostras com VRE com genes *vanA* e *vanC1*;

<sup>3</sup> amostras com VRE com genes *vanA* e *vanC2*;

<sup>4</sup> amostras com VRE com genes *vanC1* e *vanC2*;

<sup>5</sup> amostras com VRE com genes *vanC1*, *vanC2* e *vanC3* VRE.

<sup>6</sup> amostras com VRE com gene *vanC1*;

<sup>7</sup> amostras com VRE com gene *vanC2*;

<sup>8</sup> amostras com VRE com genes *vanC2* e *vanC3* gene.

**Tabela 4** — Distribuição de genes *vanA* em diferentes espécies de enterococos de carne suína e de aves

E. spp.	Alimento (carne)	número (%)			
		Isolados	VRE-pos. <sup>1</sup>	vanA-VRE <sup>2</sup>	vanA+C1-VRE <sup>3</sup>
<i>E. faecium</i>	Aves	546	160	127	0
	Suínos	238	24	0	0
<i>E. faecalis</i>	Aves	511	105	31	0
	Suínos	242	25	0	0
<i>E. gallinarum</i>	Aves	34	34	0	1
	Suínos	5	5	0	0
<i>E. casseliflavus</i>	Aves	14	14	0	0
	Suínos	8	8	0	0
<i>E. flavescens</i>	Aves	1	1	0	0
<i>E. durans</i>	Aves	34	34	34	0
<i>E. hirae</i>	Aves	10	10	10	0
in total	Aves	1150	358	202	1
	Suínos	493	62	0	0
	Total	1643	420	202	1

<sup>1</sup> enterococos resistentes à vancomicina (VRE) por meio de ágar Columbia CNA, suplementado com 5mg vancomicina/;

<sup>2</sup> VRE, com gene *vanA*;

<sup>3</sup> VRE, com genes *vanA* e *vanC1*

**Tabela 5** — Distribuição de genes *vanA* em enterococos de carne suína e de aves

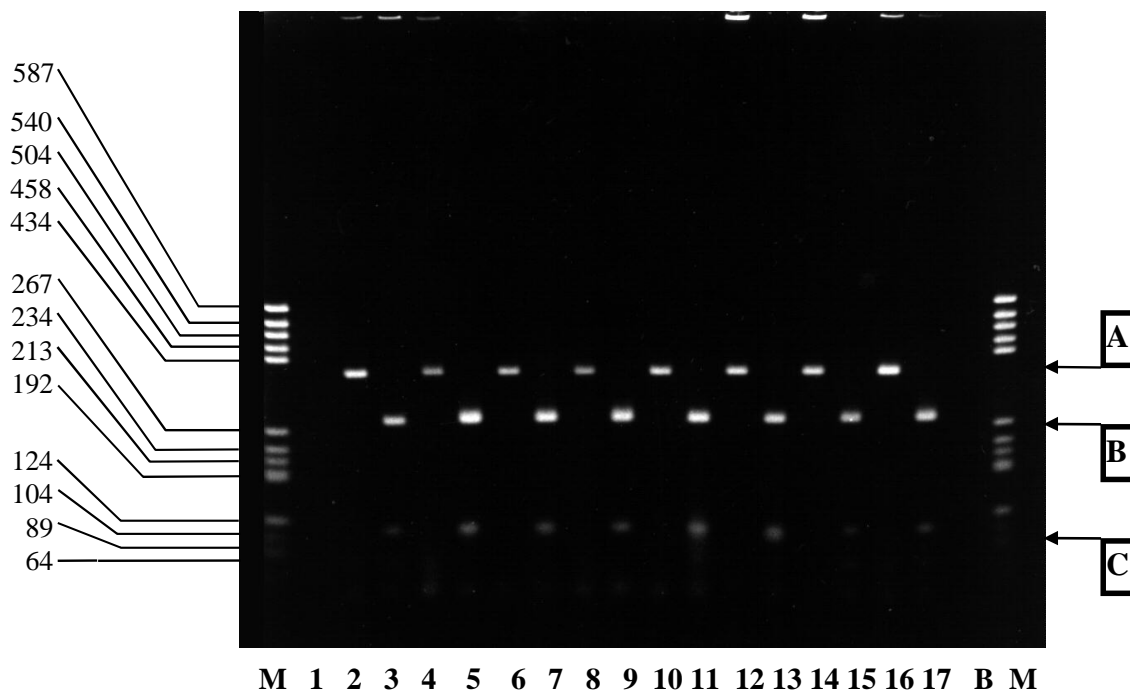
<i>E. spp.</i>	Alimento (carne de)	Número		
		vanC1-VRE <sup>1</sup>	vanC2-VRE <sup>2</sup>	vanC2+C3-VRE <sup>3</sup>
<i>E. gallinarum</i>	Aves	33	0	0
	Suíños	5	0	0
<i>E. casseliflavus</i>	Aves	0	13	1
	Suíños	0	1	7
<i>E. flavescens</i>	Aves	0	0	1
<i>in total</i>	Suíños	33	13	2
	Suíños	5	1	7
	Total	38	14	9

<sup>1</sup> VRE, com gene *vanC1*;

<sup>2</sup> VRE, *vanC2* gene positive;

<sup>3</sup> VRE, com genes *vanC2* e *vanC3*

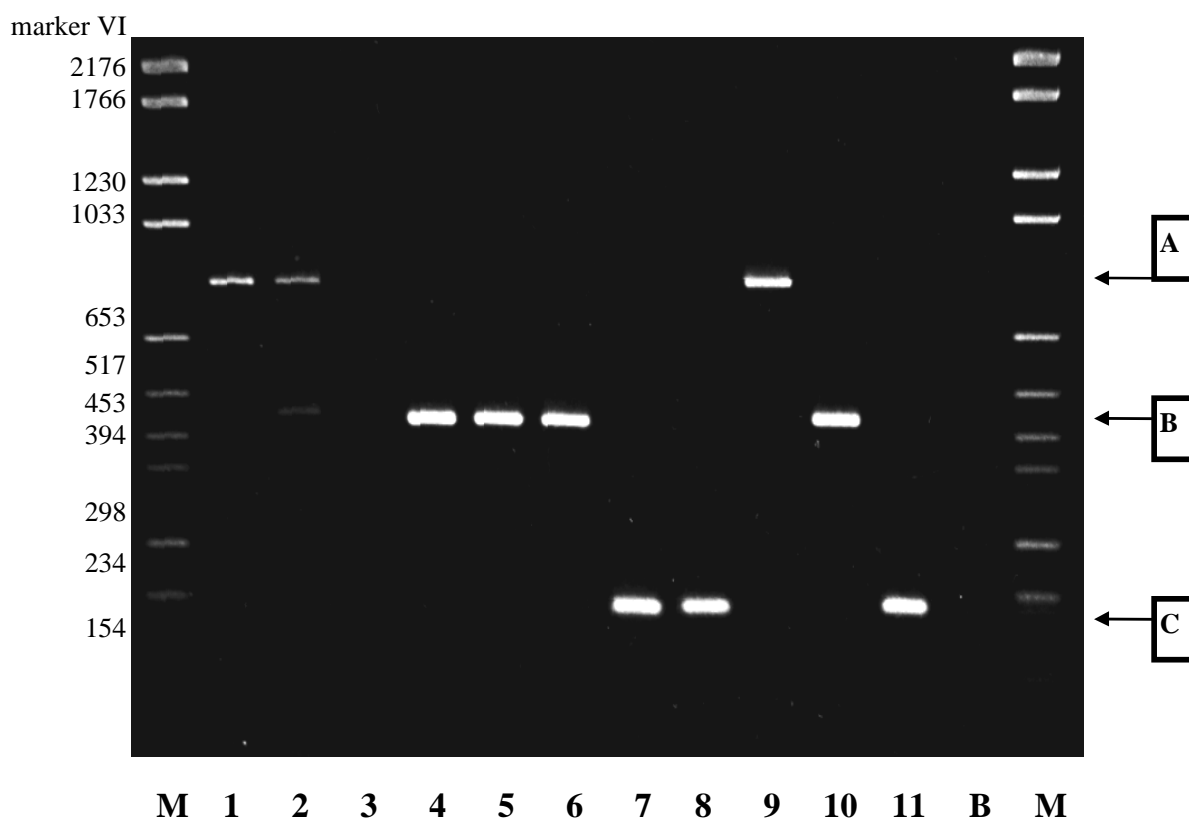
bp:



**A:** 377bp (*vanA* gene); **B:** 274 bp (fragmento A); **C:** 103 bp (fragmento B)

**1:** *E. faecium*, ATCC 6057, controle negativo; **2:** *E. faecium*, aves, FRG, control positivo; **4,8:** *E. faecium* aves, FRG; **6, 12:** *E. faecalis*, aves, NL; **10, 14:** *E. hirae*, aves, NL; **16:** *E. faecium*, isolado clínico, FRG **3,5,7,9,11,13,15,17:** amplificação e restrição; **B:** branco; **M:** marcador V (Boehringer).

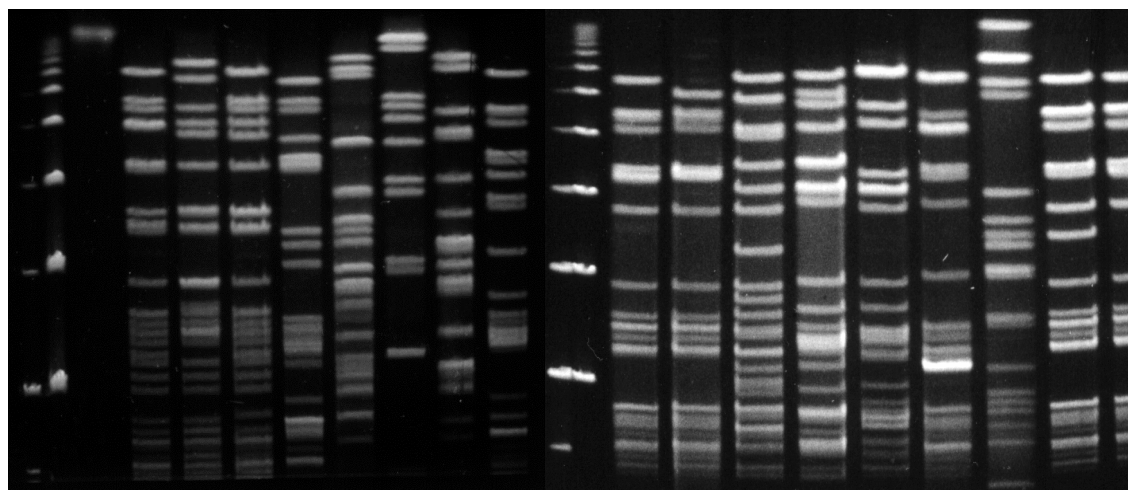
**Figura 1** — PCR amplificado *vanA* gene de isolados de *Enterococcus* de diferentes fontes



**A:** 796 bp (gene *vanC1*); **B:** 484 bp (gene *vanC2*); **C:** 224 bp (gene *vanC3*)

**1,2:** *E. gallinarum*, aves, FRG; **3:** *E. faecium*, ATCC 6057, controle negativo; **4:** *E. casseliflavu*, aves, NL; **6,7:** *E. casseliflavus*, aves, FRG; **5,8:** *E. casseliflavu*, suíno, FRG; **9:** *E. gallinarum*, BA 4174, controle positivo *vanC1*; **10:** *E. casseliflavu*, ATCC 25788, controle positivo *vanC2*; **11:** *E. flavescens*, CCM 439, controle positivo *vanC3*; **B:** branco; **M:** marcador VI, (Boehringer)

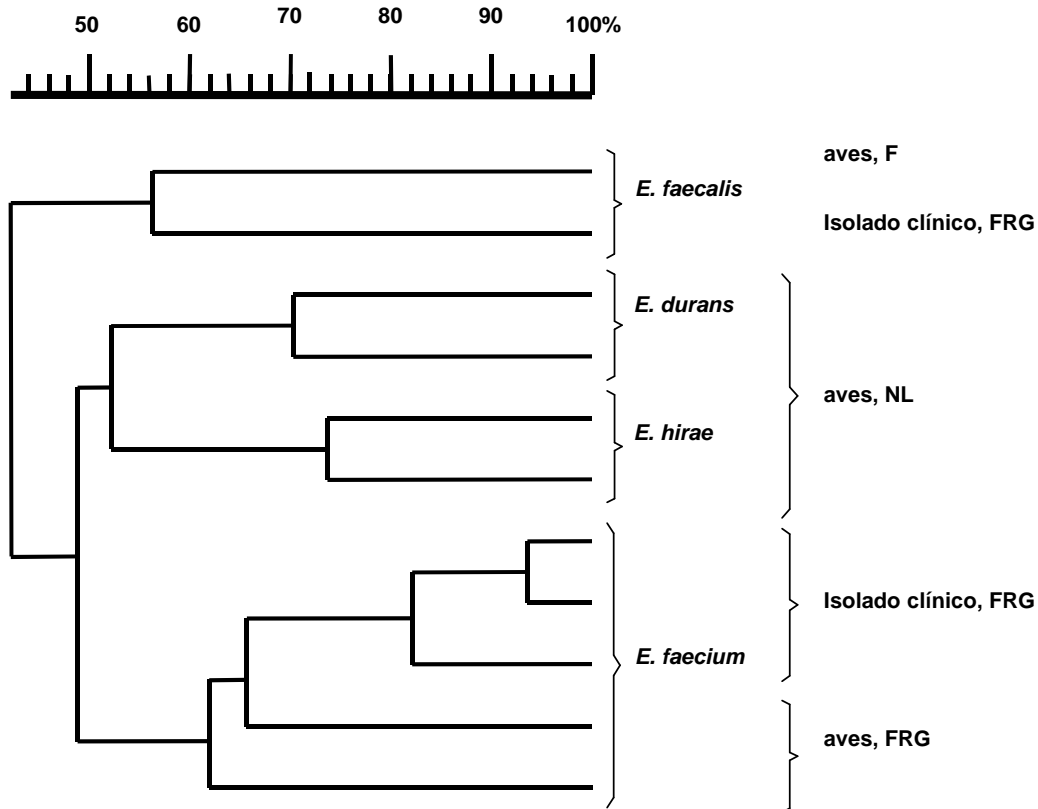
**Figura 2** — PCR amplificado *vanA* gene de isolados de *Enterococcus* de diferentes fontes



**M I**   **M II**   **1**   **2**   **3**   **4**   **5**   **6**   **7**   **8**   **M I**   **M II**   **9**   **10**   **11**   **12**   **13**   **14**   **15**   **16**   **17**

**1-3:** *E. faecium*, isolados clínicos, FRG; **4+8:** *E. faecium*, aves, FRG; **5+7:** *E. hirae*, aves, NL; **6:** *E. durans*, aves, NL; **9,10+16,17:** *E. faecium*, aves, F; **11-14:** *E. faecium*, aves, FRG; **15:** *E. faecalis*, aves, F; **M I:** marcador (0,1 - 200 kb, Fa. Sigma); **M II:** marcador (50 - 1000 kb, Sigma).

**Figura 3** — Perfis de PFGE de enterococos resistentes *vanA* selecionados (VRE)



**Figura 4** — Dendrograma genético de fingerprints de PFGE de 11 isolados *vanA* positivos de *Enterococcus*

à vancomicina (VRE) em carne de aves e de suínos. A maior taxa de detecção de enterococos resistentes *vanA* em carne de aves também foi descrita por outros autores (KLARE et al., 1995; WITTE et al., 1995). Em contraste com estes autores, não encontramos a cepa *vanA*-positiva em carne suína, apenas resistência de "baixo nível" em amostras 20 (49%) deste alimento. Embora a avoparcina tenha sido proibida durante este tempo, oVRE pode ser isolado da carne de aves da Alemanha.

Neste contexto, é interessante que a taxa de isolados de *E.* com alto nível de resistência à vancomicina de carne de aves da Holanda (não há proibição à avoparcina) seja 8% maior que na Alemanha. Como cepas de *E. faecium* e *E. faecalis* sobrevivem a 60°C por 30 min, suspeita-se que também a carne aquecida seja uma fonte potencial de microorganismos resistentes à vancomicina.

Os resultados de nossas pesquisas com o método de fingerprinting DNA de base molecular para a diferenciação *intra speciem* e *inter speciem* usando a técnica rápida e reproduzível de PFGE separam claramente o VRE da carne de aves dos isolados humanos. Outros autores também usaram PFGE para as mesmas pesquisas, comparando isolados humanos de cepas de animais. Encontraram padrões de fragmentos praticamente idênticos (KLARE et al., 1995; WITTE et al., 1995). A questão da identificação por clonagem deve ser discutida com cuidado, porque os isolados pesquisados demonstraram padrões de fragmentos similares, mas não idênticos (KLUYTMANS et al., 1995).

Além disso, detectamos diferentes perfis de PFGE em cepas de *E.*, dependendo de sua origem. Os perfis de PFGE de carne de aves da Holanda eram diferentes dos da Alemanha. Há evidência do aumento de cepas endêmicas. São necessárias mais pesquisas para fazer comentários conclusivos. Deve-se manter em mente que os experimentos *in vitro* demonstraram que o gene de resistência *vanA*, localizado em um transposon em um plasmídeo conjugado (NOBLE et al., 1992), pode ser transferido ao *Staphylococcus aureus* e outros microorganismos. De acordo com isso, as futuras investigações devem se concentrar também na detecção do *Staphylococcus aureus* resistente à vancomicina em alimentos de origem animal.

Como a avoparcina não é usada nos EUA e os enterococos resistentes à vancomicina se tornaram patógenos hospitalares importantes, pode-se suspeitar que o desenvolvimento de resistência cruzada à vancomicina e à teicoplanina é causada preponderantemente por uma má utilização destes glicopeptídeos em hospitais.

## 5 Conclusões

1. O ágar Columbia CNA, suplementado com 5% de sangue ovino e 5mg de vancomicina/l, é adequado para detectar presumíveis *Enterococcus* resistentes à vancomicina (VRE) em carne de aves e de suínos, incluindo as cepas *vanA*-negativas.
2. VRE são encontrados regularmente em carne de aves. Caracterizam-se por terem o gene resistência de "alto nível" *vanA* e o gene resistência de "baixo nível" *vanC*.
3. Os VRE de "baixo nível" são encontrados regularmente em carne suína. Caracterizam-se por terem gene resistência de "baixo nível" *vanC*.
4. A eletroforese em gel em campo pulsátil (PFGE) é um método preciso e reproduzível para a diferenciação *intra* e *inter speciem* de enterococos. Os resultados

da PFGE podem ser analisados pelo software Gel Compar 4.0 de forma rápida e precisa.

5. Os resultados de fingerprinting de DNA por meio PFGE não indicam uma relação genética próxima entre isolados de alimentos de origem animal e os isolados humanos.

## 6 Referências Bibliográficas

- ARTHUR, M., COURVALIN, P., 1993. Genetics and mechanism of glycopeptide resistance enterococci, *Antimicrob. Agents Chemother.* 37, 1563-1571.
- CLARK, N., TEIXEIRA, L., FACKLAM, R., TENOVER, F., 1998. Detection and differentiation of *vanC1*, *vanC2* and *vanC3* glycopeptide resistance genes in *enterococci*, *J. Clin. Microbiol.* 36, 2294-2297.
- COURVALIN, P., 1999. Personal information.
- EISENACH, K., 1992. Chromosomal restriction fragment analysis by pulsed field gel electro- phoresis, In: Isenberg, H., (Ed.). *Clinical Microbiology Procedures Handbook.* 10.5.c.1- 10.5.c.11.
- FINES, M., PERICHON, B., REYNOLDS, P., SAHM, D., COURVALIN, P., 1999. *vanE*, a new type of acquired glycopeptide resistance in *Enterococcus faecalis* BM 4405, *Antimicrob. Agents Chemother.* 43, 2161-2164.
- FRAIMOW, H., JUNGKIND, D., LANDER, D., DELSO, D., DEAN, J., 1994. Urinary tract infection with an *Enterococcus faecalis* isolate that requires vancomycin for growth, *Ann. Intern. Med.* 121, 22-26.
- GREEN, M., WADOWSKI, R., BARBADORA, K., 1990. Recovery of vancomycin-resistant gram-positive cocci from children, *J. Clin. Microbiol.* 28, 484-488.
- KLARE, I., HEIER, H., CLAUS, H., REISSBRODT, R., WITTE W., 1995. *vanA*-mediated high-level glycopeptide resistance in *Enterococcus faecium* from animal husbandry, *FEMS Microbiol. Lett.* 125, 165-172.
- KLARE, I., WITTE, W., 1997. Glykopeptidresistente Enterokokken. Zur Situation in Deutschland, *Hyg. u. Mikrobiol.* 2, 31-38.
- KLUYTMANS, J., van LEEUWEN, W., GOESSENS, W., HOLLIS, R., MESSER, S., HERWALDT, L., BRUINING, H., HECK, M., ROST, J., van LEEUWEN, N., van BELKUM, A., VERBRUGH, H., 1995. Food- initiated outbreak of Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* analyzed by pheno- and genotyping, *J. Clin. Microbiol.* 33, 1121-1128.
- LEMCKE, R., BÜLTE, M., 2000. Occurrence of the vancomycin-resistant genes *vanA*, *vanB*, *vanC1*, *vanC2* and *vanC3* in *Enterococcus* strains isolated from poultry and pork. *Int. J. Food Microbiol.* 60, 185-194.
- NOBLE, W., VIRANI, Z., CREE, R., 1992. Co-transfer of vancomycin resistance genes from *Enterococcus faecalis* NCTC 12201 to *Staphylococcus aureus*, *FEMS. Microbiol. Lett.* 93, 195-198.
- PERICHON, B., REYNOLDS, P., COURVALIN, P., 1997. *vanD*-type glycopeptide-resistant *Enterococcus faecium* BM4339, *Antimicrob. Agents chemother.* 41, 2016-2018.
- QUINTILIANI, R., EVERS, S., COURVALIN, P., 1992. The *vanB* gene confers various levels of self-transferable resistance to vancomycin in enterococci, *J. Inf. Dis.* 167, 1220-1223.
- SATAKE, S., CLARK, N., RIMLAND, D., NOLTE, F., TENOVER, F., 1997. Detection of vancomycin resistant *enterococci* in faecal samples by PCR, *J. Clin. Microbiol.* 35, 2325-2330.
- WITTE, W., KLARE, I., 1995. Glycopeptide resistant *Enterococcus faecium* outside hospitals, A commentary, *Microb. Drug. Res.* 1, 259-263.
- WOODFORD, N., JOHNSON, A., MORRISON, D., SPELLER, D., 1995. Current perspectives on glycopeptide resistance, *Clin. Microbiol. Rev.* 8, 585-615.

## A QUALIDADE COMO REQUISITO DE COMPETITIVIDADE

Jurandir Machado

ICEPA SEAGRI- SC - Rod. SC-404, km 3, Itacorubi

Caixa Postal: 1460 - Florianópolis - SC.

Tel: 048 334.5155 Fax: 048 234.2311 // 234.2544.

e-mail [jurandi@icepa.com.br](mailto:jurandi@icepa.com.br)

As crises alimentares vêm provocando, em todo o mundo, enormes prejuízos aos produtores, põem em xeque a produção agrícola intensiva e expõem a urgência de uma política de segurança alimentar.

"Segurança alimentar e nutricional significa garantir a todos, condições de acesso a alimentos básicos de qualidade, em quantidade suficiente, de modo permanente e sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, com base em práticas alimentares saudáveis, contribuindo, assim, para uma existência digna, em um contexto de desenvolvimento integral da pessoa humana."

Esta definição é a mais utilizada no Brasil. Representa um conceito bastante abrangente e foi construída por representantes do governo e da sociedade por ocasião da elaboração do documento brasileiro para a Cúpula Mundial da Alimentação. Um dos aspectos que afetam diretamente a competitividade da suinocultura diz respeito, ao monitoramento sanitário dos rebanhos; à higiene e sanidade dos alimentos e processos industriais; à avaliação de riscos e adoção do princípio de precaução; a traçabilidade dos produtos e ingredientes destinados à alimentação humana e animal; e à transparência de informações para os consumidores.

A intensificação dos fluxos comerciais, o aumento do tamanho das unidades de produção suína e a crescente industrialização da carne criaram condições favoráveis ao aumento de riscos sanitários. Em razão disso, a segurança alimentar tende a ser uma condicionante obrigatória para acessar mercados, que cada vez mais exigem transparência.

A eclosão, no final da década de 90, de crises como a da "Vaca Louca", a da febre aftosa, a das dioxinas nos alimentos, induziram os consumidores - inicialmente na Europa e mais recentemente também nos Estados Unidos e no Brasil - a sensíveis mudanças nos hábitos alimentares. Igualmente, vem provocando enormes prejuízos aos produtores envolvidos, põe em xeque a produção intensiva e expõem com clareza a urgente e imperiosa necessidade de uma política capaz de garantir elevados padrões de segurança dos alimentos.

Com a globalização dos mercados a partir da década de 90, os países desenvolvidos, em especial a União Européia, desenvolveram estratégias para assegurar mercados a seus produtos agrícolas, das quais a segurança alimentar é parte integrante. Muito cedo a Europa compreendeu não seria competitiva na produção de alimentos, devido aos seus altos custos e que precisava evitar a entrada de produtos de outros países através de estratégias de diferenciação.

Surgem aí as agências de segurança alimentar nos principais países europeus, os estímulos à utilização de sistemas de controle de qualidade, como as normas

ISO, HACCP, a adoção do princípio da precaução entre outras. A política europeia de qualidade de produtos agrícolas e alimentos está baseada no arcabouço legal (definição de regras visando assegurar a segurança alimentar), na regularidade dos processos de fabricação de alimentos e na segmentação do mercado.

A adoção dos selos de qualidade certificando as Denominações de Origem Controlada - DOC -, as Indicações Geográficas Protegidas - IGP -, e os produtos da Agricultura Biológica, por exemplo, é uma das estratégias adotadas pela União Europeia para obter o reconhecimento internacional para a qualidade de certos produtos agrícolas e alimentos através da diferenciação e da vinculação com atributos do território (clima, solo, saber fazer, tradição e cultura) ou de modo de produção (biológicos).

A crescente preocupação com a saúde, por parte dos consumidores em todo o mundo, deverá pouco a pouco provocar uma mudança no modelo de consumo alimentar. Por conseqüência, induzirá a alterações nos modelos de produção agrícola, fundamentados no adensamento de cultivos e criações, na produção em grande escala e no uso indiscriminado de produtos que colocam em risco a saúde humana.

Face à crescente preocupação dos consumidores com a saúde e com a qualidade dos alimentos, urge que o governo defina uma estratégia de segurança alimentar e estimule produtores e empresários a implantar sistemas de controle de qualidade que permitam fazer o rastreamento (ou a traçabilidade) do produto alimentar desde a produção até a chegada ao consumidor, isto é, ao longo de toda a cadeia produtiva.

O setor agroindustrial brasileiro, também, precisa se conscientizar de que a segurança alimentar é um assunto que doravante vai ser uma condicionante obrigatória para competir no mercado e que cada vez mais será preciso dar transparência aos procedimentos de produção e industrialização para que os consumidores possam certificar-se da qualidade dos alimentos que consomem. As estratégias empresariais devem, portanto, levar muito a sério o comportamento dos consumidores.

Se refletirmos sobre as alternativas estratégicas e, considerando as oportunidades que se abrem sob a ótica da segurança alimentar, podemos concluir que a suinocultura catarinense reúne condições para se credenciar no mercado mundial como fornecedora de carne de qualidade. O pequeno tamanho das propriedades, a receptividade dos produtores às mudanças tecnológicas, a infraestrutura física e logística, a existência de universidades e centros de pesquisa, são fatores que juntos, conferem atributos favoráveis à competitividade.



# CONSEQÜÊNCIAS PARA A QUALIDADE DA CARNE DA PRODUÇÃO DE SUÍNOS SOB PADRÕES ORGÂNICOS

J. H. Guy<sup>12</sup>

S. A. Edwards<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Agriculture, University of Newcastle,  
Newcastle upon Tyne, NE 1 7RU, Reino Unido

<sup>2</sup>Endereço: Department of Agriculture, University of Newcastle,  
Newcastle upon Tyne, NE 1 7RU, Reino Unido.

Tel: +44 191 222 6901; Fax +44 191 222 7811;

E-mail: j.h.guy@ncl.ac.uk

## Resumo

O interesse do consumidor por carne produzida de forma orgânica está aumentando, e há necessidade de entender as conseqüências da produção orgânica de suínos sobre a qualidade da carne. Na ausência de literatura suficiente sobre o efeito da criação orgânica sobre a qualidade, apresentamos uma discussão sobre os principais fatores que provavelmente afetam a qualidade da carne suína. A produção orgânica estimula o uso de raças tradicionais e há evidências que sugerem que, por um lado, estas podem melhorar a palatabilidade da carne porque têm um tipo diferente de fibra muscular em comparação aos genótipos brancos e geralmente contêm altos níveis de fibra intramuscular. Por outro lado, têm crescimento relativamente lento, e a maciez através de mecanismos proteolíticos pode ser menor. A nutrição de suínos criados organicamente é muito diferente - os suínos devem receber volumoso e há evidências que isto resulta em redução da taxa de crescimento e da maciez. O efeito das condições de criação em si sobre a qualidade da carne não é conclusivo, sendo que alguns estudos mostram benefícios da criação ao ar livre ou em condições de confinamento com enriquecimento do ambiente. Em resumo, é possível que a produção orgânica resulte em melhorias significativas da qualidade da carne suína, especialmente se as avaliações forem feitas de forma a permitir a percepção anterior das qualidades organolépticas da carne suína orgânica. No entanto, pode haver redução na qualidade da carne de suínos de criações orgânicas em situações de crescimento lento e de alta deposição de gordura, levando a baixas taxas de proteólise e redução do tecido magro na carcaça. Assim, são necessários estudos urgentes e cuidados da qualidade da carne suína produzida no contexto orgânico.

**Palavras-chave:** ambiente, genótipo, nutrição, orgânico, carne suína, qualidade

## Introdução

Há um interesse crescente nos alimentos produzidos organicamente na Europa. Dentro do Reino Unido, o valor total da carne orgânica no varejo subiu 20% desde 1981, e estima-se que cresça mais 50% entre 2001 e 2004, de 12,7 para 14 milhões de libras esterlinas (MINTEL, 2000). Há poucos dados disponíveis sobre a palatabilidade da carne suína orgânica e, embora estejam sendo conduzidos experimentos controlados em vários países europeus para medir a palatabilidade da carne suína orgânica, ainda levará vários anos para que se tenha informações disponíveis. Na ausência de estudos comparativos, o que se segue é uma discussão dos fatores que anteriormente se demonstrou que têm influência sobre a qualidade da carne suína e diferenças entre a produção convencional e orgânica e, finalmente, uma síntese do que poderão ser os resultados da produção orgânica.

Devemos ressaltar que há um perigo considerável de que a carne suína produzida organicamente possa ser considerada de melhor qualidade simplesmente porque a percepção que as pessoas têm de um sistema de produção provavelmente influencia sua percepção da qualidade dos produtos derivados de tal sistema (Edwards e Casabianca, 1997). Por exemplo, em um estudo com produtos de suínos criados a campo, escores de parâmetros da qualidade da carne suína só tiveram diferenças significativas em comparação às amostras controle quando o painel continha indivíduos com experiência anterior, uma atitude positiva em relação à carne de suínos criados ao ar livre e conheciam a origem da carne consumida (Oude Ophuis, 1994).

## Produção orgânica no RU

Das 578.000 matrizes no RU (DEFRA, 2001), aproximadamente 30% são alojadas ao ar livre (Sheppard, 1996). A produção orgânica é responsável por uma proporção muito pequena, mas um levantamento de 1999 registrou apenas 1181 matrizes (aproximadamente 0,2% do total no RU na época) em criações orgânicas (ADAS, 2001). Tem havido um crescimento considerável dos sistemas orgânicos de produção no RU nos últimos anos. As regulamentações autenticando a produção orgânica são complexas e diferentes de muitas práticas da produção convencional ao ar livre (Tabela 1). No RU, o órgão responsável pela implementação dos padrões da Comissão Européia para criações e produtos orgânicos (Regulamentação do Conselho EC 1804/1999 emenda da Diretiva EEC 2092/91) é o United Kingdom Register of Organic Food Standards (UKROFS). Órgãos de certificação individual (p. ex., Soil Association) pode então impor requerimentos adicionais.

No norte da Europa, os sistemas convencionais de criação ao ar livre tipicamente têm genótipos altamente selecionados, altas densidades, total dependência de ração manufaturada e termina os animais em sistemas confinados (Edwards e Casabianca, 1997). Para a produção orgânica, as matrizes e cachaços devem ser alojados ao ar livre, enquanto que os animais em terminação podem ser criados ao ar livre ou em baias com área ao ar livre. É permitido o alojamento confinado por não mais que 1/5 da vida do animal. Depois do desmame, a uma idade mínima de 6 semanas (recomenda-se 8 semanas em alguns esquemas de certificação, como o da Soil

**Tabela 1** — Componentes selecionados da produção orgânica e convencional ao ar livre no Reino Unido

<b>Parâmetro</b>	<b>Orgânica (UKROFS, 2001)</b>	<b>Convencional (Ref<sup>1,2,3</sup>)</b>
<b>Genótipo</b>	As raças devem ser escolhidas por sua capacidade de se adaptar às condições locais, sua vitalidade e resistência a doenças.	RU favorece genótipos melhorados: 60% das matrizes em 1994 eram cruza Large White x Landrace
<b>Alojamento</b>		
A campo	Devem ter acesso à pastagem ou área ao ar livre que deve ser parcialmente coberta (para proteger contra a chuva, vento, etc)  Exceto na fase final da terminação, que pode ser feita em confinamento se não exceder 1/5 da vida do animal e por um máximo de 3 meses	Geralmente, os animais são terminados em confinamento, mesmo se nascidos ao ar livre  Estima-se que 11% dos desmamados, mas só 0.3% da terminação sejam alojados ao ar livre
Confinamento	Quando há, a área deve ser pelo menos 50% sólida, não-ripada ou sobre grades  Ampla cama seca (palha ou outro matéria adequado) deve ser fornecida na área de descanso	Atualmente, não há restrições sobre o tipo de piso
<b>Lotação para suínos em terminação (m<sup>2</sup>/animal)</b>		
Até 30 kg	0,6 confinamento mais 0,4 ar livre	0,3
Até 50 kg	0,8 confinamento mais 0,6 ar livre	0,4
Até 85 kg	1,1 confinamento mais 0,8 ar livre	0,55
Até 110 kg	1,3 confinamento mais 1,0 ar livre	0,65
<b>Nutrição</b>		
Ração	Deve ser produzida organicamente Até 24.08.05 - mais de 20%/ano (25% da ração diária) pode ser de material não produzido organicamente	Produzida de forma convencional
Volumoso	Volumoso, fresco ou seco, ou silagem devem ser adicionados na ração diária	Atualmente, não há exigência de fornecimento de volumoso

<sup>1</sup> Sheppard (1996) <sup>2</sup> Welfare of farmed Animals (England) Regulations 2000 (HMSO, 2000)

<sup>3</sup> MLC (1994) Pig Yearbook

Association), os leitões podem ser levados a uma área limpa para a terminação ou deixados em seu potreiro original, sendo as matrizes retiradas. Os produtores usam um sistema de rotação, onde as matrizes são levadas para áreas novas em alguns meses ou permanecem no mesmo potreiro durante todo o ano, mas a uma densidade mais baixa (Kelley et al., 2001).

## Genótipo

A produção convencional ao ar livre no RU favorece uma matriz cruzada (Landrace x Large White), pois é relativamente rústica, prolífica e a progênie é magra e de crescimento rápido (Kelley et al., 2001). Por outro lado, para a produção orgânica, os produtores são encorajados a usar raças tradicionais, que podem ser mais adaptadas às condições locais do que os genótipos melhorados (p. ex., Soil Association). Existe um grande número destas raças no RU, embora com a dominância de reprodutores Landrace e Large White oferecidos pelas empresas de reprodutores, estas raças existem em números relativamente baixos e, segundo um levantamento, foram a principal raça em apenas 5% das granjas (MLC, 1994). No entanto, as raças tradicionais estão atualmente bem representadas em pequenas granjas orgânicas no RU (ADAS, 2001). O British Saddleback é um exemplo destas raças, caracterizadas por sua rusticidade e excelente habilidade materna (Kelley et al., 2001). Sugestões de produtores orgânicos, no entanto, são que uma matriz cruzada Saddleback x Duroc dará vigor híbrido e superará as desvantagens do Saddleback, como baixo tamanho de leitegada, aumento da gordura na carcaça e pior conversão alimentar. Embora pesquisas sobre a qualidade comparativa da carne de diferentes genótipos em sistemas de produção orgânica estejam sendo conduzidas no RU, há uma considerável quantidade de informações na literatura sobre a qualidade da carne de diferentes genótipos em sistemas convencionais. Em muitos estudos, o Duroc é associado à melhor qualidade da carne suína fresca (p. ex., cor do músculo mais escura, mas avermelhada, gordura mais firme, e maior maciez; MLC, 1992) (Tabela 2). O Duroc oferece maiores níveis de gordura intramuscular (IMF); um estudo de Blachard et al. (1999a) verificou aumento significativo dos níveis de gordura intramuscular (1,0; 1,1 e 1,8%) e maciez (escala de 8 pontos, 1=dura: 4,9; 5,0 e 5,3) à medida que a proporção de genes de Duroc em suínos brancos aumentou de 0 para 0,25 e 0,50, respectivamente ( $P < 0,05$ ). Altos níveis de gordura intramuscular são associados com aumento da palatabilidade (p. ex., Bejerholm and Barton-Gade, 1986, Fernandez et al., 1999). Por outro lado, a conformação da carcaça pode ser pior no Duroc, com aumento da espessura de toucinho e anterior mais pesado e a palatabilidade nem sempre é melhorada (Edwards et al., 1992). A típica inclusão de genes de Duroc é 12,5 a 25% na geração de abate, com rusticidade adicional sendo a principal característica buscada no Duroc para a produção ao ar livre no RU (Edwards e Casabianca, 1997).

Warriss et al. (1996) realizaram uma comparação de qualidade de carcaça e de carne entre vários genótipos suínos, incluindo Duroc e raças britânicas tradicionais como o British Saddleback e Tamworth. Em geral, as raças tradicionais tiveram níveis mais altos de espessura de toucinho, aumento da firmeza da gordura (como correlação direta da espessura de gordura) e produziram uma carne mais escura e que

**Tabela 2 — Efeito do aumento da inclusão de genes Duroc <sup>1</sup> sobre a qualidade de carcaça e na palatabilidade da carne magra (MLC, 1992)**

Parâmetro	Proporção de Duroc (%)				DMS Aprox.
	0	25	50	75	
Espessura de gordura (P <sub>2</sub> , mm)	10,2	11,2	11,7	12,8	0,59
Firmeza da gordura <sup>2</sup>	510,8	540,8	535,8	545,8	30,77
EEL <sup>3</sup>	45,4	44,6	44,0	43,4	1,03
Valor a* (vermelho) <sup>3</sup>	2,2	2,7	2,9	3,1	0,39
Maciez	5,0	5,0	5,3	5,4	0,25
Suculência	4,1	4,1	4,2	4,4	0,17
Sabor	3,9	4,0	4,0	4,0	0,12

<sup>1</sup> Restante de genes do tipo branco

<sup>2</sup> Medida do penetrômetro (escore mais alto - mais firme)

<sup>3</sup> EEL: medida de brilho (escore mais alto - mais pálido); valor a\*: medida instrumental de cor (mais alto = mais vermelho)

perdeu menos água durante o armazenamento do que as raças brancas (Tabela 3). A palatabilidade foi maior na raça Tamworth, seguida do Duroc e do Hampshire (Tabela 4). No entanto, os autores ressaltam que são necessários mais estudos sobre as diferenças individuais entre as raças, pois o estudo usou apenas ao redor de 20 animais por raça, de um peso de abate relativamente baixo (62 kg de peso vivo, aproximadamente), de forma que variáveis dependentes da idade, como teor de gordura intramuscular, ainda não estariam bem desenvolvidos. Ao tentar explicar estes resultados, foi sugerido (Warriss, comunicação pessoal) que a melhor palatabilidade pode ser vista como resultado de diferenças no tipo de fibra entre os genótipos, pois foi observado que as raças tradicionais tem um grão muscular mais fino.

**Tabela 3 — Efeito do genótipo sobre a qualidade da carne (Warriss et al., 1996)**

Parâmetro	Tradicional	H D LW LR	Pietrain	Valor P
pH <sub>45</sub> em LD	6,48 <sup>a</sup>	6,34 <sup>b</sup>	5,83 <sup>c</sup>	*
Refletância (EEL)	46,3 <sup>a</sup>	47,8 <sup>b</sup>	60,1 <sup>c</sup>	*
% perda de água (48h a 2°C)	7,3 <sup>a</sup>	10,4 <sup>b</sup>	12,9 <sup>c</sup>	*
Granulação muscular (1-4)	2,1 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	2,9 <sup>c</sup>	*
Articulação do lombo (1-4)	1,9 <sup>a</sup>	2,5 <sup>b</sup>	3,0 <sup>c</sup>	*
Firmeza gord. lombo (0-1000)	714 <sup>a</sup>	620 <sup>b</sup>	603 <sup>c</sup>	*
% Lipídio em LD	1,50	1,43	1,18	

Tradicional: Tamworth, British Saddleback, Gloucester Old Spots, Large Black, Berkshire  
Hampshire (H), Duroc (D), Large White (LW), Landrace (LR)

a, b, c, Médias com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes P<0.05

**Tabela 4** — Efeito do genótipo sobre a palatabilidade das costeletas cozidas (Warriss et al., 1996)

Genótipo	n	Maciez <sup>1</sup>	Suculência <sup>2</sup>	Sabor <sup>1</sup>	Aceitabilidade Geral <sup>1</sup>
Pietrain	20	0,5	0,8	3,0	1,6
Gloucester Old Spots	22	1,1	1,0	2,5	1,7
Landrace	24	0,91	1,04	2,48	1,71
Berkshire	21	1,24	1,07	2,50	1,90
Large White	25	1,2	0,9	2,7	1,9
Large Black	15	0,64	1,03	2,86	2,01
British Saddleback	18	1,0	1,0	3,0	2,1
Hampshire	26	1,7	1,1	3,1	2,5
Duroc	20	1,3	1,0	3,5	2,6
Tamworth	28	1,7	1,3	3,4	2,8
Significância - raça		***	***	***	**

<sup>1</sup> Escala é -7 to +7 (escores mais altos = maior maciez)

<sup>2</sup> Escala é 0 to +3, (escores mais altos = maior suculência)

Warkup e Kempster (1991) propuseram que uma combinação de alta taxa de crescimento magro e alto lipídio muscular é benéfico para a palatabilidade, sugerindo que o efeito da taxa de crescimento é resultado de uma menor maturidade do colágeno no músculo e maior proteólise postmortem. Este estudo registrou coeficientes de regressão para maciez (escala de 8 pontos, onde 1=dura) de 1,7 pontos por kg de ganho diário de peso vivo ( $P<0,05$ ) e 0,03 pontos por mm de espessura de toucinho ( $P<0,05$ ). Suínos com menor potencial de crescimento chegam a um dado peso de abate a uma idade relativamente maior o que os com alto potencial de crescimento. Assim, as implicações para a qualidade da carne não são claras, já que os níveis de colágeno aumentam com a idade e, portanto, é provável que a maciez diminua, enquanto que os níveis de IMF tendem a aumentar com a idade (Warriss et al., 1996).

## Nutrição

A nutrição é um fator fortemente associado à qualidade da carne. Estudos no RU têm mostrado uma melhora na taxa diária de crescimento e na maciez com alimentação à vontade de dietas que são relativamente densas (Blanchard et al., 1999b, Ellis et al., 1996), embora isto resulte em aumento da gordura na carcaça. Os padrões orgânicos desencorajam o crescimento muito rápido (p. ex., UKROFS 2001 recomenda qualidade em vez de produção máxima) e exigem o fornecimento de silagem ou outro tipo de volumoso na dieta de suínos em crescimento. Isto pode ter uma série de possíveis conseqüências, dependendo da exata natureza do volumoso e do consumo nutricional geral do animal. Se o consumo nutricional for reduzido, de forma deliberada fornecendo menor ração cara, produzida organicamente, e mais volumoso, ou através da própria seleção do animal de uma dieta menos densa,

isto poderá causar a diminuição do consumo de energia, resultando em redução do crescimento e/ou menor deposição de gordura.

Pesquisas na Dinamarca (Danielson et al., 1999) verificaram que baixos níveis de concentrado e consumo à vontade de volumoso (pastagem ou silagem de trevo) reduziram o ganho diário em suínos em crescimento que, em amostras cozidas do m. *Longissimus dorsi*, reduziram a maciez, aumentaram a dureza e o sabor ácido. Não houve efeito sobre a suculência, sabor da carne ou sabor indesejável. A maior maciez da carne de suínos alimentados principalmente com concentrado foi associada a um maior ganho diário (+171 g) e foi encontrada uma correlação positiva entre maciez e ganho diário ( $r=+0,41$ ;  $p<0,001$ ). Taxas mais altas de crescimento estão associadas com aumento da síntese protéica e maior catabolismo (Danielson et al., 1999). Em um estudo mais recente, Lydehoj Hansen et al. (2000) não encontraram uma diferença clara entre quatro tratamentos, que incluíam duas rações de baixo concentrado com volumoso à vontade (silagem de trevo ou silagem de cevada/ervilha orgânica), uma ração 100% orgânica e uma 100% convencional, nos parâmetros tecnológicos de qualidade de carne, incluindo perda de água, pH final, valor  $a^*$  (vermelho) e valor  $b^*$  (amarelo). No entanto, houve uma tendência de que as costeletas dos dois tratamentos orgânicos que receberam volumoso a se tornarem mais pálidas com 1-6 dias de armazenamento, como indicado pela valor  $L^*$  (clareza) em comparação com a carne suína produzida naturalmente.

Foi sugerido (Sundrum et al., 2000a) que suínos organicamente tem um fornecimento de aminoácidos limitantes reduzido, pois as rações são baseadas em cereais caseiros e leguminosas e, portanto, têm pior desempenho e rendimento de carcaça. No entanto, foi demonstrado que este regime resultou em aumento do teor de gordura intramuscular ( $2,9 \times 1,2\%$ ) em condições experimentais (Sundrum et al., 2000b). Ao buscar a implementação de uma estratégia alimentar em uma granja orgânica, Sundrum et al. (2000a) alimentaram suínos com uma dieta orgânica com teor reduzido de aminoácidos (16 em vez de 22 g de lisina/cabeça/dia) e registraram uma redução significativa na área do m. *Longissimus dorsi*, mas não verificaram aumento mensurável nos níveis de gordura intramuscular. O conflito entre os resultados experimentais e os práticos foi explicado pelo uso de dietas de baixa proteína e também pela alta variação no desempenho e, portanto, no consumo de ração dentro de grupos de animais em experimentos práticos.

A produção extensiva ao ar livre no sul da Europa tem sido associada com melhor qualidade da carne suína usada para a produção de presunto curado devido aos níveis relativamente altos de gordura intramuscular. Por exemplo, uma raça de crescimento lenta atinge o peso de abate de 100-130 kg com uma idade relativamente avançada (14-24 meses) (Secondi et al., 1995) e, quando criada em pastagem de gramínea com acesso a sementes de árvores com alto teor de amido, pode resultar em níveis de gordura intramuscular de 11% (Edwards e Casabianca, 1997). A terminação convencional à vontade de genótipos brancos geralmente resulta em níveis de gordura intramuscular de 1,2% (Blanchard et al., 1999a).

## Ambiente

Embora se possa esperar diferenças na qualidade da carne entre sistemas confinados e ao ar livre, a produção ao ar livre nos sistemas do norte da Europa geralmente não conseguiu demonstrar qualquer melhora na qualidade da carne suína fresca (Edwards e Casabianca, 1997). Uma série de estudos relatou redução da espessura de toucinho em suínos criados ao ar livre no RU (p. ex., Warriss et al., 1993, Guy et al., 1994), pois o alimento é desviado da deposição de gordura para termorregulação em condições de frio, embora, com frequência, não houve diferença economicamente importante na qualidade da carne magra. Estudos na França com terminação ao ar livre não verificaram diferença na maciez ou no sabor da carne suína (Gandemer et al., 1990), assim como na Holanda com “Scharrel” (a campo) em comparação com suínos criados de forma intensiva (van der Wal et al., 1991). No entanto, um estudo de Dufey (1995) relata aumento da maciez em suínos criados ao ar livre, enquanto que o de Enfalt et al. (1997) verificou pior palatabilidade (menor maciez, suculência e aceitabilidade geral) associada com a redução do teor de lipídios e do pH final.

Os sistemas orgânicos são promovidos como fornecendo maior diversidade ambiental para os suínos. O enriquecimento ambiental de suínos em confinamento tem sido sugerido para aliviar problemas como canibalismo. Em alguns casos (Beattie et al., 1993), isto resultou em redução da maciez, enquanto que em outros (Beattie et al., 2000a), aumentou a maciez. No estudo de Beattie et al. (2000a), um ambiente nu era composto de piso ripado e densidade máxima, e o tratamento enriquecido incorporava mais espaço, junto com uma área contendo terra e palha em uma grade. Os suínos no ambiente enriquecido cresceram mais rápido no período de terminação (15-21 semanas de idade) ( $P < 0,001$ ) tiveram maior espessura de toucinho na carcaça ( $P < 0,001$ ) e as amostras do *Longissimus dorsi* destes tratamentos tiveram menos perda ao cozimento ( $P < 0,01$ ) e menores valores de resistência (i.e., mais macia,  $P < 0,01$ ) do que os criados em condições nuas. Não houve diferença no pH muscular ao abate (indicativo de estresse pré-abate) ou no comprimento do sarcômero (indicativo de encurtamento pelo frio) e os autores propuseram que o aumento da maciez pode ter sido resultado da atividade proteolítica ou da maturidade do colágeno relacionadas a maiores taxas de crescimento, ou como resultado a maiores níveis de IMF (embora os níveis de IMF não tenham sido medidos nestes experimento).

## Manuseio e espera no abatedouro

Warriss e Brown (2000) sugeriram que pode haver influências diretas do manuseio pré-abate sobre a palatabilidade porque suínos que são estressados imediatamente antes do abate produzem uma carne menos palatável do que os manuseados com cuidado (níveis significativamente mais altos de lactato e cortisol) (Warriss, 1994). Também foi sugerido que o ambiente de criação pode influenciar a forma com que os suínos reagem aos estressores do transporte e da espera. Beattie et al. (2000b) registraram níveis elevados de cortisol ao abate em suínos criados em um ambiente enriquecido, embora tenham sugerido que esta diferença seja devido à supressão de respostas de suínos de baias nuas. Barton-Gade e Blaabjerg (1989) observaram



que suínos criados ao ar livre (25m<sup>2</sup>/cabeça) foram mais calmos e manejados mais facilmente no abatedouro que os criados em confinamento, indicando uma menor capacidade de retenção de água. O manuseio cuidadoso dos suínos durante o transporte e pré-abate, especificado nas regulamentações orgânicas do UKROFS (UKROFS, 2001) pode, portanto, melhorar a palatabilidade.

## Sumário

Há alta de informações sobre a qualidade da carne de suínos criados de forma orgânica. Depois de considerar as diferenças nos métodos de produção resultantes das regulamentações orgânicas, parece que há influências positivas e negativas. Um estudo mais detalhado de fatores como genótipo, nutrição, ambiente e manejo no contexto da produção orgânica é urgentemente necessário.

## Referências

- ADAS, 2001. MAFF Research Project: Optimising production systems for organic pig production (OFO169). [http://www.ncl.ac.uk/tcoa/projects/OrganicPicAW\\_1.pdf](http://www.ncl.ac.uk/tcoa/projects/OrganicPicAW_1.pdf)
- BARTON-GADE, P. and BLAABJERG, L. O. 1989. Preliminary observations on the behaviour and meat quality of free range pigs. In Proc. 35th International Congress of Meat Science and Technology. pp.1002 - 1005.
- BEATTIE, V. E., O'CONNELL, N. E. and MOSS, B. W., 2000a. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. Livst. Prod. Sci. 65, 71-79.
- BEATTIE, V. E., O'CONNELL, N. E., KILPATRICK, D. J. and MOSS, B. W., 2000b. Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. Anim. Sci. 70, 443-450.
- BEATTIE, V. E., SNEDDON, I. A. and WALKER, N., 1993. Behaviour and productivity of the domestic pig in barren and enriched environments. In Boon, C. and Collins, E. (eds.), Livestock Environment IV. ASAE, St Joseph, Michigan, USA. pp 43-50.
- BEJERHOLM, C. and BARTON-GADE, P., 1986. Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. Proc. 32nd European Meeting of Meat Research Workers, Ghent, Belgium. pp. 389-391
- BLANCHARD, P. J., WARKUP, C. C., ELLIS, M., WILLIS, M. B. and AVERY, P., 1999a. The influence of the proportion of Duroc genes on growth, carcass and pork eating quality characteristics. Anim. Sci. 68, 495-501.
- BLANCHARD, P. J., ELLIS, M., WARKUP, C. C., HARDY, B., CHADWICK, J. P. and DEANS, G. A., 1999b. The influence of rate of lean and fat tissue development on pork eating quality. Anim. Sci. 68, 477-485.
- DANIELSON, V., LYDEHOJ HANSEN, L., MOLLER, F., BEJERHOLM, C. and NIELSEN, S., 1999. Production results and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib clover grass or clover grass silage. Ecological Animal Husbandry in the Nordic Countries. Proceedings from NJF-seminar No. 303, Horsens, Denmark, 16-17 September 1999. pp 79-86.

- DUFEY, P. A., 1995. Fleisch und Fettqualität bei Schweinemast mit Weidegang. *Agrarforschung* 2, 453-456.
- DEFRA (2001). Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2.10.01. [www.defra.gov.uk/esg/Work\\_htm/Notices/pignote.pdf](http://www.defra.gov.uk/esg/Work_htm/Notices/pignote.pdf)
- EDWARDS, S. A. and CASABIANCA, F., 1997. Perception and reality of product quality from outdoor production systems in Northern and Southern Europe. In: Sorensen, J.T. (ed.), *Livestock Farming Systems - more than food production*. EAAP Publication No 89, Wageningen Pers, Wageningen. pp 145-156.
- EDWARDS, S. A, WOOD, J. D., MONCRIEF, C. B. and PORTER, S. J., 1992. Comparison of the Duroc and Large White as terminal sire breeds and their affect on pigmeat quality. *Anim. Prod.* 54, 289-297.
- ELLIS, M., WEBB, A. J., AVERY, P. J. and BROWN, I. (1996). The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughterhouse on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Anim. Sci.* 62, 521-530.
- ENFALT, A. C., LUNDSTROM, K., HANSSON, I., LUNDHEIM, N. and NYSTROM, P. E., 1997. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.* 45, 1-15.
- FERNANDEZ, X., MONIN, G., TALMANT, A., MOUROT, J. and LEBRET, B., 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. *Meat Sci.* 53, 67-72.
- GANDEMER, G., BONNOT, D., VEDRENNE, P., CARITEZ, J. C., BERGE, P., BRIANT, E. and LEGAULT, C., 1990. Influence du system d'elevage et du genotype sur la composition chimique et les qualites organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *J. Rech. Porc. en France* 22, 101-110.
- GUY, J. H., CHADWICK, J. P. and ROWLINSON, P., 1994. The effect of housing system on the welfare and productivity of two genotypes of finishing pig. In Proc. 45th Annual Meeting of the European Association for Anim. Prod. , 5-8 September 1994, Edinburgh. (Paper No P1.8).
- HMSO, 2000. *The Welfare of Farmed Animals (England) Regulations 2000*. Her Majesty's Stationary Office (HMSO), London.
- KELLEY, H. R. C., BROWNING, H. M., MARTINS, A. P., PEARCE, G. P., STOPES, C., EDWARDS, S. A., 2001. Breeding and feeding pigs for organic production. Proc. NAHWOA workshop, Wageningen, 24-27 March 2001. In press.
- LYDEHOJ HANSEN, L., BEJERHOLM, C. CLAUDI-MAGNUSSEN, C. AND ANDERSEN, H. J., 2000. Effects of organic feeding including roughage on pig performance, technological meat quality and the eating quality of pork. Proc. 13th International IFOAM Scientific Conference, 28 to 31 August, 2000. Basel. pp 288.
- MINTEL (2000). *Organic Food and Drink Retailing. Forecast*. 8 th June 2000. MINTEL Publications Ltd, London.
- MLC, 1992. *Stotfold Pig Development Unit: Second Trial Results*. Meat and Livestock Commission, Milton Keynes, UK.
- MLC, 1994. *Pig Yearbook*. Meat and Livestock Commission, Milton Keynes, UK.
- OUDE OPHUIS, P. A. M., 1994. Sensory evaluation of free range and regular pork meat under different conditions of experience and awareness. *Food Quality and Preference* 5, 173-178.

- SECONDI, F., GANDEMER, G., LUCIANI, A., SANTUCCI, P. M. and CASABIANCA, F., 1995. Influence d'une supplementation avant l'engraissement traditionnel en chataigneraie sur la composition corporelle et la composition lipidique des tissus musculaires et adipeux chez le porc corse. *J. Rech. Porc. en France* 27, 307-314.
- SHEPPARD, A., 1996. The structure of pig production in England and Wales. Special studies in Agricultural Economics, Report No 33. University of Exeter, Exeter.
- SOIL ASSOCIATION, 2000. Standards for Organic Livestock Production. Soil Association, Bristol, UK.
- SUNDRUM, A., KULIG, B. and BIEDERMANN, G., 2000a. Feeding strategy in organic farming to improve the quality of pork. Proc. 13th International IFOAM Scientific Conference, 28 to 31 August, 2000. Basel. pp 370.
- SUNDRUM, A., KULIG, B. and BIEDERMANN, G., 2000b. Organic pig production and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 78, 1199-1205.
- UKROFS, 2001. UKROFS Standards for Organic Food Production. United Kingdom Register of Organic Food Standards, February 2001, London, UK.
- WAL, P. G. van DER, MATEMAN, G., VRIES, A. W. DE, VONDER, G. M. A.: SMULDERS, F. J. M., GEESINK, G. H. And ENGEL, B., 1993. Scharrel (free range) pigs: carcass composition, meat quality and taste panel studies. *Meat Sci.* 34, 27 - 37.
- WARKUP, C. C. and KEMPSTER, A. J., 1991. A possible explanation of the variation in tenderness and juiciness of pig meat. *Anim. Prod.* 52, 559 Abstr.
- WARRISS, P. D., 1994. Antemortem handling of pigs. In Cole, D.J.A., Wiseman, J. and Varley, M.A. (eds.), *Principles of Pig Science*, Nottingham University Press, Loughborough, UK. pp 425-432.
- WARRISS, P. D. and BROWN, S. N., 2000. Pig Welfare and Meat Quality: a United Kingdom view. 1st International Virtual Conference on Pork Quality, 16 November to 16 December, 2000. [http://www.cnpsa.embrapa.br/pork/anais00cv\\_warriss\\_en.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pork/anais00cv_warriss_en.pdf)
- WARRISS, P. D., KESTIN, S. C., BROWN, S. N. and NUTE, G. R., 1996. The quality of pork from traditional pig breeds. *Meat Focus International*. May-June, 179-182.
- WARRISS, P. D., KESTIN, S. C. and ROBINSON, J. M., 1993. A note on the influence of rearing environment on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 9, 271-279.

# O PROCESSO DE TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA E SEUS LIMITES NA SUINOCULTURA

Henrique Bartels

EMATER-RS  
Caixa Postal 2727, CEP 90150-053  
Porto Alegre, RS, Brasil

## 1 Introdução

A suinocultura, no estado do Rio Grande do Sul (RS), está presente em 275 mil propriedades com um rebanho de aproximadamente 4 milhões de cabeças (Censo..., 1998). Quase um quarto deste rebanho está situado em propriedades com menos de 10 hectares. Onze mil produtores estão diretamente integrados à indústria (ACSURS, 2000) e, aproximadamente, 44 mil produtores produzem suínos para a comercialização (ACSURS, 2001). O restante das propriedades produzem para a subsistência. Essa produção de subsistência está, provavelmente, mais integrada ao sistema de produção da propriedade do que a produção para a indústria. Normalmente esse suíno é alimentado com a produção interna de alimentos. Porém tem-se observado que mesmo a produção sendo pequena, quando considerada como unidade de produção, em geral os dejetos são mal aproveitados devido as deficiências apresentadas pelas pocilgas. Muitas não possuem estrumeiras e o esterco é arrastado pela água da chuva. Atualmente a extensão rural do Rio Grande do sul está mais preocupada com esse pequeno produtor.

Alem da discussão acadêmica existe, na prática, uma grande necessidade de avaliar o grau de sustentabilidade de diferentes projetos produtivos. Os projetos de desenvolvimento que propõem novos sistemas de produção agrícola, pecuária e florestal, entre outros, demandam novos esquemas de avaliação que podem ajudar a concentrar esforços para avançar no sentido de uma maior sustentabilidade ambiental, social e econômica.

Uma parte da suinocultura atual está dividida em várias fases de produção, de forma que alguns produtores tem os reprodutores e geram os leitões, outros criam os animais durante a fase de creche e, ainda, outros criam os animais durante a fase de terminação. Embora se apresentem como sistemas menos sustentáveis do ponto de vista do meio ambiente porque, muitas vezes, os produtores não produzem os alimentos e não tem onde colocar os dejetos, esses sistemas contribuem com a inclusão de alguns produtores no processo produtivo. Por outro lado, se não houver expansão do mercado, eles podem provocar mais exclusão do que inclusão. Para participar da produção necessitam de pequenas áreas. Uma pocilga para a criação de suínos na forma tradicional necessita de 1 m<sup>2</sup> para cada animal na terminação. Se for no sistema sobre cama é necessário 1,5 m<sup>2</sup>. Considerando que, geralmente, as construções para engordar os suínos tem capacidade para 200 animais, são ocupados entre 200 e 300 m<sup>2</sup> de uma propriedade que não precisam ser retirados da área cultivada, na maioria dos casos.

A reciclagem permite aumentar o aproveitamento dos recursos internos como os dejetos, a madeira produzida na propriedade para a construção das edificações, a palha como cama para os animais e a produção de alimentos. Há um consenso que isto pode ser feito com maior perfeição no caso dos pequenos estabelecimentos, mais especificamente na agricultura familiar.

Este texto está mais voltado para a agricultura familiar e não tem a intenção de abordar o assunto em toda a sua extensão, uma vez que no RS, a pequena suinocultura está presente em muitos sistemas de produção nas regiões coloniais incluindo a região fumageira e as regiões que cultivam trigo e soja.

## 2 Estudo da sustentabilidade na suinocultura

A extensão rural preconizada pela EMATER-RS e definida como Extensão Rural Agroecológica constitui-se num esforço de intervenção planejado para o estabelecimento de estratégias de desenvolvimento rural sustentável, com ênfase na participação popular, na agricultura familiar e nos princípios da agroecologia como orientação para a promoção de estilos de agricultura sócio, ambiental e economicamente sustentáveis (Caporal e Costabeber, 2001).

A agroecologia fornece uma estrutura metodológica de trabalho para a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios segundo os quais eles funcionam (Altieri, 2000). Trata-se de uma nova abordagem que integra os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e da sociedade como um todo.

De acordo com Maser et al. (2000), que revisou várias definições de sustentabilidade, quase todas mencionam elementos como: o melhoramento e a conservação da fertilidade e da produtividade do solo; a utilização de insumos de baixo custo; a satisfação de necessidades humanas; a viabilidade econômica; a aceitabilidade social como melhora da qualidade de vida dos agricultores; a adequação ecológica através da redução de impactos, protegendo e melhorando o meio ambiente, e a durabilidade do sistema a longo prazo em lugar da rentabilidade de curto prazo.

Se forem conectadas estas idéias ao grau de sustentabilidade da suinocultura, pode ser verificado que essa é muito variável. Alguns produtores produzem todo o milho e adquirem apenas a fonte de proteína e a mistura de minerais e vitaminas, elaboram a própria ração empregando a mão-de-obra familiar e dispõem de área suficiente para colocar os dejetos. Outros produtores, como os terminadores, recebem os animais com aproximadamente 25 kg e toda a ração para alimentar os animais durante as fases de crescimento e terminação. Esses, normalmente, não são proprietários dos animais, mas são donos das instalações e empregam mão-de-obra familiar ou externa. Além disso, muitos não possuem área suficiente para colocar os dejetos. Esses produtores, aparentemente, são menos sustentáveis. Pelo contrário, os projetos atuais parecem estar andando em direção oposta a sustentabilidade ambiental em função do tamanho das criações. São granjas cada vez maiores em pequenas áreas. Algumas criações devem ter no mínimo 200 ou 300 animais na terminação.

Nos encontros e seminários sobre manejo de dejetos muito tem sido usada a palavra sustentabilidade para a suinocultura, mas é preciso que se passe a estudar a sustentabilidade utilizando uma metodologia que permita medir o progresso alcançado em um determinado espaço de tempo. Ainda estamos na fase de apresentar sugestões para a área agrícola em direção a sustentabilidade. É uma fase ainda de discussões políticas e acadêmicas. Precisamos partir para a prática exercitando algum tipo de metodologia. Não há um projeto para medir o grau de avanço da suinocultura em direção a sustentabilidade. Pode-se utilizar a obtenção de algumas informações simplificadas e de fácil entendimento pelas comunidades rurais nesta fase inicial. É preciso estabelecer os indicadores de sustentabilidade que devem ser de utilidade prática por propriedade ou por comunidade.

Se observa que a maioria dos exemplos envolvendo sustentabilidade e agroecologia, citados por Maser et al. (2000) e Altieri (2000), respectivamente, estão mais relacionados com produção vegetal.

Para iniciar o estudo de sustentabilidade sugerimos alguns indicadores com base em discussões já feitas com agricultores e técnicos. Esses são, principalmente, indicadores ambientais que no, no momento, parecem mais críticos porque envolvem também quem não é criador de suínos por causa dos efeitos externos, uma vez que no Rio Grande do Sul há reclamações quanto a contaminação de cursos d'água, a presença de moscas e de odor em comunidades rurais.

O diagnóstico e a seleção de indicadores feitos com a colaboração de equipes multidisciplinares propicia maior abrangência tendo em vista o grande número de atividades desenvolvidas no meio rural.

Neste sentido podem ser utilizados indicadores para estudar a sustentabilidade da suinocultura em uma propriedade ou comunidade utilizando o modelo MESMIS do espanhol "Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad" sugerido por Maser et al.(2000).

Embora o objetivo deste trabalho não é de discutir a metodologia, a seguir estão mencionados alguns exemplos de indicadores que poderiam ser apresentados aos suinocultores, para facilitar o entendimento:

- Auto-suficiência de alimentos;
- Capacidade de utilização de dejetos na propriedade;
- Materiais e mão-de-obra da propriedade ou da comunidade utilizados na construção da pocilga e no manejo dos animais;
- Infestação de mosca e borrachudo na propriedade ou na comunidade;
- Materiais recicláveis na construção da pocilga;
- Grau de conservação da estrada de acesso a criação de suíno;
- Consumo de água para produzir 1 kg de suíno e
- Volume de dejetos produzidos por kg de suíno produzido.

Como alguns técnicos ainda não estão familiarizados com a utilização de indicadores, no momento atual, ao mesmo tempo que se divulga a noção de indicadores, esses podem, inicialmente, ser trabalhados individualmente, embora o objetivo seja de examiná-los em conjunto incluindo suas inter-relações.

O que tem sido feito até agora por parte da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) é o estudo de medidas mais gerais estabelecendo critérios técnicos para a instalação de novos empreendimentos. Esse trabalho tem surtido um grande efeito no meio rural com a instalação de granjas em locais mais adequados.

A intenção da FEPAM de fazer o licenciamento ambiental coletivo das propriedades suínolas pode ser importante uma vez que poderiam ser estabelecidos indicadores coletivos de sustentabilidade a serem perseguidos por um conjunto de produtores. Esse trabalho pode ser o ponto de partida para promover progressos em direção a sustentabilidade da suinocultura.

### **3 Alternativas tecnológicas**

As tecnologias apresentadas a seguir podem reduzir a dependência dos agricultores e propiciar maior sustentabilidade.

#### **3.1 Construções**

Em muitas propriedades agrícolas, especialmente as da região fumageira, que cultivam eucalipto como fonte de energia, a madeira pode ser aproveitada para as construções destinadas a suinocultura.

As pocilgas e os comedouros, especialmente dos pequenos agricultores, podem ser de madeira. Muitos produtores utilizam esteios e constróem as tesoura de madeira roliça. Isso, de certa forma, é mais sustentável porque não se gasta energia e nem equipamentos para esquadrear a madeira. As divisórias e as laterais para conter os animais também podem ser de varas de madeira roliça.

O telhado da pocilga pode ser de telha de barro produzida na própria comunidade. A utilização da telha de cimento amianto está proibida no RS e foi estabelecido um prazo de 3 anos para adaptação dos estabelecimentos industriais e quatro anos para adequação do comércio. A doença mais comum ligada a exposição ao amianto é a asbestose, que causa o endurecimento progressivo do pulmão (Amianto..., 2001). Nesse sentido, a substituição da telha de amianto pela telha de barro na construção das pocilgas pode servir para movimentar a economia local e, ao mesmo tempo, reduzir os problemas de saúde provocados pelo amianto.

#### **3.2 Soja integral**

A soja é produzida em quase todo o Rio Grande do Sul. A colheita do ano 2001 foi de 6,9 milhões de toneladas (A Maior..., 2001). Os pesquisadores Trindade (1982) e Fialho et al (1991) mostraram que a soja integral pode ser utilizada pelos suínos desde que tratada pelo calor. Embora os trabalhos de pesquisa com soja tostada tenham começado, no RS, em 1982, para o arraçamento de suínos, muito tempo antes disso os suinocultores da região de Santa Rosa já cozinhavam a soja em tachos, utilizando

lenha. A soja era misturada com milho para formar o que eles chamavam de lavagem. O milho era colocado dentro do tacho quando a soja ainda estava quente. Naquele tempo, os agricultores já sabiam que a soja para ser oferecida aos suínos precisava ser tratada pelo calor. A utilização da soja sem fatores antinutricionais ou tostada pode tornar o agricultor mais independente, uma vez que não existem fontes alternativas de proteína, no RS, com a mesma abundância que a proteína da soja. Além disso, a utilização da soja nesta forma tem a vantagem, pela sua concentração de energia, de facilitar a formulação das dietas, especialmente quando se tem ingredientes com a concentração de energia menor que as exigências dos animais. A concentração de proteína do grão da soja é de 37 % (EMBRAPA, 1991). Atualmente, poucos produtores de suínos estão utilizando a soja tostada. Isto se deve principalmente porque os agricultores não dispõem de um equipamento de fácil calibração. Alguns agricultores utilizam o secador de leito fixo para tostar a soja. Este secador funciona a lenha, que é renovável, e produzida pelos próprios agricultores. Além disso a tostagem de soja na propriedade economiza combustível fóssil uma vez que não precisa levar a soja para indústria e trazê-la de volta a propriedade ou comunidade. Praticamente são pagos dois transportes para colocar a proteína da soja no mesmo local. Para aumentar o grau de sustentabilidade, neste caso, os produtores de suínos também poderiam ser os produtores de soja. A outra alternativa é de intensificar pesquisas no desenvolvimento de variedades de soja sem fatores anti-nutricionais possíveis de serem utilizadas nas rações. Neste caso se apresentam outras vantagens como eliminação do custo de tostagem e preservação das fontes de energia.

### **3.3 Secagem e armazenagem de grãos**

A secagem de milho na propriedade pode favorecer a sustentabilidade da suinocultura. Muitas vezes o produtor paga dois transportes, semelhante ao caso da soja, para ter o milho no mesmo local. Paga um transporte para levar o milho para o secador e outro para trazer o milho de volta para a propriedade. Neste caso o produtor precisa fazer dois tipos de investimento: construir um secador e um depósito para grãos secos ou construir um silo trincheira para armazenar milho úmido.

#### **3.3.1 Secador de grãos com uso de energia solar**

Com o objetivo de oferecer uma tecnologia simples e de baixo custo aos produtores para a secagem de grãos, foi adaptado um secador de leito fixo para utilizar como fonte de aquecimento do ar a energia solar (Martins et al., sd). O equipamento desenvolvido levou em consideração a demanda de baixa potência pelo motor do ventilador. Enquanto um secador convencional de 50 sacos de capacidade estática e fornalha a lenha utiliza um motor de 5 CV, um secador que usa energia solar, de igual capacidade estática, necessita de somente 0,75 CV. A energia solar, além de ser renovável, é uma fonte limpa de energia, o que não ocorre com a lenha, utilizada em grande quantidade na secagem de grãos no Brasil. A queima da lenha produz fumaça que confere cheiro aos produtos. O secador que utiliza energia solar é um poupador de mão-de-obra na pequena propriedade, pois uma vez carregado o equipamento e ligado o motor do ventilador, o agricultor não precisa acompanhar o processo de



secagem. O mesmo não ocorre com os equipamentos que utilizam lenha. O secador solar foi projetado para ser construído com material e mão-de-obra locais.



**Figura 1 —**

### **3.3.2 Silagem de grão de milho úmido**

Este tipo silagem começou no RS em 1986 na Região de Santa Rosa. Nessa região foram feitas 2 unidades demonstrativas em propriedades rurais para alimentar suínos. Naquela época esta técnica não teve grande aceitação pelos produtores. Na segunda metade da década de 90 esse tipo de armazenagem passou a ser adotada pelos suinocultores. Atualmente produtores da Região de Erechim e de Santa Rosa estão se beneficiando desta tecnologia.

Nesse sistema, o milho é colhido com umidade entre 30 e 40 %, triturado e armazenado em um silo trincheira.

De acordo com Numer Filho (2001), as principais vantagens da armazenagem do milho na forma "úmida" estão relacionadas com a economia de transporte, as reduções do custo de armazenagem e das perdas por ataque de fungos, ratos e carunchos.

### **3.4 Suinocultura sobre cama**

As recomendações são de construir as pocilgas longe dos córregos para evitar que possíveis vazamentos resultem em contaminação das fontes d'água. Isto não é uma regra geral porque muitas sedes de propriedades foram instaladas antes da introdução da energia elétrica. Naquela época as instalações das propriedades eram feitas

próximas dos cursos d'água porque as bombas para recalcar a água não eram comuns no meio rural colonial. Até hoje, muitas sedes de propriedades estão localizadas em áreas de preservação, próximas dos cursos d'água. A remoção de residências e seus respectivos anexos (normalmente pocilgas, galinheiros e estábulos) não é possível por falta de recurso. Pela idade das construções, a mudança implicaria em ter que fazer tudo novo. As opções são de desenvolver tecnologias que permitam manejar os dejetos nestas condições, sem apresentar riscos para os cursos e fontes de água. A criação de suínos sobre cama, adaptada pelo Centro Nacional de Pesquisa de Suíno e Aves (Oliveira & Diesel, 2000) é uma dessas possibilidades porque muda a forma de tratar os dejetos, passando da líquida para a sólida. Nessa forma de criação os suínos são alojados sobre uma cama de 50 cm de profundidade.

No caso de utilização de sistema sobre cama há uma grande economia de cimento e areia porque grande parte da pocilga não tem piso.

A criação de suínos sobre cama precisa ser aperfeiçoada quanto a utilização de diversos tipos de materiais. Os resultados do trabalho de Corrêa (1998) mostram a possibilidade de utilizar a maravalha, a casca de arroz, a serragem de madeira e o sabugo de milho. Para outros materiais como bagaço de cana picado, capim elefante picado, palha de trigo e palha de aveia a melhor forma de utilização precisa ser examinada. Esses materiais estão presentes em diversas regiões do Rio Grande do Sul.

### **3.5 Suinocultura ao Ar Livre**

A criação de suínos ao ar livre, vista como uma alternativa, especialmente por aqueles que esperam uma criação mais natural, não teve grandes avanços nos últimos anos. O número de criadores nesta modalidade não tem aumentado. A expectativa de um aumento do número de criadores nas regiões mais planas e em propriedades maiores não se verificou. No ano de 1999 havia 12 criações nos moldes de suinocultura ao livre no RS e este número não aumentou. As regiões com disponibilidade de área plana não possuem mão-de-obra capacitada e/ou os alimentos concentrados como milho e farelo de soja. Esses precisam ser transportados por longas distâncias tornando difícil a formulação de rações. Nas regiões que possuem mão-de-obra preparada para criar suínos, as propriedades são pequenas, a topografia é acidentada e a vontade dos criadores é de criar suínos confinados. Nas pequenas áreas disponíveis os produtores preferem produzir grãos. Pode-se dizer que o espaço para a suinocultura ao ar livre não foi aberto dentro do modelo agrícola da região sul. As condições atuais são muito parecidas com as apresentadas por Formigheri & Bartels (1999).

A migração de produtores de suínos do sistema confinado para o sistema ao ar livre, em quantidade significativa, não está prevista para os próximos anos. A segmentação da produção de suínos em produtores de leitões, crecheiros e terminadores rotinizou os processos de produção, aumentou a escala de produção em pequenas áreas de terra.

Se compararmos com a adoção de outras tecnologias relacionadas ao ambiente, estas receberam muito mais atenção por parte da sociedade. A sociedade ainda não está exigindo a produção de suínos de forma mais natural. No momento ela está mais preocupada com a proteção do meio ambiente. Se compararmos com a criação sobre

cama, cuja tecnologia foi colocada pela EMBRAPA a disposição dos agricultores no ano 2000, esta está tendo muito mais aceitação do que a suinocultura ao ar livre. Deve-se considerar que algumas tecnologias não foram aceitas na primeira vez que foram colocadas a disposição dos agricultores. A aceitação da silagem de milho de planta inteira e a silagem de grão de milho úmido levaram mais de 15 anos para serem aceitas pelos agricultores, em larga escala, após a primeira apresentação. O foco dos produtores e técnicos que trabalham suinocultura, hoje, está voltado para solucionar problemas relacionados com o ambiente.

No entanto, a pesquisa deve continuar gerando informações, uma vez que este parece um ponto de estrangulamento. Com as informações disponíveis os produtores ainda não se convenceram em mudar de sistema.

### **3.6 Suinocultura e gado leiteiro**

A reciclagem de material faz parte do manejo ecológico da propriedade. O manejo dos dejetos, especialmente de seus nutrientes, com o objetivo de reter a maior quantidade na propriedade, pode trazer como consequência positiva a economia de fertilizantes e o aproveitamento da matéria orgânica para melhorar a estrutura do solo.

A combinação da suinocultura com gado leiteiro que está sendo preconizada parece uma boa alternativa. Os nutrientes que sobram da suinocultura ( fósforo, potássio e nitrogênio) podem ser aproveitados para a produção de pastagens para ruminantes. Isto já está sendo feito em grande escala na região de Santa Rosa e combina com a produção de leite a pasto.

## **4 Fatores limitantes**

A Agroecologia preconiza um manejo produtivo mais diversificado e mais integrado dentro da propriedade (Altieri, 2000). Se por um lado a diversificação das atividades podem propiciar menores riscos e maior equilíbrio na utilização dos meios de produção, esta forma de produção pode gerar produtos de maior variabilidade apresentando maiores dificuldades para os processos industriais, especificamente quando há interesse na exportação.

A suinocultura, que tem aumentado no RS (ACSURS, 2000), é feita, cada vez mais, de forma isolada. Há sistemas em que a fase de reprodução é feita em um local e as fases de creche e terminação são feitas em outros dois locais diferentes. Embora este sistema não se desloque no sentido agroecológico, há uma clara evidência que a indústria necessita de uma produção uniforme para atender a demanda do mercado. A uniformidade dos animais produzidos é obtida, geralmente em função da origem dos animais, das rações padronizadas e das orientações fornecidas aos produtores.

As regiões em que a suinocultura mais tem crescido no estado são de terrenos acidentados e, nesses locais, os produtores não estão conseguindo produzir a quantidade necessária de milho. Várias tentativas já foram feitas quanto a autosustentação da suinocultura. Para aumentar a segurança da atividade, a Extensão Rural do RS, recomendou por volta de 1980 que os suinocultores deveriam produzir em torno de 80 sacos de milho por matriz do rebanho. Naquela época se multiplicava o número de

matrizes por 80 para determinar a necessidade de milho para a suinocultura em uma propriedade, mas isto não se concretizou de forma generalizada.

As áreas são pequenas e os lotes são, muitas vezes estreitos (< 250m), dificultando até a construção da pocilgas. A instalação de novas criações em locais de menor risco ambiental apresenta dificuldades em relação a disponibilidade de alimentos e a distância dos abatedouros.

## 5 Conclusões

Certamente que não haverá um modelo de produção ecológica de suínos em grande escala, pelo menos a curto prazo. As maiores oportunidades para desenvolver a suinocultura baseada nesses princípios estão nos pequenos agricultores que combinam diversas atividades. A implantação de práticas na suinocultura que reduzam o impacto ambiental e promovam o bem estar animal parecem as mais promissoras. A tendência da suinocultura no próximos ano é de permanecer confinada. O sistema de produção tende a mudar no sentido de reduzir os custos das construções com a utilização de sistemas de criação sobre cama, que está tendo grande aceitação pelos agricultores, pelos órgãos de proteção ambiental e pelo poder executivo municipal. Neste aspecto deverão ocorrer as maiores mudanças nos próximos anos no Rio Grande do Sul.

## 6 Referência bibliográficas

- ALTIERI, M. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade /UFRGS, 2000. 110 p. (Síntese Universitária, 54)
- A MAIOR safra brasileira. In: GAZETA GRUPO DE COMUNICAÇÕES (Ed.). Anuário Brasileiro da Soja. Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta, 2001. 127 p.
- AMIANTO é proibido no estado. Jornal do CREA-RS. Porto Alegre, ano 6, n.69, out.2001. p. 6
- ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUÍNOS DO RIO GRANDE DO SUL-ACSURS. Relatório da diretoria: 2000. Estrela, RS: ACSURS, 2000. n.p.
- ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUINOS DO RIO GRANDE DO SUL - ACSURS. Visão geral do setor no RS: produção: tecnologia e desempenho. Disponível em: <http://www.acsurs.com.br/visao.html>. Acesso em 25 out. 2001.
- CAPORAL, F. R. ; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectivas para uma nova extensão rural. Porto Alegre: EMATER/RS, 2001. 306 p. (Textos Seleccionados, 22)
- CENSO AGROPECUARIO 1995- 1996. Rio de Janeiro: IBGE, n. 22 (Rio Grande do Sul), 1998. p. 1- 323.
- CORRÊA, E. K. Avaliação de diferentes tipos de cama na criação de suínos em crescimento e terminação. 1998. 91 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. 3. ed. Concórdia, SC, 1991. 97 p. (EMBRAPA - CNPSA. Documentos, 19).
- FIALHO, E. T. et al. Utilização de soja tostada para suínos em crescimento e terminação. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1991. 2 f. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, n.168)
- FORMIGHERI, N. J.; BARTELS, H. Criação de suínos ao ar livre no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DO CONE SUL DE TÉCNICOS ESPECIALISTAS EM SISCAL, 2; 1999, Concórdia; SIMPÓSIO SOBRE SISCAL, 2, 1999, Concórdia. Anais ... Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1999. p. 15-19.
- MARTINS, R. R.; FRANCO, J. B. da R.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Secador de grãos com uso da energia solar. 12 f. Não publicado.
- MASERA, O.; ASRIER, M.; LOPES-RIDAURA, S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluacion MESMIS. Mexico: Gira, 2000. 109 p.
- NUMMER FILHO, I. Silagem de grão úmido de milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, GRAMADO, RS. Anais... Concórdia, SC: EMBRAPA, CNPSA, 2001. P . 29-43.
- OLIVEIRA, P. A. V. de ; DIESEL, R. Edificação para a produção agroecológica de suínos: fases de crescimento e terminação. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2000. 2 p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 245)
- TRINDADE, Hélion Freitas. Grão de soja tostado: Avaliação bioquímica do processamento e resposta produtiva dos suínos a rações com níveis crescentes de grão tostado. 1982. 107 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Departamento de Bioquímica, Porto Alegre.

# SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PRODUÇÃO: INFLUÊNCIA SOBRE O CRESCIMENTO DOS SUÍNOS E A QUALIDADE DA CARNE

Jessica G. Gentry

Mark F. Miller

John J. McGlone

Pork Industry Institute Texas Tech University  
Lubbock, TX 79409-2141 EUA <http://www.pii.ttu.edu>  
Correspondência: [john.mcglone@ttu.edu](mailto:john.mcglone@ttu.edu)

## Resumo

Foi avaliada a preferência dos consumidores por carne suína produzida em sistemas alternativos e convencionais. A maioria dos consumidores disse que se dispõe a pagar mais por produtos produzidos de forma “sustentável”, “natural” ou outras garantias, sem mencionar qualquer melhora na palatabilidade da carne suína. Ficamos surpresos, inicialmente, de ver que hoje os consumidores valorizam algumas características sociais do sistema de produção, muito diferentes da aparência ou das qualidades sensoriais da carne suína. Há um nicho de mercado para carne suína produzida com certas garantias socialmente aceitáveis, mesmo que não se possa demonstrar reais diferenças nas qualidades sensoriais da carne suína através de pesquisas objetivas. Uma comparação de pesquisas sobre os efeitos do sistema de alojamento sobre as características de desempenho e de qualidade de carne foi compilada neste artigo. Estudos controlados e de campo foram conduzidos na Texas Tech University. Nossos resultados e os da literatura científica não concordam totalmente, talvez devido à localização geográfica, ao clima e aos genótipos avaliados. Quando controlamos os ambientes de nascimento e de criação e durante clima ameno, o nascimento e a criação ao ar livre (em comparação com os sistemas confinados convencionais) resultaram em melhoras no ganho médio diário, maciez, sabor, cor e tipo de fibra muscular. Dados sensoriais objetivos, de resistência e de tipo de fibra muscular indicam que sob algumas, mas não em todas, circunstâncias, o nascimento e/ou a criação ao ar livre podem melhorar a qualidade da carne suína.

## 1 Introdução

Os sistemas intensivos de produção de suínos ao ar livre têm sido levados em consideração em algumas partes do mundo. Estas alternativas aos sistemas confinados tradicionais em piso ripado podem se tornar mais comuns à medida que aumentam as regulamentações ambientais e de bem-estar animal. A suinocultura norte-americana mudou muito nos últimos 10 anos, quando houve consolidação das granjas e diminuição do número de granjas. Preocupações ambientais ligadas à suinocultura aumentaram nos EUA e em outros países. Em regiões com suinocultura significativa, os produtores têm enfrentado aumento de custos para cumprir com a legislação ambiental quanto ao manejo de esterco, dejetos e odor (Beghin e Metcalfe,

1998). O aumento dos custos para cumprir a legislação ambiental pode limitar a expansão de granjas de confinamento nos próximos anos. Os sistemas de terminação ao ar livre têm sido usados em países europeus e, em menor escala, nos EUA e outros países há muitos anos. A conscientização de questões de bem-estar animal e o interesse em oportunidades de comercialização em nichos de varejo contribuíram para o recente interesse nos sistemas de produção alternativa.

Uma das razões do interesse na produção de suínos ao ar livre é o baixo custo de capital destes sistemas, que é de 40-70% do custo dos sistemas confinados convencionais (Thornton, 1988). A produção ao ar livre pode atingir margens brutas semelhantes às da produção confinada, mas com menor investimento de capital (Edwards, 1995). Outros sugerem que os suínos ao ar livre são mais calmos e menos suscetíveis ao estresse relacionado ao transporte e ao abate (Wariss et al., 1983; Barton-Gade e Blaabjerg, 1989).

Os sistemas pecuários sustentáveis são essenciais para preservar, proteger e melhorar o ambiente e as experiências do animal. A suinocultura sustentável combina técnicas de produção para aumentar os lucros e as condições ambientais e sócio-econômicas da granja (Honeyman, 1996). As oportunidades de nichos de mercados para operações sustentáveis certamente aumentaram o número de produtores que buscam comercializar produtos sustentáveis, naturais ou orgânicos nos EUA. Muitos consumidores querem comprar alimentos de vários sistemas, incluindo orgânico, a campo, sem antibióticos, etc. As pesquisas da Texas Tech University enfocam a produção de Sustainable Pork® (carne suína sustentável) como um produto animal bem para o ambiente e para os trabalhadores.

Muitos estudos dos efeitos ambientais sobre a qualidade da carne suína produziram conclusões muito diferentes (Edwards e Casabianca, 1997; Sather et al., 1997; Van der Wal, 1991). Até agora, os efeitos de diferentes ambientes de nascimento e criação sobre o desempenho dos suínos e a qualidade da carne ainda não foram cuidadosa ou completamente analisados.

## 2 Crenças e percepções do consumidor

Foram conduzidas duas pesquisas para avaliar a percepção do consumidor sobre produtos de carne suína. Uma pesquisa para a revista *Better Homes and Gardens* (BHG) preparada pela Texas Tech e pela revista *Successful Farming Magazine* foi resumido recentemente (Freese, 2000). A pesquisa, feita pelo correio, obteve 340 respostas. Foi conduzida uma pesquisa com consumidores em Lubbock no setor de carnes de três supermercados locais. Um total de 220 consumidores respondeu os formulários. Os resultados destas duas pesquisas mostraram que os consumidores se preocupam com as práticas de produção animal. Os resultados mostraram que a maioria das pessoas queria comprar carne de suínos criados de forma “boa para o animal” e com segurança ambiental (Tabela 1). A pesquisa da BHG revelou que os consumidores disseram que pagariam mais 10-25 centavos de dólar por libra desta carne. Porém, ainda permanece a dúvida se os consumidores vão realmente pagar um preço mais alto por estes produtos quando comprarem carne suína. Os consumidores da pesquisa da BHG estavam mais preocupados com a preservação de pequenas granjas familiares porque 72% dos consumidores descreviam a si mesmos

como “muito preocupados” ou “moderadamente preocupados” (Tabela 1; Freese, 2000) com as granjas familiares. Mais da metade dos consumidores de Lubbock indicou que se disporia a pagar mais por uma carne suína com certas garantias (Tabela 1; Gentry, 2001).

**Tabela 1** — Pesquisa de consumidores perguntados sobre preferências de compra de carne suína.

Você preferiria carne suína com garantia de:	Better Homes and Gardensa	Pesquisa de Lubbock <sup>b</sup>
De granja familiar?	72%	-
Proteção do trabalhador?	-	61%
Proteção ambiental?	80%	59%
Proteção animal?	68%	54%

a Tamanho da amostra foi 340 consumidores dos EUA.

b Tamanho da amostra foi 220 consumidores de Lubbock, TX.

Os consumidores que participaram da pesquisa da BHG foram mais preocupados com a proteção ambiental e animal que os que participaram da pesquisa de Lubbock. Os consumidores da BHG (72%) também indicaram que prefeririam carne suína produzida em granjas familiares. Embora os consumidores de Lubbock fossem mais conservadores, ainda assim sua resposta foi alta. No entanto, devem ser conduzidos estudos futuros para determinar se os consumidores vão pagar mais por estes produtos se forem colocados ao lado de produtos convencionais de carne suína no supermercado.

Oude Ophius (1994) comparou as características sensoriais de carne suína “convencional” e “ao ar livre” no Reino Unido. Os painelistas incluíam indivíduos que haviam experimentado anteriormente a carne suína “ao ar livre” e indivíduos sem experiência anterior. Os resultados indicaram que o rótulo e a experiência com o produto tiveram influência significativa sobre a avaliação sensorial da carne suína “normal” em comparação com a produzida “ao ar livre” (Oude Ophuis, 1994). A percepção dos consumidores dos sistemas de produção de suínos “ao ar livre” pode ter influenciado sua avaliação organoléptica da carne. Neste estudo, a carne produzida “ao ar livre” foi considerada mais macia, suculenta e com mais sabor quando os consumidores experientes tinham conhecimento da origem da carne. No entanto, não foram observadas diferenças quando a carne suína de produção “ao ar livre” foi comparada com a carne suína convencional em uma “prova cega”, em que as amostras não haviam sido identificadas (Oude Ophuis, 1994).

Outros pesquisadores determinaram que os consumidores diziam que estariam dispostos a pagar mais pelo lombinho de porco com atributos ambientais “inerentes” (Kliebenstein e Hurley, 2000). Neste experimento, “inerente” significava que o lombinho provinha de um suíno criado de forma que, comprovadamente, o impacto ambiental fora diminuído. A pesquisa incluiu 329 consumidores de 5 locais dos EUA e 62% indicaram que pagariam mais pelo produto com maior segurança ambiental. Alguns dos atributos ambientais incluíram a emissão de odor, impacto sobre o lençol freático, impacto sobre a água de superfície ou alguma combinação destes fatores (Kliebenstein e Hurley, 2000).



Em conclusão, temos certeza que os consumidores têm um desejo subjacente de comprar produtos de carne suína com alguns atributos sociais ou com certas garantias sociais (proteção do ambiente, dos animais, o pequeno produtor, especialmente). O desejo do consumidor é tão forte que os consumidores até mesmo atribuem melhores características sensoriais aos produtos de carne suína que acreditam que tenham certos atributos sociais (p. ex., criação “ao ar livre”). Um segmento dos consumidores (chamado por alguns de “nicho”), diz que se dispõe a pagar mais por produtos de carne suína com garantias sociais mesmo que as melhoras nas características sensoriais não sejam esperadas ou que não estejam diretamente incluídas na apresentação do produto. Aproveitar a disposição de alguns consumidores a pagar mais pela carne suína com certas garantias sociais (proteção do ambiente ou dos animais, especialmente) é um novo conceito na comercialização de produtos de carne suína.

### **3 Sistemas de produção ao ar livre**

Menos de 6% dos suínos terminados nos EUA são alojados ao livre ou em baias de chão batido (USDA , 2001). Estes sistemas geralmente consistem de um grande potreiro e de um abrigo para os animais. As condições climáticas e a disponibilidade da área são dois fatores limitantes a serem considerados na produção de suínos ao ar livre. Vários critérios, considerados com freqüência ao planejar sistemas alternativos de alojamento de suínos, são a densidade, a cobertura vegetal do solo, tamanho de grupo e regime alimentar. Os sistemas alternativos tipicamente evitam o uso de esterco líquido e de ventilação mecânica. Outras restrições a instalações de terminação ao ar livre são o dano ao solo, a disponibilidade de área, o potencial de poluição e a logística do fornecimento das exigências diárias de ração e de água em todas as condições climáticas (Edwards, 1999). Um fator muito importante a considerar na produção de suínos ao ar livre é a escolha correta do local, que inclui a avaliação do tipo de solo e das condições climáticas (Edwards, 1999). Os sistemas ao ar livre são considerados pelo público melhores para os animais e para o ambiente. Se manejados corretamente, os sistemas ao ar livre realmente o são, mas se mal manejados, os suínos ao ar livre podem ter pior desempenho e causar dano ao ambiente. Alguns fatores ambientais que devem ser monitorados em sistemas de terminação ao ar livre são o lixiviamento de nitrato, a compactação do solo, a remoção de vegetação e a erosão do solo (Edwards, 1999).

### **4 Sistemas de terminação “deep-bedding” (sobre cama)**

Galpões de terminação do estilo “hoop” (em arco) estão se tornando cada vez mais populares nos EUA. A estrutura consiste de paredes laterais de madeira de 4 pés de altura, com arcos tubulares de aço cobertos por uma lona de polipropileno opaca resistente a raios UV. A maior parte da área do piso dentro do galpão é coberta com cama de palha de milho ou outro resíduo de lavouras. O restante do piso é de concreto,

onde são colocados os comedouros e bebedouros. O tamanho do grupo pode variar consideravelmente e, geralmente, varia entre 75 e 250 cabeças por galpão.

Suínos também são criados sobre cama em galpões de aves reformados ou em prédios vazios. Os sistemas de crescimento/terminação sobre cama têm sido considerados uma alternativa e comparáveis com os sistemas tradicionais de confinamento sobre piso ripado. Os galpões de aves reformados podem alojar de 500 a 1000 suínos em terminação, e são considerados sistemas “tudo dentro, tudo fora”. Nestes galpões, os suínos são criados sobre algum tipo de cama (palha de milho, palha de trigo, espigas de festuca ou outro resíduo de lavoura) e este sistema é, de certa forma, semelhante ao dos galpões em arco.

A principal diferença entre a terminação em galpões em arco e a em prédios tradicionais com piso ripado são: o uso de cama, manejo do esterco seco, ventilação natural, grupos maiores, maior variação ambiental, e baixo investimento inicial. Também há algumas vantagens para o animal terminado sobre cama. Os suínos alojados sobre cama apresentam menos canibalismo, menos lesões de almofada plantar e tendem a ter menos problemas respiratórios que os mantidos sobre piso ripado (McGlone, 1999). Há poucas pesquisas comparando o desempenho e as características da carne de suínos terminados sobre cama. Lay et al. (2000) determinaram que suínos terminados sobre cama apresentaram menos comportamentos anormais, tiveram uma maior taxa de comportamento de brincar e menos lesões nas pernas que os terminados em um sistema de confinamento sem cama.

Andersen e Bøe (1999) pesquisaram o efeito da cama de palha ou do piso de concreto sobre a agressão, a produção e saúde de matrizes em baias. Não observaram diferenças significativas nos resultados de agressão, lesões corporais e produção comparando os dois tipos de piso. Entretanto, verificaram que matrizes alojadas sobre cama tiveram menos problemas de perna que as alojadas sobre concreto (Andersen e Bøe, 1999). Pesquisadores determinaram que suínos preferem deitar sobre a palha quando a temperatura é baixa e sobre o concreto quando a temperatura é alta (Fraser, 1985). Assim, o potencial benefício de cama para suínos em terminação seria o enriquecimento ambiental. Fraser et al. (1991) determinaram que a presença de palha na baia de suínos de 10 semanas de idade provocou uma redução no comportamento de fuçar e morder os companheiros de baia. A palha funcionou como um estímulo e escape para o fuçar e o morder, que resultaram em uma redução destes comportamentos dirigidos aos outros animais da baia (Fraser et al., 1991).

Pesquisadores da Texas Tech University examinaram lesões de almofada plantar e de pés em suínos alojados sobre cama ou sobre concreto ripado. Os escores de pés foram: ausência, leve ou grave (mais de 25% da área ferida). Os dados da Texas Tech sugerem que os suínos alojados sobre cama tiveram mais lesões graves de almofada plantar e de pés (31% × 9%) do que os alojados sobre concreto ripado. Entretanto, os alojados sobre concreto tiveram mais lesões em geral (55% × 32%) do que os alojados sobre cama (Tabela 2; Gentry, 2001). Também foi feito o escore de lesões pulmonares nos mesmos grupos de animais. Em geral, a percentagem de pulmões com e sem lesões foi semelhante nos dois sistemas de alojamento. No entanto, a percentagem de lesões pulmonares graves foi quase o dobro nos suínos alojados em instalações com piso ripado (Tabela 2; Gentry, 2001).

**Tabela 2** — Percentagem de lesões de almofada plantar/pés e de lesões pulmonares em suínos alojados sobre cama ou concreto ripado.

	Cama	Ripado
<b>Pés</b>		
Sem lesões	68%	45%
Todas lesões	32%	55%
Grave*	31%	9%
<b>Pulmão</b>		
Sem lesões	68%	76%
Todas lesões	32%	24%
Grave	6%	13%

\* % de pés lesionados, por exemplo, 31% de 32% lesões foram graves para suínos sobre cama.

## 5 Desempenho e composição de carcaça de suínos terminados ao ar livre ou confinados

As comparações entre sistemas de terminação confinados e ao ar livre têm relatado resultados conflitantes. Alguns pesquisadores relataram que os suínos terminados ao ar livre têm menor ganho diário (GMD) do que os confinados durante os meses de inverno (Enfält et al., 1997; Sather et al., 1997). Um resumo dos experimentos comparando os efeitos do alojamento ao ar livre sobre o desempenho e medidas de carcaça está apresentado na Tabela 3. Enfält et al. (1997) verificaram que os suínos criados ao ar livre tiveram carcaças mais magras que os criados em confinamento durante os meses de inverno. Sather et al. (1997) viram que os animais criados ao ar livre tiveram menor ganho diário que os criados em confinamento. Os criados ao ar livre precisaram de 13,5% mais ração durante os meses de inverno. Entretanto, o ambiente de criação teve apenas um pequeno efeito sobre a percentagem de tecido magro na carcaça (Sather et al., 1997). Com base na dissecação de carcaça, os criados em confinamento, eram mais gordos que os criados ao ar livre (Sather et al., 1997). Outro estudo conduzido por Van der Wal et al. (1993) comparou suínos criados a campo com os criados em confinamento e não encontrou diferenças significativas entre os dois grupos em termos de desempenho e medidas de carcaça.

Beattie et al. (2000) concluíram que suínos de ambientes enriquecidos (3,5m<sup>2</sup>/animal, piso sólido com cama de palha) tiveram níveis mais altos de espessura de toucinho (P<0,05) e maiores taxas de crescimento (P<0,001) durante o último estágio da terminação (15-21 semanas) em comparação a suínos terminados em ambiente nu (0,76m<sup>2</sup>/animal, concreto ripado). Estudos sobre o enriquecimento ambiental de suínos determinaram que material semelhante à terra (turfa ou musgo) pode ser um agente de enriquecimento eficaz (Beattie et al., 2000). Em estudos anteriores, o enriquecimento ambiental foi incorporado apenas depois do desmame (Warris et al., 1983; Pearce e Paterson, 1993). Hessing et al. (1993) sugeriram

**Tabela 3** — Resumo dos efeitos de crescimento de sistemas alternativos para terminação de suínos

Autores	Ano	Sistemas	Alternativo x. Convencional <sup>a</sup>				
			PV <sup>b</sup>	GMD <sup>c</sup>	CMR <sup>d</sup>	CA <sup>e</sup>	ET <sup>f</sup>
Warriss et al. (RU)	1983	Enriquecido (potreiro ar livre) x concreto	NS	-	-	-	-18,0%
Van der Wal et al. (Holanda)	1993	Palha x concreto	NS	-	-	-	NS
Sather et al. (Canadá)	1997	Ar livre x confinamento - inverno	NS	-15,9%	NS	-11,2%	NS
	1997	Ar livre x confinamento - verão	+8,9%	-16,4%	-12,8%	NS	NS
Enfalt et al. (Suécia)	1997	Ar livre x confinamento -	-	-15,8%	-	-	-15%
Beattie et al. (RU)	2000	Enriquecido (palha e 2x mais espaço) x. nu (ripado)	+5,0%	+16,0%	+6,0%	-9,0%	+26,8%
Gentry et al. (Texas, EUA)	2001	Pastagem ar livre x ripado, nascimento	+10,6%	+12,5%	-	-	NS
	2001	Pastagem ar livre x ripado, criação	NS	NS	NS	+3,2%	+13,7%

<sup>a</sup>Um valor positivo indica um aumento para o sistema alternativo de produção e um valor negativo indica uma diminuição para o sistema alternativo de produção em comparação ao sistema confinado

NS = efeitos não significativamente diferentes (P > 0.05).

<sup>b</sup>PV = peso vivo (kg) dos suínos antes do abate.

<sup>c</sup>GMD = ganho médio diário (kg/dia).

<sup>d</sup>CMR = consumo médio diário de ração.

<sup>e</sup>CA = kg de ração por kg de ganho.

<sup>f</sup>ET = espessura de toucinho medida na última costela na carcaça.

algumas características que podem afetar o desempenho e a qualidade da carne suína, como resposta ao estresse estabelecida no início da vida. Outros verificaram que o enriquecimento ambiental não resultou em melhora da produtividade (Pearce e Paterson, 1993; Blackshaw et al., 1997). A natureza do enriquecimento e a duração da exposição podem explicar os resultados conflitantes encontrados até agora.

## **6 Medidas de qualidade da carne suína de animais terminados ao ar livre e em confinamento**

Pesquisadores húngaros estudaram a composição do músculo de suínos terminados “a campo” em comparação às unidades tradicionais de terminação em larga escala (Dworschak et al., 1995). Os suínos terminados “a campo” tiveram níveis musculares mais altos de zinco e cobre, demonstrando que a capacidade de ligação das proteínas a metais é maior nestes animais que no grupo controle (Dworschak et al., 1995).

Uma comparação dos efeitos ambientais dos sistemas de alojamento sobre a cor e as características sensoriais da carne suína está na Tabela 4. Estudos relatam uma redução no pH postmortem e capacidade de retenção de água em suínos ao ar livre (Warriss et al., 1983; Enfält et al., 1997). Lombos de suínos criados ao ar livre têm pH final mais baixo, maior perda de água e maiores valores de resistência Warner Bratzler (Enfält et al., 1997) do que lombos de suínos terminados em confinamento durante os meses de inverno na Suécia. A carne de suínos terminados ao ar livre também tiveram maior lactato e proteína bruta, maior potencial glicolítico, menos gordura intramuscular e menos água (Enfält et al., 1997). Van der Wal (1991) não relatou diferenças nas qualidades de palatabilidade da carne de suínos ao ar livre. Beattie et al. (2000) relataram que suínos de ambientes enriquecidos produziram carne mais macia que os criados em ambientes nus. Em geral, os estudos comparando sistemas ao ar livre e confinados são inconsistentes como resultados dos vários climas durante as pesquisas (Tabela 4). O ambiente e as práticas de manejo têm um papel essencial no sucesso ou no fracasso de um sistema de terminação ao ar livre.

Vários pesquisadores não encontraram diferenças nas medidas de qualidade de palatabilidade da carne suína comparando as produzidas ao ar livre e as em confinamento (Van der Wal, 1991; Barton-Gade e Blaabjerg, 1989). Jonsäll et al. (2001) relataram que o presunto de suínos criados ao ar livre foi menos suculento e ácido que o de suínos criados em confinamento ( $P < 0,05$ ), mas não encontraram diferenças em maciez, intensidade do odor ou gosto da carne entre estes animais. Maw et al. (2001) relataram que suínos alojados sobre cama de palha produziram um bacon com mais gosto de carne frita do que o de suínos alojados sobre concreto ripado ( $P < 0,05$ ). O bacon de suínos sobre cama de palha tinha cor mais escura do que o de suínos criados sobre concreto ripado (Maw et al., 2001). Beattie et al. (2000) verificaram que suínos de ambientes enriquecidos produziram carne com menor resistência (mais macia) do que os criados em ambientes nus. Outros pesquisadores não encontraram efeito da atividade física sobre as qualidades sensoriais de cortes de presunto e lombo (Petersen et al., 1997; Van der Wal et al., 1993; Essén-Gustavsson et al., 1988), mas os graus de exercício e de enriquecimento do ambiente variaram.

**Tabela 4** — Resumo das medidas de lombo de sistemas alternativos para terminação de suínos.

Autores	Ano	Sistemas	Alternativo x. Convencional <sup>a</sup>		
			L <sup>*b</sup>	pH	Shear force <sup>c</sup>
Warriss et al. (RU)	1983	Enriquecido (potreiro ar livre) x concreto	-10%	NS	-
Van der Wal (Holanda)	1991	A campo x confinado	NS	NS	NS
Van der Wal et al. (Holanda)	1993	Palha x concreto	NS	NS	NS
Sather et al. (Canadá)	1997	Ar livre x confinamento - inverno	NS	NS	NS
Enfalt et l. (Suécia)	1997	Ar livre x confinamento - verão	-3.0%	NS	+18%
	1997	Ar livre x confinamento	+5.8%	-1%	+12%
Beattie et al. (RU)	2000	Enriquecido (palha e 2x mais espaço) x. nu (ripado)	-	-	-9%
Gentry et al. (Texas, EUA)	2001	Pastagem ar livre x ripado, nascimento	-4.7%	NS	-9.5%
	2001	Pastagem ar livre x ripado, criação	NS	NS	NS

<sup>a</sup>Um valor positivo indica um aumento para o sistema alternativo de produção e um valor negativo indica uma diminuição para o sistema alternativo de produção em comparação ao sistema confinado

<sup>b</sup> Uma diminuição de L\* indica um lombo mais escuro. Os valores de L\* variam de 1 a 100 sendo 1 = preto puro e 100 = branco puro.

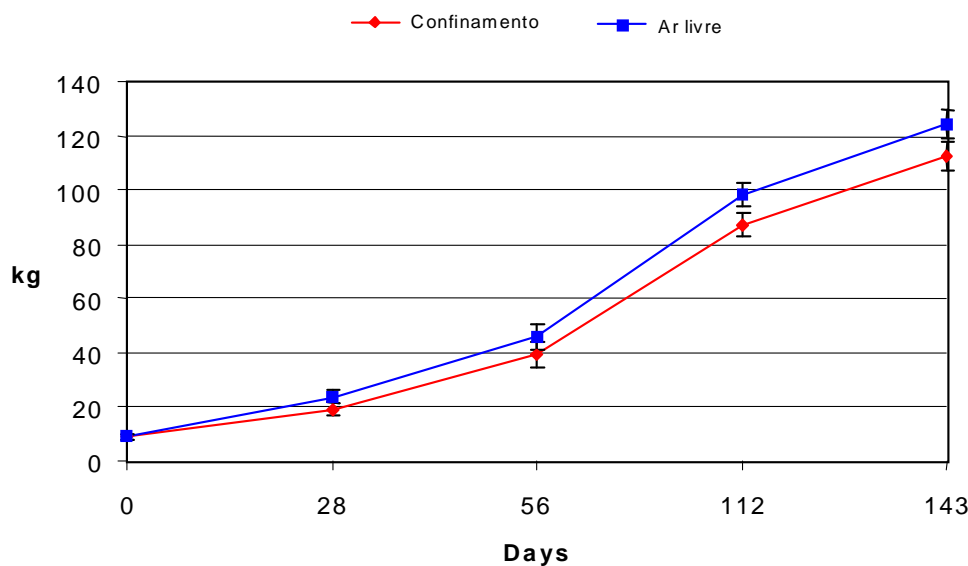
<sup>c</sup> Um valor mais alto de resistência indica carne mais dura.

As características de crescimento de suínos terminados ao ar livre ou em um ambiente enriquecido variam entre todos os estudos. Diferenças no consumo de ração e na conversão alimentar também são variáveis. Talvez isto se deva às condições climáticas, às linhagens genéticas avaliadas ou outros fatores. Foram detectadas algumas diferenças na qualidade do músculo do lombo (cor e pH) entre experimentos. Os valores de resistência foram mais altos (mais dura) para suínos terminados ao ar livre em três experimentos, mas menores (mais macia) em dois outros experimentos. Novamente, os resultados na qualidade do lombo entre sistemas confinados e os ao ar livre (ou alternativos) são variáveis. Diversos fatores podem estar confundindo os resultados experimentais, como condições ambientais, manejo, dieta, genética e outros. Os produtores de suínos devem considerar todos estes fatores ao optar por um sistema de produção que melhor se adapte ao seu ambiente.

## **7 Pesquisa da Texas Tech University desempenho e composição de suínos terminados em confinamento ou ao ar livre**

Um recente experimento na Texas Tech University avaliou os efeitos de diversos sistemas de produção ao nascimento (ao ar livre sobre pastagem com cabanas x em confinamento em cela parideira) e de criação (ao ar livre em pastagem de alfafa x em confinamento sobre ripado) sobre o desempenho e a qualidade da carne suína (Gentry et al., 2001). Foram construídas quatro baias ao ar livre com pastagem de alfafa (Figura 5). Foram projetadas baias longas para que os animais tivessem que caminhar de uma extremidade à outra já que o comedouro e o bebedouro estavam localizados nos extremos opostos da baia (12m largura por 105m de comprimento). Foi colocada uma cabana (10,1m<sup>2</sup>) para abrigo(212 m<sup>2</sup>/animal). As baias do confinamento tinham 2,1m por 3,6m e piso de concreto ripado (1,2m<sup>2</sup>/animal). Foram alocados machos castrados (n=12 por tratamento) a cada um destes ambientes. Os tratamentos foram os seguintes: nascidos em confinamento/terminados em confinamento, nascidos em confinamento/terminados ao ar livre, nascidos ao ar livre/terminados ao ar livre e nascidos ao ar livre/terminados em confinamento. Este experimento foi conduzido para determinar se existiam efeitos estacionais nos sistemas de terminação ao ar livre e confinado. Os animais foram abatidos em um abatedouro comercial. Os suínos nascidos ao ar livre mostraram grandes vantagens em todas as datas de pesagem (d 28, 56 e 112) em comparação aos nascidos em confinamento (Figura 1) para o grupo abatido em julho. Os animais nascidos ao ar livre tiveram maior peso de carcaça quente e maior área de olho de lombo (P<0,05).

O ambiente de criação não teve efeito sobre a taxa de crescimento. Para o grupo terminado durante os meses de inverno (abatidos em março), os nascidos ao ar livre foram mais pesados (P<0,05) aos 28 e 112 dias, mas não foram detectadas diferenças no peso final ou no GMD. Em ambos experimentos, os criados ao ar livre tiveram maior (pior) conversão alimentar do que os criados em confinamento. Durante o experimento de inverno, os criados ao ar livre também tiveram maior (P<0,05) consumo diário médio de ração (CMD) que os criados em confinamento.



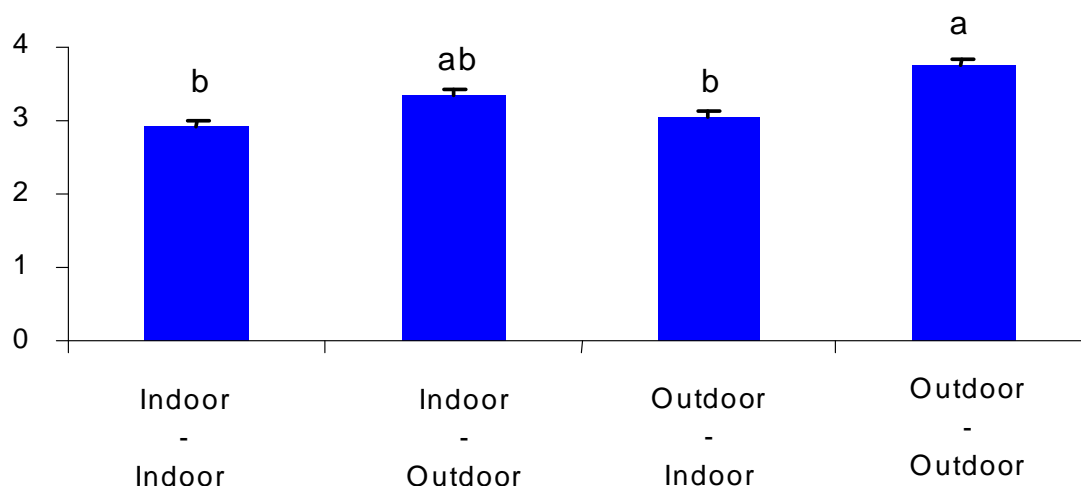
**Figura 1** — Características de crescimento de suínos nascidos em confinamento (matrizes em celas parideiras) ou ao ar livre (matrizes em pastagem),  $*=P<0,05$ . O ambiente de criação não teve efeito significativo sobre a taxa de crescimento.

## 8 Medidas de qualidade da carne de suínos terminados em confinamento ou ao ar livre

Escores subjetivos de cor (NPPC, 1999) foram registrados para cada lombo. Os escores de cor (escala de 6 pontos, onde 6=vermelho-arroxeadado escuro, 3=rosa avermelhado e 1=pálido, cinza rosado a branco) listados por ambiente de nascimento e de criação, estão na Figura 2. Os lombos dos suínos nascidos e criados ao ar livre tiveram o maior escore médio NPPC de cor. As figuras 3 a, b e c incluem os valores Minolta  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para as médias dos quadrados mínimos por tratamento do grupo abatido em julho. Os valores Minolta  $L^*$  variam de 1 a 100, sendo 1=preto puro e 100=branco puro, e um menor valor  $L^*$  indica uma costeleta de porco mais escura. Os valores Minolta  $a^*$  representam cores de vermelho a verde, com um maior valor indicando mais cores vermelhas e os valores  $b^*$  representam amarelo a azul, com um valor mais alto indicando mais amarelo. Nas Figuras 3a e 3b, suínos nascidos e criados ao ar livre tiveram menor valor  $L^*$  e maior valor  $a^*$  do que os nascidos e criados em confinamento ( $P<0,05$ ). O efeito dos tratamentos sobre os valores Minolta  $a^*$  foi aditivo (Figura 3b). Os suínos nascidos e criados ao ar livre tiveram valores  $b^*$  mais altos dos que os nascidos e criados em confinamento, indicado por mais amarelo na carne (Figura 3c,  $P<0,05$ ).

Um resumo das medidas de carcaça, cor e características sensoriais dos lombos dos dois experimentos comparando sistemas de terminação ao ar livre e em confinamento estão na Tabela 5. As costeletas de suínos nascidos ao ar livre (abatidos em julho) tiveram escores sensoriais mais desejáveis para intensidade de sabor (Tabela 5) e menores valores de resistência, indicando uma carne mais macia. No entanto, os lombos de ambos os grupos tiveram valores de resistência aceitáveis, que



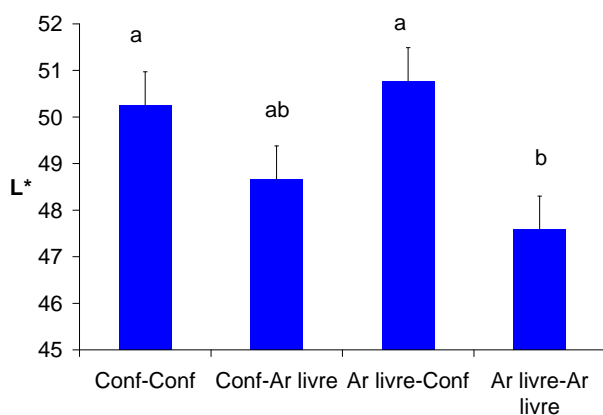


**Figura 2** — Escores de cor NPPC da carne amostrada por ambiente de nascimento e de criação. Médias são efeitos simples. (n = 11 ou 12 ombos/tratamento). a,b Médias com sobrescritos diferentes são diferentes (P < 0.05).

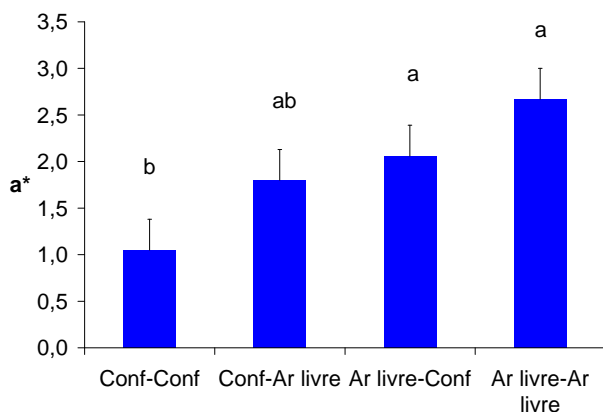
seriam considerados muito macios pela maioria dos consumidores (Miller et al., 2001). Para o grupo abatido em março, o grupo nascido ao ar livre teve maior espessura de toucinho na 1ª e na última costela do que o nascido em confinamento. Além disso, os criados ao ar livre tiveram maior espessura de toucinho na última costela, mas menos marmoreio no olho de lombo. Os valores Minolta a\* foram mais altos para os terminados ao ar livre, indicando uma cor mais avermelhada do lombo. Para o grupo abatido em março, não foram detectadas diferenças nos escores do painel sensorial nem na resistência.

Foram conduzidos estudos adicionais comparando cada um dos seguintes sistemas de terminação: em confinamento sobre concreto ripado, em confinamento em galpões de aves reformados sobre cama alta e cortinas nas laterais, ao ar livre sobre chão batido e ao ar livre sobre pastagem de alfafa. Os resultados destes experimentos mostraram que os suínos terminados em sistemas alternativos tiveram características de carcaça e de qualidade de carne semelhantes em comparação aos terminados no sistema confinado convencional. Os suínos alojados ao ar livre cresceram mais rápido que os confinados durante os meses de verão (Gentry, 2001). Pode haver diferenças estacionais nos padrões de crescimento dos suínos terminados ao ar livre. Os criados ao ar livre tiveram maior peso de carcaça, menor espessura de toucinho na última costela, maior área de olho de lombo e maiores escores de marmoreio no lombo (P<0,005; Gentry, 2001). Além das vantagens em crescimento e qualidade de carne, os lombos dos suínos terminados ao ar livre tiveram escores mais altos para suculência inicial (mais desejável) e menos sabor indesejável (P<0,05), segundo avaliação de um painel sensorial treinado (AMSA, 1995; Cross et al., 1978).

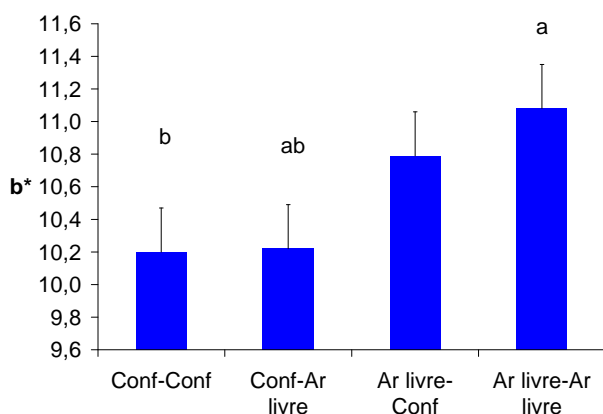
Também coletamos amostras de lombo para análise histológica das fibras musculares. Os suínos nascem com predominância de fibras do Tipo I (vermelho escuro) e, à medida que crescem, há uma mudança para fibras dos tipos IIA e IIB. Em nossas pesquisas, vimos que os suínos do sistema ao ar livre tenderam a ter mais fibras musculares do Tipo I no processamento que os nascidos e criados em



3.1 — (a)



3.2 — (b)



3.3 — (c)

**Figura 3** — Padrões objetivos de cor de carne amostrada por ambiente de nascimento e de criação. Médias são efeitos simples. (a) Valores Minolta L\*, (b) Valores Minolta a\* e (c) Valores Minolta b\* de lombos (n = 11 ou 12 lombos/tratamento). a,b Médias com sobrescritos diferentes são diferentes (P < 0.05).

**Tabela 5** — Resumo dos efeitos ambientais sobre medidas de carcaça, resistência do lombo e características sensoriais.

Data abate	Julho						Março					
	Ambiente nasc.		Ambiente criação		Ambiente nasc.		Ambiente criação		Ambiente nasc.		Ambiente criação	
	Confin.	Ar livre	Confin.	Ar livre	Confin.	Ar livre	Confin.	Ar livre	Confin.	Ar livre	Confin.	Ar livre
N.	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ET 1ª cost., cm	3.8	3.7	3.8	3.7	3.9 <sup>b</sup>	3.7	3.9 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.9	4.3		
ET últ. cost, cm	2.5	3.1	2.8 <sup>b</sup>	3.2 <sup>a</sup>	2.0 <sup>b</sup>	3.2 <sup>a</sup>	2.0 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>	2.1 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>		
Olho lombo, cm <sup>2</sup>	49.7 <sup>b</sup>	54.6 <sup>a</sup>	51.3	52.9	42.5	52.9	42.5	39.4	40.8	41.1		
Marmoreio <sup>d</sup>	2.3	2.7	2.5	2.5	1.2	2.5	1.2	1.2	1.4 <sup>a</sup>	1.1 <sup>b</sup>		
Resistência, kg	2.1	2.1	2.2 <sup>a</sup>	2.0 <sup>b</sup>	2.2	2.0 <sup>b</sup>	2.2	2.1	2.1	2.1		
Intens. sabor <sup>e</sup>	6.1 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.2	6.3	5.9	6.3	5.9	5.9	6.0	5.9		

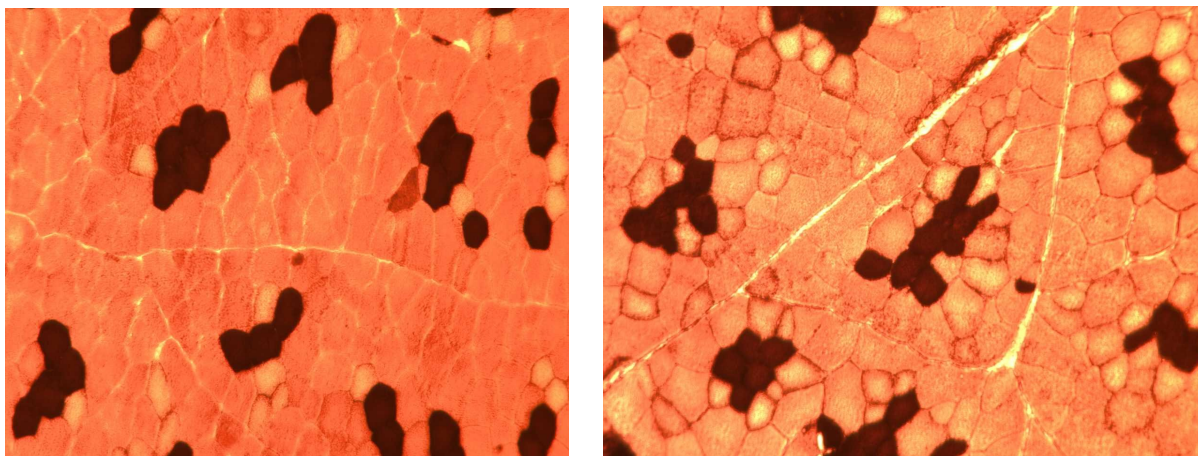
<sup>a,b</sup>Médias na mesma linha dentro de um efeito principal (confinamento x ar livre) com sobrescritos diferentes são diferentes (P < 0,05).

<sup>c</sup>Não foram observados efeitos do tratamento para escores de firmeza, suculência e maciez no painel sensorial.

<sup>d</sup> Escores de marmoreio NPPC foram medidos no músculo Longissimus na altura da 10ª costela em uma escala de 1 a 10 onde 1 = sem e 10 = moderadamente abundante ou mais.

<sup>e</sup>Escores para intensidade do sabor da carne variam de 1 a 8, sendo 1 = extremamente fraco e 8 = sabor extremamente intenso de carne suína.

confinamento (Figura 4). Este trabalho ainda está em andamento, mas os dados do tipo de fibra muscular sustentam os dados sensoriais e de cor coletados em nossos estudos controlados.



**Figura 4** — Microfotografias dos músculos de suínos criados em confinamento (esquerda) ou ao ar livre (direita). As fibras escuras são do tipo I. As fibras vermelho-escuro são do Tipo IIB e a vermelho-claro são do Tipo IIA. Os suínos criados ao ar livre tiveram mais fibras do Tipo I que os criados em confinamento, indicando um efeito do ambiente sobre o desenvolvimento do tipo de fibra muscular. A criação ao ar livre pode tender a atrasar ou a evitar a mudança de tipo de fibra de I para II, resultando em uma tendência, em algumas situações, de um produto de carne suína vermelho mais escuro e mais macio.

## 9 Conclusões

Em geral, os resultados comparando os sistemas de terminação em confinamento e ao ar livre têm sido variáveis. Algumas razões desta variação incluem diferenças no ambiente de nascimento dos animais, efeitos estacionais e qualidade da superfície do piso ou da cama. Uma pesquisa realizada na Texas Tech University indica que suínos nascidos ao ar livre têm maior taxa de crescimento, mas maior espessura de toucinho. Uma possível vantagem da criação ao ar livre pode estar ligada aos valores  $a^*$  mais altos e valores  $L^*$  mais baixos do lombo. A carne suína mais escura é mais desejável nos mercados de exportação devido à sua maior capacidade de retenção de água. Deve ser conduzida uma análise econômica cuidadosa para determinar se o aumento da espessura de toucinho e da conversão alimentar associado com suínos terminados a campo poderia ser superado pelo maior preço de mercado de produtos de carne suína de animais criados em ambiente ao ar livre. Pesquisas de nutrição alternativa poderiam levar à diminuição da espessura de toucinho em suínos terminados ao ar livre. Se os consumidores estão dispostos a pagar mais por produtos que são produzidos de forma “sustentável”, “natural” ou outras, estes produtos serão bem-sucedidos no futuro.

Há algumas diferenças reais na qualidade da carne suína observadas na literatura. No entanto, estas diferenças variam nos ambientes que foram investigadas. As



**5.1 — Convencional**



**5.2 — Ar livre**



**5.3 — Cama**

**Figura 5** — Exemplos de sistemas de terminação convencionais e alternativos para suínos.

peças estão dispostas a pagar mais por produtos cárnicos por razões sociais, mesmo que não tenham gosto diferente. Sob algumas circunstâncias, pode ter gosto melhor. A percepção do consumidor faz com que se disponha a comprar produtos de carne suína com garantias sociais, e, em certos casos, os consumidores acreditam que os produtos alternativos de carne suína têm gosto melhor. Podemos dizer claramente que os produtos alternativos não têm gosto pior que os produtos convencionais. A carne produzida por suínos nascidos e criados ao ar livre foi igual ou melhor que a carne produzida em sistemas convencionais, sob certas circunstâncias. O sucesso de sistemas alternativos de produção depende de muitos fatores, mas a “disposição” dos consumidores de pagar por estes produtos certamente aumentará as vantagens econômicas destes sistemas de produção.

## 10 Referências

- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. 1995. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. American Meat Science Association, Chicago, IL.
- ANDERSEN, I. L. and K. E. BØE. 1999. Straw bedding or concrete floor for loose-housed pregnant sows: consequences for aggression, production and physical health. *Acta Agriculture, Scandinavia, Anim. Sci.* 49(3) 190-195.
- BARTON-GADE, P., and L. O. BLAAGJERG. 1989. Proc. 35<sup>th</sup> Int. Congress of Meat Science and Technology. p 1002-1005. Copenhagen, Denmark.
- BEATTIE, V. E., N. E. O'CONNELL, and B. W. MOSS. 2000. Influence of environmental enrichment on the behavior, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Sci.* 65:71-79.
- BEATTIE, V. E., N. WALKER, And I. A. SNEDDON. 1998. Preference testing of substrates by growing pigs. *Anim. Welf.* 7:27-34.
- BEGHIN J. and M. METCALFE. 1998. Environmental regulation and competitiveness in the hog industry: an international perspective. Iowa State University, research report: [www.iastate.edu/research/abstracts/NDN001.html](http://www.iastate.edu/research/abstracts/NDN001.html).
- BLACKSHAW, J. K., F. J. THOMAS, and J.-A. LEE. 1997. The effect of a fixed or free toy on the growth rate and aggressive behaviour of weaned pigs and the influence of hierarchy on initial investigation of the toys. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53:203-212.
- CROSS, H. R., R. MOEN, and M. STANFIELD. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technol.* 32:48-54.
- DWORSCHAK, E. E. BARNA, A. GERGELY, P. CZUCY, J. HOVARI, M. KONTRASZTI, O. GAAL, L. RADNOTI and G. BIRO. 1995. Comparison of some components of pigs kept in natural (free-range) and large-scale conditions. *Meat Sci.* 39: 79-86.
- EDWARDS, S. A. 1999. Outdoor finishing systems for pigs. 2nd Symposium on Swine Raised Outdoors, September 23, Concordia, Brazil.
- EDWARDS, S. A., and F. CASABIANCA. 1997. Perception and reality of product quality from outdoor pig systems in Northern and Southern Europe. In J.T. Sorensen Ed. *Livestock Farming Systems- more than food production*. Ed. J. T. Sorensen. p 145-156. Wageningen Pers, Wageningen.
- EDWARDS, S. A. 1995. Outdoor pig production systems. III International Coarse-Symposium on Pig Reproduction and AI, Madrid, May 10-12, 1995.



- ENFÄLT, A.-C., K. LUNDSTRÖM, I. HANSSON, N. LUNDEHEIM, and P. E. NYSTRÖM. 1997. Effects of outdoor rearing and sire breed (Duroc or Yorkshire) on carcass composition and sensory and technological meat quality. *Meat Sci.* 45:1-15.
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B., K. LUNDSTRÖM, G. LARSSON, A. LINDHOLM, A.-C. NORDIN, I. HANSSON, and E. TORNBERG. 1988. The effect during growth of moderate exercise on muscle metabolic characteristics in vivo and reaction to meat quality and sensory qualities. *Procs. 34th International Congress of Meat Science and Technology.* p 27-30. Brisbane, Australia.
- FRASER, D., P. A. PHILLIPS, B. K. THOMPSON and T. TENNESSEN. 1991. Effect of straw on the behaviour of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 30:307-318.
- FRASER, D. 1985. Selection of bedded and unbedded areas by pigs in relation to environmental temperature and behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 14:117-126.
- FREESE, B. 2000. Survey says people will pay more for family farm-raised pork. *Successful Farming Magazine.* Available at: <http://www.agriculture.com>.
- GENTRY, J. G. 2001. Alternative and outdoor housing systems for pigs: effects on growth, meat quality and muscle characteristics. Ph. D. dissertation. Texas Tech University, Lubbock.
- GENTRY, J. G., J. J. McGLONE, M. F. MILLER, and J. R. BLANTON, Jr. 2001. Diverse birth and rearing environment effects on pig growth and meat quality. *J. Anim. Sci.* In review.
- HESSING, M. J. C., A. M. HAGELSØ, J. A. M. Van BEEK, P. R. WIEPKEMA, W. G. P. SCHOUTEN, and R. KRUKOW. 1993. Individual behavioural characteristics in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37:285-295.
- HONEYMAN, M. S. 1996. Sustainability issues of U. S. swine production. *J. Anim. Sci.* 74:1410-1417.
- JONSÄLL, A., L. JOHANSSON, and K. LUNDSTRÖM. 2001. Sensory quality and cooking loss of ham muscle (M. biceps femoris) from pigs reared indoors and outdoors. *Meat Sci.* 57:245-250.
- KLEIBENSTIEN, J. And S. HURLEY. 2000. "Eco-friendly pork could draw a premium". *Pork Magazine.* April. p 10.
- LAY, D. C. JR., M. F. HAUSSMANN and M. J. DANIELS. 2000. Hoop housing for feeder pigs offers a welfare-friendly environment compared to a nonbedded confinement system. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 3(1):33-48.
- MAW, S. J., V. R. FOWLER, M. HAMILTON, and A. M. PETCHEY. 2001. Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon. *Livest. Prod. Sci.* 68:119-130.
- McGLONE, J. J. 1999. Finishing pigs in less intensive production systems. *Proceedings on the 2nd Symposium on Swine Raised Outdoors, Concordia, Brazil* p 126-136.
- MILLER, M. F., M. A. CARR, C. B. RAMSEY, K. L. CROCKETT, and L. C. HOOVER. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim. Sci.* (In press).
- NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL 1999. *Composition & quality assessment procedures.* Des Moines, IA.
- USDA. 2001. Part I: Reference of swine health and management in the United States, 2000, National Animal Health Monitoring System. Fort Collins, CO. #N338.0801.

- OUDE OPHIUS, P. A. M. 1994. Sensory evaluation of 'free range' and regular pork meat under different conditions of experience and awareness. *Food. Qual. Pref.* 5:173-178.
- PEARCE, G. P., and A. M. PATERSON. 1993. The effect of space restriction and provision of toys during rearing on the behaviour, productivity and physiology of male pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36:11-28.
- PETERSEN, S. J., P. BERGE, P. HENCKEL, and T. M. SOERENSEN. 1997. Collagen characteristics and meat texture of pigs exposed to different levels of physical activity. *J. Muscle Foods.* 8:47-61.
- SATHER, A. P., S. D. M. JONES, A. L. SCHAEFER, J. COLYN, and W. M. ROBERSTON. 1997. Feedlot performance, carcass composition and meat quality of free-range reared pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 77 (2): 225-232.
- THORNTON, K. 1988. *Outdoor Pig Production*. Farming Press, Ipswich.
- Van der WAL, P. G. 1991. Free range pigs: carcass characteristics and meat quality. 35th International Congress of Meat Science and Technology. August 20-25, p 202-205. Copenhagen, Denmark.
- Van der WAL, P. G., G. MATEMAN, A. W. de VRIES, G. M. A. VONDER, F. J. M. SMULDERS, and G. H. GEESINK. 1993. 'Scharrel' (free range) pigs: carcass composition, meat quality and taste-panel studies. *Meat Sci.* 34:27-37.
- WARRISS, P. D., S. C. KESTIN, and J. M. ROBINSON. 1983. A note on the influence of rearing environment on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 9:271-279.



# PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA DE SUÍNOS – UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A PEQUENA PROPRIEDADE NO BRASIL

L. C. Pinheiro Machado Filho      M. C. A. C. da Silveira      M. J. Hötzel  
L. C. Pinheiro Machado

LETA - Laboratório de Etologia Aplicada (leta@cca.ufsc.br)  
Departamento de Zootecnia e Des. Rural - CCA/UFSC  
Rod. Admar Gonzaga, 1346. Itacorubi. Florianópolis, SC. 88.034-001. BRASIL  
Fone: (+55-48) 331-5349 / 331-5356 Fax: (+55-48) 331-5350 / 331-5400

## Resumo

A sustentabilidade é uma condição da agroecologia e implica, necessariamente, a associação e a sucessão animal e vegetal. Uma condição para a sustentabilidade é minimizar ou mesmo eliminar o uso de insumos provenientes de processos de síntese química. No caso dos suínos, isso é viável através da adoção de sistemas de produção que possam maximizar o uso da pastagem da alimentação dos suínos, que permitam a reciclagem de nutrientes diretamente no solo e em níveis que não impliquem poluição. Embora tenhamos o entendimento de que os princípios gerais de sustentabilidade a serem observados sejam universais, a solução não é sair de um pacote para outro. Para cada situação deverá se buscar uma alternativa viável, dependendo da realidade social, econômica, ecológica e cultural. Nos climas tropicais e sub-tropicais, como é o caso brasileiro, a criação de suínos ao ar livre é uma opção apropriada para as fases de reprodução e lactação, enquanto que para as fases de crescimento e terminação, a criação sobre cama pode ser adequada. Se os dejetos orgânicos da criação de suínos forem manejados de forma a fertilizar o solo, os problemas da poluição são superados. Isto leva também à reciclagem de nutrientes e promove um melhor balanço energético do sistema. Considerando que a produção agroecológica é superior à produção convencional em termos ambientais, energéticos, e de bem-estar animal, leva a uma menor dependência de insumos externos e menor impacto social e cultural, este é um tipo de produção que deve interessar a toda a sociedade.

**Palavras-chaves:** agroecologia, suinocultura, bem-estar, agricultura sustentável, produção orgânica, agricultura familiar.

## 1 Introdução

Por várias décadas a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico na agricultura animal tem tido como critérios centrais a produção e a produtividade animal. Em conseqüência, pouca ou nenhuma atenção foi dada ao impacto das então novas tecnologias e sistemas criatórios no ambiente, na saúde do produtor, na qualidade do alimento produzido, nas comunidades rurais e no bem-estar dos animais (Fraser et al., 2001). A avaliação de um sistema de produção apenas por um critério de produtividade ou mesmo lucratividade, pode levar a equívocos. Um sistema de produção, além de eficiente, deve ser ambientalmente benéfico, eticamente defensável, socialmente aceitável, e relevante para os objetivos, necessidades e recursos das comunidades para os quais foi desenhado para servir (Tribe, 1985).

Um sistema de produção também precisa ser energeticamente sustentável. Uma vez que os sistemas agrícolas são abertos, a quantidade de energia (de origem fóssil) que entra no sistema deve ser, preferencialmente, igual ou menor a que sai. Na maior parte dos casos, isto só é possível com a maximização da captação da energia solar através da integração de diferentes culturas, da rotação do uso do solo e do reaproveitamento de resíduos. A base de qualquer sistema de produção agrícola é o solo. Mesmo num confinamento intensivo é a produção de alimentos para os animais, oriundas de culturas, o fator decisivo e em geral mais oneroso do processo produtivo. A adição de excremento animal é a única prática agrícola capaz de melhorar e manter a fertilidade de solos de lavoura (Tilman, 1998).

## 2 O sistema de produção dominante: uma apreciação crítica

Nos últimos 50 anos, os progressos na saúde, nutrição e genética animal, resultaram num formidável e inquestionável aumento da produtividade e produção animal. Nesse processo os animais foram confinados em espaços cada vez menores, as dietas ficaram mais especializadas, e houve grande consumo de energia fóssil no processo produtivo, seja pelos tipos de instalações adotadas, seja pelo custo energético de produção da alimentação animal. Paralelamente, o acúmulo de dejetos se tornou um grave problema ambiental. Progressos e resultados análogos também se verificaram na produção vegetal. Paradoxalmente, o aumento de produtividade não tem se refletido em benefício, nem para o consumidor, nem para o produtor. Nos EUA, por exemplo, o preço da carne para os consumidores aumentou 45% de 1982 a 1999. No mesmo período, o preço pago aos produtores se manteve estável (Fraser et al. 2001). A mesma tendência se verifica no Brasil, sendo o preço do leite e da carne suína bons exemplos recentes.

O aumento da produtividade foi acompanhado por um discurso em prol do "combate à fome no mundo". De fato, nos últimos 30 anos a produção total de alimentos do mundo aumentou 134% (cereais) e 227% (carnes). Já a população mundial aumentou 94% no mesmo período (Tabela 1). Apesar disso, a fome continua em números nunca vistos, a ponto do mundo já somar  $\frac{1}{4}$  de sua população na miséria absoluta, vivendo com menos de US\$ 1,00 por dia. Boa parte dessas populações são pequenos produtores ou ex-pequenos agricultores, expulsos de suas terras pelo

processo de concentração da produção (e da propriedade) na agricultura que ocorreu ao nível mundial.

Ao que tudo indica, o sistema de produção implantado desde a década de 60 - monocultura animal ou vegetal, especialização da propriedade, capital intensivo e alto uso de insumos industriais - está relacionado com o processo de mudança de perfil das realidades agrárias dos diversos países. Em 1996, 39% da produção mundial de carne suína advinha de confinamentos intensivos (Sere and Steinfeld, apud Fraser et al., 2001). Atualmente, este percentual deve ser ainda maior pois, se nos países industrializados a quase totalidade dos suínos são criados em sistemas de confinamento intensivo, nos países da periferia, o percentual do rebanho criado em confinamentos intensivos tem crescido continuamente.

Dentre outras conseqüências, a implantação do modelo produtivista na agricultura, nos sistemas econômicos de livre mercado, veio acompanhada de uma forte monopolização da atividade agrícola, concentração da produção e da propriedade. E isto ocorreu, primeiro nos países centrais, depois, nos periféricos. Nos EUA, em 1945 haviam 5,9 milhões de fazendas (NRC, 1989). Este número reduziu-se para 2 milhões na década de 90 (USDA, 2001). No Brasil, em 1970 eram 49.190.089 de propriedades rurais, e em 1996 restaram 4.859.865 propriedades (IBGE, 1997). Quer dizer, em 26 anos restaram apenas 9,8% das propriedades no campo! A conseqüência foi que, se em 1960 havia 55 % da população vivendo no campo, em 1996, este percentual caiu para 21% (IBGE, 1997).

A mesma tendência verifica-se na suinocultura industrial, nos países centrais e nos periféricos, tomando novamente como exemplos os EUA e o Brasil (Figura 1). Em 1980 havia aproximadamente 650 mil granjas de suínos nos EUA. No ano 2000, o número de granjas era menor que 90 mil (USDA, 2001). Nos EUA tem havido uma forte tendência da produção de suínos deixar de ser em pequenas unidades familiares, a campo, para transformar-se em sistemas confinados de grande escala (Fraser et al., 2001). De fato, atualmente 50,5% do rebanho suíno norte-americano está concentrado em 2,4% das granjas (USDA, 2001). No Brasil, tomando o estado de Santa Catarina como exemplo, em 1985 cerca de 57% do rebanho suíno catarinense era industrial (confinado). Em 1996 esse percentual cresceu para 75% (IBGE, 1997). Já o número de suinocultores industriais em SC, que em 1985 era de 54.176, no ano 2000 ficou reduzido a 17.500 produtores (IBGE, 2001), evidenciando um claro processo de concentração fundiária e da produção.

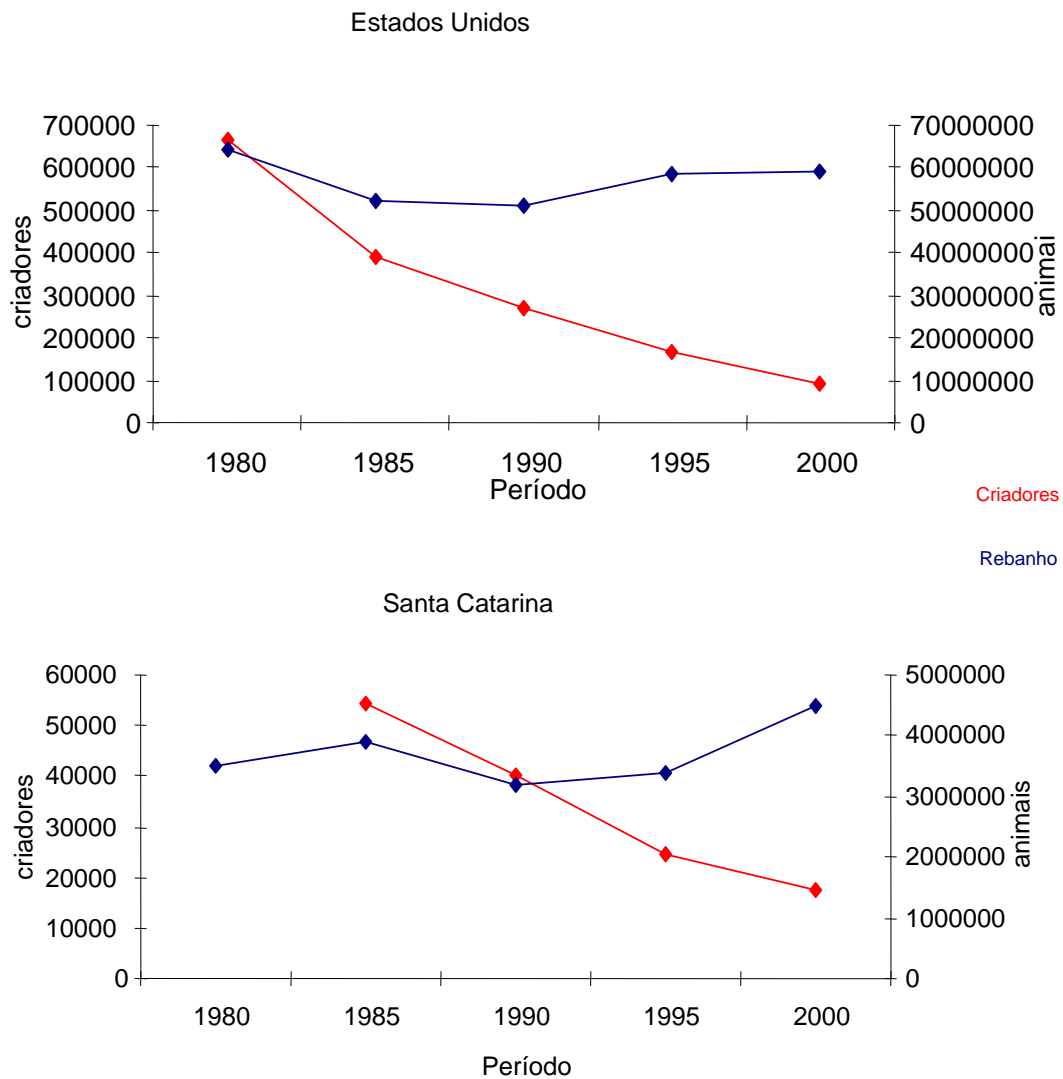
O confinamento intensivo em geral, e o de suínos em particular, tem também sido criticado por suas conseqüências no ambiente e na saúde humana. Nos EUA, estima-se que até 70% de todos os nutrientes que atingem as águas de superfície, principalmente nitrogênio e fósforo, são originários ou de fertilizantes agrícolas ou de dejetos de confinamentos de animais (NRC, 1989). Também as águas subterrâneas, nos EUA, tem sido poluídas por fertilizantes, pesticidas e acúmulo de dejetos de confinamentos.

Em Santa Catarina, a poluição de águas no Oeste - inclusive de poços artesianos - tem sido em parte atribuída à suinocultura intensiva. Levantamentos realizados em zonas rurais das regiões produtoras de suínos de Santa Catarina, revelam que 85% das fontes de água estão contaminadas por coliformes fecais, oriundos do lançamento direto do esterco de suínos em cursos ou mananciais d'água (Lohmann, 1999). Este problema é especialmente grave em períodos de chuva e com o esterco líquido, cuja

**Tabela 1** — Evolução comparativa das populações e produções de carne suína, total e principais vegetais, no mundo e no Brasil, no período de 1961 a 2000. Fonte: FAO, 2001.

	População (x1000)	Carne Suína		Carne Total		Principais Vegetais <sup>1</sup>	
		Produção Mt x 1000)	Diferença	Produção (Mt x 1000)	Diferença	Produção (Mt x 1000)	Diferença
<b>MUNDO</b>							
1961	3.080.913	24.743		71.187		1.245.714	
2000	5.978.396	89.552	+262 %	233.015	+227 %	2.711.052	+118 %
<b>BRASIL</b>							
1961	74.967	534		2.120		34.446	
2000	167.968	1.888	+124 %	14.680	+592 %	104.567	+203 %

<sup>1</sup> Principais vegetais = cereais, mandioca, batata, soja.



**Figura 1** — Número de suinocultores industriais e rebanho nos EUA e em Santa Catarina - Brasil, no período de 1980 a 2000. Fonte: USDA, 2001; Associação Catarinense de Criadores de Suínos, 2001.

quantidade produzida por animais de 15 kg a 100 kg é de 4,9% a 8,5% de seu peso vivo/dia (Silva & Magalhães, 2001). Quando os dejetos encontram mananciais ou cursos de água, geram sérios desequilíbrios ecológicos: redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de agentes patogênicos e contaminação (da água) por amônio, nitratos e outros elementos (Menegat, 1999).

A alta concentração de suínos em alguns municípios catarinenses colocam os dejetos de suínos, ao lado da extração do carvão e dos agrotóxicos da rizicultura, entre as maiores ameaças de contaminação do Aquífero Guarani, a maior fonte de água subterrânea da América do Sul (Campos, 2000; Poços, 2000).

No Oeste de Santa Catarina, estima-se uma produção anual de nitrogênio de 40.953 t, oriunda dos dejetos dos 3,4 milhões de suínos que lá vivem (Seganfredo, 2000). Tomando-se como referência os 170 kg de N/ha/ano recomendados pela União Européia (EC Regulation, 1999), seriam necessários 240.900 ha de terra agrícola integrada com a suinocultura para que não houvesse poluição. Embora esta possibilidade exista, pois o Oeste tem 957 mil há de terras agriculturáveis (IBGE, 2001), no atual sistema de produção a distribuição dos dejetos na lavoura se torna difícil. O resultado tem sido concentração e acúmulo de dejetos, provocando poluição. Para agravar o problema, o manejo inadequado pode resultar na emissão de óxido nitroso, que é um dos gases responsáveis pelos danos do efeito estufa. Embora este gás tenha concentração bem menor que o CO<sub>2</sub> na atmosfera, parece ter um potencial de efeito estufa 270 vezes superior ao CO<sub>2</sub> (Li, 1995 apud Amado & Spagnollo, 2001).

Outro possível problema do uso de dejetos como fertilizante é a possível presença na ração e depois nas fezes, de produtos químicos tais como antibióticos, conservantes, aditivos, vermífugos e outros produtos químicos nocivos à micro e meso vida do solo. Estas substâncias podem retardar a mineralização da matéria orgânica por meses (HERD, 1996).

Em termos de saúde humana e animal, o uso continuado de antibióticos na ração animal também pode levar ao desenvolvimento de cepas de patógenos resistentes (NRC, 1989). Nos EUA, em 1994, 59% dos suínos comercializados receberam antibiótico na ração com finalidade de incrementar o crescimento (Fraser et al., 2001).

As mudanças relativamente recentes que têm sido implementadas no sistema de criação não têm considerado as necessidades comportamentais dos animais, o que pode estar influenciando negativamente o bem estar de milhares de suínos. A domesticação não alterou o repertório comportamental das espécies animais (Price, 1999), entre os quais se inclui a forte motivação da porca doméstica de construir um ninho durante a fase de pré parto (Gustafsson et al., 1999). Hoje existem suficientes estudos mostrando as conseqüências negativas da impossibilidade de construir um ninho no comportamento e fisiologia das porcas e na sobrevivência dos leitões (Jarvis et al., 1997; Herskin et al., 1998; Thodberg et al., 1999; Jarvis et al., 2001b; Hotzel et al., 2001b), que não devem ser ignorados. Enquanto o comportamento de ninho ocorre em porcas instaladas ao ar livre (Gilbert et al., 2000; Hotzel et al., 2001b), ele é inibido em porcas em celas parideiras com piso de concreto (Burne et al., 2000a), mesmo que estas apresentem uma tentativa inicial de manifestá-lo (Jarvis et al., 2001b).

Leitões na fase de amamentação também apresentam grandes diferenças comportamentais entre os sistemas de criação ao ar livre ou em confinamento, embora sem diferença na evolução do peso vivo (Figura 2). No confinamento há uma maior

incidência de comportamentos anômalos e interações agonísticas. Já os leitões criados ao ar livre passam mais tempo comendo e se locomovendo (Cox & Cooper, 2001; Horrel & Ortega, 2001; Hotzel et al., 2001a; Hotzel et al., 2001b). Os leitões confinados passam mais tempo em contato com a porca do que leitões criados ao ar livre. Isso não implicou em maior ganho de peso (Cox & Cooper, 2001; Hotzel et al., 2001b), mas o intenso contato com os leitões que é forçado pelo confinamento é aversivo para a porca (Pajor et al., 2000) e pode causar estresse (Fraser et al., 1995) e sofrimento (Arey, 1997).

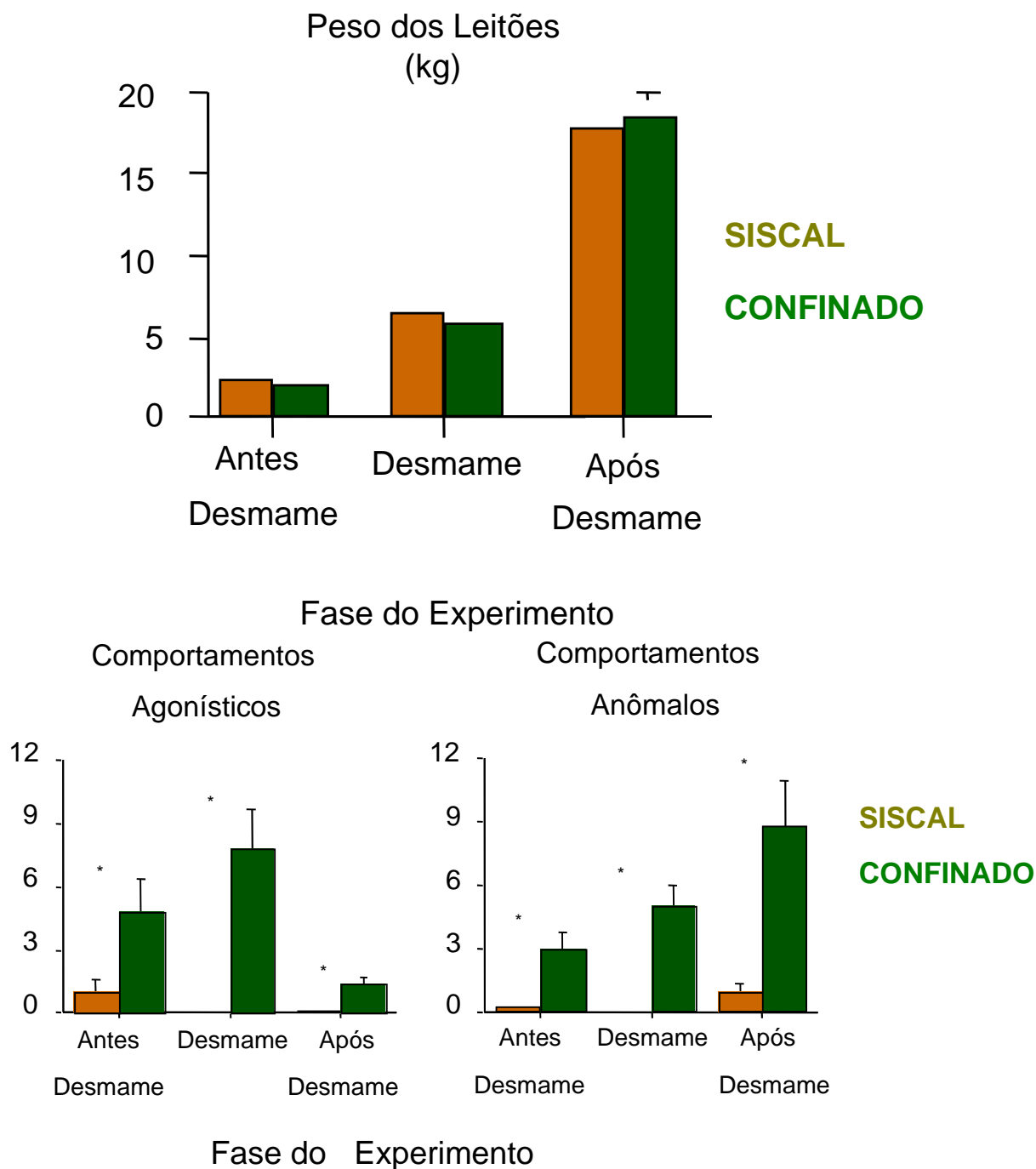
Na avaliação de um sistema de produção, o bem-estar animal é parte fundamental. Não apenas pelo compromisso ético implícito que a humanidade tem para com os animais que domesticou e colocou completamente sob seu controle, mas também em função da opinião da sociedade sobre a qualidade de vida dos animais. Se o objetivo primeiro da criação animal é produzir alimento de qualidade para as pessoas, então a opinião destas pessoas deve ter grande importância. Isto deve ser verdade para o bem-estar animal (Fraser et al., 2001), mas também deve valer para o sistema criatório como um todo.

### **3 A criação agroecológica como alternativa**

#### **3.1 Definição**

A criação agroecológica de suínos tem sido apontada como uma alternativa para a agricultura familiar. Denominamos de criação, e não produção agroecológica, pelo entendimento de que toda proposta de produção de alimentos de origem animal deve ter o animal como sujeito do processo, e não como objeto/resultado. O objeto / resultado é a carne, leite, ovos, lã. O animal, enquanto animal sentiente (Hurnik, 2000) deve ser considerado o sujeito do processo, deve ser criado, não "produzido". Esta aparente divergência semântica embute uma concepção de zootecnia diferenciada, onde a finalidade da produção é o ser humano, notadamente o(a) agricultor(a), e o centro da produção é o animal enquanto ser dotado de vontade, sentimento e inteligência (Fraser, 1980). Assim, ao nos referirmos a "produção agroecológica", estaremos nos referindo ao produto final, no caso a carne suína e seus derivados. Ao nos referirmos a "criação agroecológica" estaremos nos referindo ao processo criatório.

A agricultura agroecológica pode também ser denominada como "orgânica", "biológica" ou "ecológica". Os sistemas de produção assim denominados são baseados em padrões específicos de produção "que objetivam a obtenção de agroecossistemas otimizados, os quais sejam social, ecológica e economicamente sustentáveis" (FAO, 1999). [ "are based on specific standards of production which aim at achieving optimal agroecosystems which are socially, ecologically and economically sustainable" (FAO, 1999).] Portanto, a sustentabilidade é uma condição da agroecologia.



**Figura 2** — Evolução do peso, comportamentos agonísticos e anômalos em leitões criados ao livre e em confinamento antes do desmame, ao desmame e após o desmame.



### **3.2 Sustentabilidade**

A sustentabilidade implica, necessariamente, a associação e a sucessão animal e vegetal. A etapa vegetal deve ser realizada sob novos conceitos de rotação e associação de culturas, plantio direto, redução progressiva até a ausência do uso de produtos de síntese química, respeito à cultura campesina e proteção ambiental. Uma condição para a sustentabilidade é minimizar ou mesmo eliminar o uso de insumos provenientes de processos de síntese química. É a presença dos animais no sistema que viabiliza a dispensa de insumos de síntese química, pois estes são capazes de magnificar o uso da E solar através do uso do pasto como alimento básico (no caso dos herbívoros) ou parcial (no caso dos omnívoros) (Pinheiro Machado, 1997).

No caso dos suínos, isso é viável através da adoção de sistemas de produção que possam maximizar o uso da pastagem da alimentação dos suínos, que permitam a reciclagem de nutrientes diretamente no solo e em níveis que não impliquem poluição. Mas para isso, é preciso utilizar uma adequada densidade animal por área.

### **3.3 Alternativa criatória**

Dentro de uma concepção agroecológica, há muitas alternativas possíveis. Embora tenhamos o entendimento de que os princípios gerais de sustentabilidade a serem observados sejam universais, a solução não é sair de um pacote para outro. Para cada situação deverá se buscar uma alternativa viável, dependendo da realidade social, econômica, ecológica, cultural. Qualquer sistema agroecológico deve, no máximo, contemplar os aspectos básicos na busca da produção de um alimento limpo e de maneira sustentável. E para que a produção seja considerada "agroecológica", é também preciso que cumpra com a legislação e as normas vigentes. Essa legislação e normas, entretanto, não são imutáveis, e uma das tarefas da pesquisa e dos pesquisadores da área é municiar os legisladores com informações livres de outros interesses, para que elaborem tal legislação.

A produção agroecológica no Brasil está regulamentada pela Instrução Normativa 007 de 17/05/99, que dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. A legislação da União Européia sobre produtos orgânicos é, atualmente, talvez a mais completa no mundo, e pode e deve sempre ser utilizada como referência (Council Regulation EC Nº1804/1999), especialmente nos casos em que a legislação brasileira é omissa.

A produção orgânica de suínos deve estar necessariamente integrada numa propriedade toda orgânica (Edwards, 1999). Alternativamente, pode haver uma integração entre uma propriedade orgânica de suínos e outra(s) orgânica(s) de produção de grãos. Tanto as normas da UE quanto as normas brasileiras permitem tal integração.

### **3.4 Alojamento e dejetos**

Na concepção orgânica de produção, desde que o clima assim o permita, os animais devem ficar ao ar livre todo o tempo (EC Regulation, 1999). Nos climas tropicais e sub-tropicais, como é o caso brasileiro, pensamos que a criação de suínos ao ar livre é uma opção apropriada para a produção agroecológica. A grande

preocupação, nesse caso, é com o excesso de radiação solar, que pode resultar em graves ferimentos na pele dos animais. Para superar esse problema, as principais soluções seriam: sombra em todos os piquetes (o que inclusive poderia possibilitar associações com cultivos arbóreos), acesso a chafurdar-se, e evitar a pele branca na seleção de animais para o ar livre. Não necessariamente temos que criar o mesmo tipo genético desenvolvido para as condições de confinamento do Hemisfério Norte.

Nem sempre é possível ter-se todas as categorias animais no sistema ao ar livre. Uma alternativa que nos parece adequada é que os animais reprodutores (machos e fêmeas) fiquem ao ar livre, bem como as respectivas leitegadas até, pelo menos, os 70 dias. Daí em diante, os animais que serão destinados ao abate poderiam ser criados estabulados.

Uma opção que tem sido muito recomendada, especialmente para as fases de crescimento e terminação, é a criação sobre cama (Bartels, 2001; Hill, 2000; Oliveira, 2000; Oliveira e Diesel, 2000). Alguns autores (Bartels, 2001; Oliveira e Diesel, 2000) tem recomendado esta opção como "agroecológica". Sem dúvida, e sob vários pontos-de-vista (custos, ambiental, bem-estar e saúde animal), o sistema de confinamento sobre cama é superior ao confinamento em piso de concreto ou ripado. Entretanto, para que este sistema se enquadre como "agroecológico", outros quesitos - além da cama - precisam ser atendidos. Embora a legislação brasileira seja omissa com relação ao espaço por animal nas instalações, se é para contemplar o bem-estar animal, definido na Instrução Normativa 007/99 como "permanecer o (animal) livre de dor, de sofrimento, angústia e viver em um ambiente em que possa expressar proximidade com o comportamento de seu habitat original: movimentação, territorialidade, vadiagem, descanso e ritual reprodutivo", então deveríamos tomar como base, ao menos, o que está estabelecido na legislação da UE. Segundo a EC 1804/1999, os suínos devem ter acesso a uma área para exercício, e a área mínima por animal estabulado (Tabela 2) deve variar de 1,4 m<sup>2</sup> (50 kg) a 2,3 m<sup>2</sup> (110kg). Os suínos não devem permanecer mais do que 20% de sua vida útil no confinamento convencional.

Para evitar a contaminação ambiental, a taxa de ocupação de animais na criação orgânica de suínos (segundo UE) tem como referência o total de dejetos/ha aplicados na granja. Seja no sistema ao ar livre, seja com animais estabulados, o total de dejetos aplicados na granja não pode exceder os 170kg/ha. Isto representa, para as diferentes categorias animais, a seguinte lotação máxima de indivíduos/ha: leitões, 74; porcas 6,5; terminação, 14; outros suínos, 14 (EC, 1999). Para esta lotação deve ser considerada toda a área da granja dedicada ou integrada na atividade suinícola (piquetes, lavouras, pastagens).

Os dejetos orgânicos da criação de suínos devem ser manejados de forma a fertilizar o solo. Quando o esterco de suínos é lançado direto ao solo, o resultado pode ser muito positivo. Após três anos de aplicação de doses de 0, 20 e 40 ton/ha de esterco líquido sobre o campo nativo verificou-se, nos 20 cm superficiais, que os níveis de coliformes fecais e *Streptococcus* fecais tiveram uma redução de, respectivamente, 99,99% e 83% com relação aos níveis no esterco. Estas reduções foram as médias para as doses de 20 e 40 ton/ha (Lohmann et al., 1999).

A deposição de excremento animal nos solos promove a biocenose, aumentando sua atividade biológica (Franz, ref. Incompleta). A conseqüência é o aumento da diversidade de organismos dos solos. A biodiversidade dos solos é condição

**Tabela 2** — Superfícies mínimas para manutenção de suínos estabelecidos em criação orgânica, segundo as normas da UE (EC Regulation N°1804/1999, de julho de 1999).

Categoria animal	Área fechada (área líquida por animal)		Área aberta (área de exercício, exceto pastagem)
	Peso vivo mínimo	m <sup>2</sup> /cab	
Porcas com crias até 40 dias	-	7,5 / porca	2,5
Leitões	Mais de 40 dias e até 30 kg		0,4
Cachaços	-	6,0	8,0
Porcas não lactantes	-	2,5	1,9
Suínos em terminação	Até 50 kg	0,8	0,6
	Até 85 kg	1,1	0,8
	Até 110 kg	1,3	1,0

fundamental para o aumento da produtividade e para a estabilidade dos ecossistemas terrestres (Copley, 2000). Os dejetos de suínos, de problema passam a solução na criação agroecológica, e não apenas se superam os problemas da poluição como também se obtém a reciclagem de nutrientes através da fertilização orgânica.

A fertilização das lavouras que produzem o alimento dos animais com seus próprios dejetos, dispensando o uso de adubos químicos, promove um melhor balanço energético do sistema. A monocultura, animal ou vegetal, é incompatível com a sustentabilidade de qualquer sistema agrícola. A sustentabilidade energética é obtida através da maximização do insumo E solar no sistema. No caso da suinocultura, isso só é conseguido através da sucessão animal / vegetal, em conjunto com a rotação de culturas. Se chega mais facilmente a este objetivo quanto maior for o número de etapas realizadas intensivamente a campo e em sucessão com culturas vegetais.

### 3.5 Alimentação

Para que se obtenha a mencionada maximização do insumo E solar no sistema, é preciso que se utilize ao máximo a pastagem, inclusive para alimentação dos animais. Como animal omnívoro, o suíno tem um ceco relativamente bem desenvolvido (8% do volume do trato digestivo), como também o colo (30% do volume do trato digestivo) (Ruckebusch et al., 1991) onde pode ocorrer a digestão da celulose. A ingestão de fibra estimula os movimentos peristálticos e protege as paredes intestinais contra irritações que podem resultar em tumores.

É oportuno lembrar que o suíno é um animal omnívoro, e que portanto sua alimentação natural é composta por uma grande diversidade de alimentos - pasto, ramos, raízes, insetos, minhocas, pequenos animais, grãos, e muitos outros. E esta tem sido a dieta natural dos suínos por milhões de anos, e para a qual o sistema digestivo desta espécie está adaptado.

A ração balanceada tem um alto custo energético (grão) e financeiro. Como critério de sustentabilidade, devemos partir da alimentação disponível e barata. Vadell (2001) sugere a rotação de piquetes para permitir a recuperação das forrageiras, e a sua utilização como alimento para suínos. Dessa forma, conseguiram substituir até 50% da ração das porcas gestantes, o que resultou numa economia de ração de 23% por ciclo reprodutivo.

Diferentes espécies forrageiras podem ser utilizadas na alimentação dos suínos. Trevo branco e alfafa são espécies perenes que vegetam no inverno subtropical e que tem altos teores de proteína, podendo ser utilizada com sucesso na alimentação de suínos, substituindo até 40% da dieta concentrada (Cortamira, 1999). Outras espécies forrageiras, como gramíneas tropicais de ciclo perene (pasto estrela, *Hemarthria* sp., *Axonopus* sp., *Brachiaria* sp., e outras) podem ser utilizadas tanto como cobertura vegetal, protegendo os solos, quanto como alimentação dos animais (Vincenzi, 1996).

A ração do suíno orgânico deve ter origem em lavouras orgânicas, e preferencialmente da própria unidade de produção, que deve ser integrada. Entretanto, tanto a legislação europeia quanto a brasileira permitem o uso de até 20% da dieta provindo de produtos não orgânicos. A utilização de alimentos oriundos de organismos geneticamente modificados (OGM) e promotores do crescimento são proibidos, a adição de vitaminas e minerais é permitida apenas para cobrir deficiências.

### **3.6 Sanidade**

Apesar da pressão de infecção ser menor nos sistemas de criação ao ar livre, este ainda é um sistema de confinamento e exige mudanças de manejo que contribuam para o equilíbrio patógeno - animal. A princípio, as vacinas são a melhor forma de prevenção. O uso de vacinas é permitido no Brasil, mas na Europa há certas restrições.

Medicamentos convencionais são permitidos excepcionalmente e quando a saúde ou a vida dos animais estiver em risco. Nestes casos há que se observar os períodos de carência. Os tratamentos de parasitos e doenças devem se basear em métodos preventivos de manejo ou que não utilizem produtos de síntese química. É, portanto aceito o uso de produtos homeopáticos, fitoterápicos e a prática da acupuntura na criação orgânica.

### **3.7 Genética**

A legislação brasileira proíbe o uso de animais transgênicos. É recomendado que se utilizem raças / cruzamentos "compatíveis com a condição ambiental e com estímulo à biodiversidade". Na Europa se aplica basicamente a mesma recomendação, sendo que a preferência deve ser para raças e linhagens nativas ou locais.

Os sistemas de produção atuais se utilizam de animais selecionados de alta produtividade, produzidos e comercializados por transnacionais. A seleção desses animais ocorreu vinculada a um sistema de produção desenvolvido para a realidade dos países centrais do Hemisfério Norte. Para satisfazer as necessidades nutricionais desses animais, às vezes se utilizam alimento de alta qualidade para a dieta humana, como o leite em pó. Se o leite em pó é excedente em alguns países, na realidade latino-americana é um alimento de alta qualidade que poderia ser destinada a crianças desnutridas (Vadell, 2001). Assim, este tipo de componente na alimentação animal é eticamente injustificável.

Houve, assim, uma inversão de prioridades. Passamos, na AL, a utilizar sistemas criatórios adaptados a uma concepção de produção e a tipos genéticos desenvolvidos em realidades completamente diversas, e não a desenvolver uma genética adaptada às nossas condições locais. Isso apesar de que uma combinação da genética de raças nacionais com as importadas, visando um animal de alta produtividade e bem adaptado, vem sendo proposta já há bastante tempo (Pinheiro Machado, 1967).

### **3.8 Criação agroecológica e nicho de mercado**

O número de produtores orgânicos é crescente no mundo inteiro, em função da também crescente procura por carne orgânica, consequência da preocupação das populações urbanas com a segurança alimentar. Tem aumentado, também, a consciência das sociedades com relação aos problemas ecológicos, energéticos e de bem-estar animal.

Nos últimos anos tem se consolidado, em vários países, um mercado consumidor disposto a pagar mais por produtos com "qualidade ética" (Warriss, 2000). Na Grã Bretanha, por exemplo, a carne suína orgânica tem o dobro do preço da convencional,

e a demanda é maior que a oferta (Edwards, 1999). Também no Brasil há indicações de que ao menos uma parcela do público consumidor está disposto a pagar mais pela carne de "porco orgânico" (Pinheiro Machado F<sup>o</sup>, 2000 - 1ª Conferência virtual, EMBRAPA 2000).

Essa preocupação tem sido mais presente nas camadas sociais e nas populações mais abastadas. Isto fez com que, a princípio, a produção de alimento orgânico fosse considerada um "nicho de mercado", que poderia ser conquistado pela agricultura familiar. De fato, o preço dos produtos orgânicos - tanto o pago ao produtor quanto o pago pelo consumidor - tem sido tradicionalmente maior do que o dos produtos convencionais. Em muitas situações, este fato estimulou técnicos extensionistas, ONGs e comunidade rurais a se iniciarem na produção agroecológica com a finalidade de remunerar melhor seus produtos. Assim, a curto prazo a criação agroecológica de suínos tem sido uma alternativa para a pequena produção, pois tem menores custos de produção, menor capital investido, e gera um produto de maior valor, mas em níveis equiparáveis de produtividade ao confinamento.

Entretanto, é evidente que se o mercado consumidor disposto a pagar mais por produtos orgânicos se constitui em parcela restrita da população, o espaço para a produção orgânica, dentro de uma concepção de "nicho de mercado", também é restrito. É nossa opinião que precisamos pensar soluções universais, não para nichos de mercado. Devemos buscar uma alternativa que seja sustentável para a criação dos quase 1 bilhão de suínos do mundo, e não apenas para uma parte deles. A continuar a lógica do mercado, em breve haverá uma competição cada vez maior entre produtores "agroecológicos", os preços poderão cair e o processo histórico de concentração fundiária continuará. Portanto, não se reverterá a tendência histórica de concentração fundiária com a agroecologia. A adoção de tecnologias sustentáveis é necessária, mas não é suficiente. É preciso também tornar a atividade da pequena produção sustentável enquanto tal, revertendo a tendência histórica de concentração da propriedade e da produção agrícola. De outra forma, as soluções serão sempre paliativos temporários.

Exemplo atual de como o produto agroecológico pode ficar saturado, aconteceu com os produtores de leite orgânico na Grã Bretanha. Lá, em função da diminuição do preço do leite orgânico como consequência das importações, houve desistência de grande número de produtores de leite orgânico (FUW, 2001).

É também um equívoco pensar-se em produção agroecológica visando a exportação para os países europeus. Na União Européia, o mercado da carne de porco deverá sofrer pequenas alterações conjunturais nos próximos sete anos. A importação de carne suína deverá se manter relativamente pequena, e a projeção é de que em 5 anos chegará a 70 - 80 mil toneladas por ano, para um consumo total anual de 17,3 milhões de toneladas de carne suína (EU, 2000).

Em síntese, a opção por alternativas agroecológicas, ou orgânicas, deve ser o resultado da preocupação com o ambiente - incluindo aí os humanos, com o impacto ambiental e com o bem-estar animal.

## 4 Conclusão

Se é verdade que a produção agroecológica é superior à produção convencional em termos ambientais, energético, de bem-estar animal, com menor dependência de insumos externos e menor impacto social e cultural, então é um tipo de produção que deve interessar a toda a sociedade. Assim sendo, deve ser tratada como regra, e não como exceção ou "nicho". A produção agroecológica deve ser uma opção para TODA a agricultura, e não apenas para uma parte dos pequenos produtores. Para tanto, é preciso que seja competitiva também economicamente. E não há motivo algum para que não seja. Ao contrário, há vários exemplos de redução de custos e / ou aumento da lucratividade com a adoção de princípios agroecológicos. No Oeste do estado de Santa Catarina, a produção de leite a pasto sem o uso de insumos químicos tem tido um custo de produção que é a metade do convencional (Pinheiro Machado Filho et al., 2001; Vincenzi et al., 2001). O custo de instalação de uma matriz no SISCAL é aproximadamente a metade do confinamento, e a lucratividade do SISCAL é também em geral maior do que no confinamento (Edwards, 1996). Entretanto, há ainda inúmeras perguntas a serem respondidas com relação aos sistemas agroecológicos de produção. Com efeito, se há dezenas de milhares de trabalhos publicados sobre os mais variados aspectos do sistema convencional, a pesquisa agroecológica é ainda incipiente.

## 5 Referências

- AMADO, T. J. C., SPAGNOLLO, E., 2001. A palha e o seqüestro de carbono em plantio direto. In: IV curso sobre Aspectos Básicos de Fertilidade do solo em Plantio Direto, Ijuí - RS.
- AREY, D. , 1997. Behavioural observations of peri-parturient sows and the development of alternative farrowing accommodation: A review. *Animal Welfare*, v. 6, n. 3, p. 27-229.
- BARTELS, H., 2001. Criação de suíno sobre cama. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, v.2, n.2. pp 27-29.
- BURNE, T. H. J., MURFITT, P. J. E. & GILBERT, C. L. 2000. Deprivation of straw bedding alters PGF(2 alpha)-induced nesting behaviour in female pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 69, n. 3, p. 215-225.
- COUNCIL REGULATION, (EC) N. 1804/1999. *Official Journal of the European Communities*, v. 42. Disponível em : < <http://www.europa.eu.int/eurlex/en/archive/1999/L22219990824en.html>> Acesso em: 20 out 2001.
- COPLEY, J., 2000. Ecology goes underground, *Nature*. v. 406. pp. 452-454.
- CORTAMIRA, O., 1999. Alimentación de cerdos en sistemas de producción a campo en la República Argentina. In: CNPSA - EMBRAPA, II Encontro do Conesul de técnicos especialistas em SISCAL e II Simpósio sobre SISCAL, Concórdia - SC. pp 48 - 54.
- COX, L. & COOPER, J., 2001. Observations on the pre- and post-weaning behaviour of piglets reared in commercial indoor and outdoor environments. *Animal Science*, v. 72, n. p. 75-86.

- EUROPEAN COMMISSION (EU), 2000. Prospects for agricultural markets 2000 - 2007. Disponível em: <<http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/caprep/prospects2000/fullrep.pdf>>. Acesso 1 nov 2001.
- EDWARDS, S. A., 1996. Resultados econômicos da produção de suínos ao ar livre In: Dalla Costa, O. A., Monticelli, C. J., Anais do I Simpósio sobre sistema intensivo de suínos criados ao ar livre - SISCAL. pp. 194 - 203.
- EDWARDS, S. A., 1999. Organic pig production. In: CNPSA - EMBRAPA, II Encontro do Conesul de técnicos especialistas em SISCAL e II Simpósio sobre SISCAL, Concórdia - SC. pp 137 - 148.
- FAO, 1999. Guidelines for the production, processing, labelling and marketing of organically produced foods. v.32, Rome.
- FAO, 2001. FAOSTAT Agriculture Data. Disponível em: <<http://apps.fao.org>> Acesso em: 20 out 2001.
- FRANZ H. Biologia do solo de pastos, Institut für Bodenforschung - Universidade Rural, viena, Áustria.
- FRASER, A. F. 1980. Comportamiento de los animales de granja. Ed. Acribia Zaragoza, 291p.
- FRASER, D., KRAMER, D. L., PAJOR, E. A. & WEARY, D. M., 1995. Conflict and cooperation: sociobiological principles and the behaviour of pigs. Applied Animal Behaviour Science, v. 44, n. 2-4, p. 139-157.
- FRASER, D., MENCH, J. A., and MILLMAN, S. T., 2001. Farm animals and their welfare In 2000. In: Salem, D.J., and Rowan, A. (Editors), State of the Animals 2001, Humane Society Press, Washington, DC, USA, p.87-99.
- GILBERT, C. L., MURFITT, P. J. E., BOULTON, M. I., PAIN, J. & BURNE, T. H. J., 2000. Effects of Prostaglandin F2 Treatment on the Behavior of Pseudopregnant Pigs in an Extensive Environment. Hormones and Behaviour, v. 37, n. 3, p.229-236.
- GUSTAFSSON, M., JENSEN, P., DE JONGE, F. H. & SCHUURMAN, T., 1999. Domestication effects on foraging strategies in pigs (*Sus scrofa*). Applied Animal Behaviour Science, v. 62, n. 4, p. 305-317.
- HERD R., 1996. Impactos ambientais associados aos compostos endectocidas, In: Terezinha Padilha (editora), Controle dos Nematódeos Gastrintestinais em Ruminantes, EMBRAPA, Coronel Pacheco. pp. 95 - 112.
- HERSKIN, M. S., JENSEN, K. H. & THODBERG, K., 1998. Influence of environmental stimuli on maternal behaviour related to bonding, reactivity and crushing of piglets in domestic sows. Applied Animal Behaviour Science, v. 58, n. 3-4, pp. 241-254.
- HILL, J. D., 2000. Deep bed swine finishing. In: Roppa, L. (coord. Técnico) Anais do 5º Seminário internacional de suinocultura. EMBRAPA, pp. 83 - 88.
- HORREL, R. & ORTEGA, M. , 2001. The emergence and encouragement of skills to facilitate early weaning in pigs. In: Garner, J. P., Mench, J. A., Heekin, S. P. In: Proceedings of the 35th International Congress of the ISAE. p. 35.
- HOTZEL, M. J., EGERT, R., WOLF, F. M., PINHEIRO MACHADO, L. C., DALLA-COSTA, O. A. & SILVA, R. A. M. S., 2001 a. Evolução do comportamento de leitões criados ao ar livre ou a campo. In: Prezoto, F. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Etologia. p.207.



- HOTZEL, M. J., WOLF, F. M., EGERT, R., PINHEIRO MACHADO, L. C., DALLA-COSTA, O. A., SILVA, R. A. M. S. & RIGOTTI, S. S., 2001 b. Behavioural and welfare differences of sows and piglets raised under intensive outdoor or confined systems. In: Garner, J. P., Mench, J. A., Heekin, S. P. Proceedings of the 35th International Congress of the ISAE, p. 233.
- HURNIK, J. F. Conceito de Bem-Estar e Conforto Animal. (Palestra). In: Pinheiro Machado Filho, L. C. (Coord.). I Simpósio latino-americano de bem-estar animal, Florianópolis - SC.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Agropecuário 1996. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 28 out. 2001.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1997. Anuário Estatístico do Brasil. v.57. IBGE, Rio de Janeiro.
- JARVIS, S., LAWRENCE, A., McLEAN, K., DEANS, L., CHIRNSIDE, J. & CALVERT, S., 1997. The effect of environment on behavioural activity, ACTH, beta-endorphin and cortisol in pre-farrowing gilts. *Animal Science*, v. 65, n. p. 465-472.
- JARVIS, S., CALVERT, S. K., STEVENSO, J., KENDAL, R. & LAWRENCE, A. B., 2001 a. The effect of space and straw on physiological stress and nest building behaviour in pre-parturient gilts. In: Garner, J. P., Mench, J. A., Heekin, S. P. Proceedings of the 35th International Congress of the ISAE, p. 79.
- JARVIS, S., Van der VEGT, B.J., LAWRENCE, A. B., McLEAN, K. A., DEANS, L. A., CHIRNSIDE, J. & CALVERT, S. K., 2001 b. The effect of parity and environmental restriction on behavioural and physiological responses of pre-parturient pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 71, n. 3, p. 203-216.
- LOHMANN, O., SILVA, R. F. DA, FONTOURA, T. B., SILVA, D. M. DA, JACQUES, R. J. S., FRIES, M. R., AITA, C., 1999. Determinação de microrganismos fecais em solo, sob campo nativo, submetidos a aplicações periódicas de esterco suíno. In: EMBRAPA Cerrados. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Brasília, 11-16 julho. CD-ROM
- MENEGAT, E. E., BRAIDA, J. A., LUPATINI, G. C., GARCIA, G. G., 1999. Caracterização e utilização de esterco líquido de suínos em culturas e pastagens anuais. In: EMBRAPA Cerrados. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Brasília, 11-16 julho. CD-ROM
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL - Committee on the Role of Alternative Farming Methods in Modern Production Agriculture, 1989. *Alternative Agriculture*. National Academy Press, Washington. Pp 89 -134.
- OLIVEIRA, P. A. V. Produção de suínos em sistemas Deep Bedding: experiência brasileira. In: Roppa, L. (coord. técnico) Anais do 5º Seminário internacional de suinocultura. EMBRAPA, pp. 89 - 100.
- OLIVEIRA P. A. V. & DIESEL, R., 2000. Edificação para a produção agroecológica de suínos: fases de crescimento e terminação. EMBRAPA, Comunicado Técnico 245.
- PAJOR, E., KRAMER, D. & FRASER, D., 2000. Regulation of contact with offspring by domestic sows: Temporal patterns and individual variation. *Ethology*, v. 106, n. 1, p. 37-51.
- PRICE, E. O., 1999. Behavioral development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 65, n. 3, p. 245-271.
- PINHEIRO MACHADO, L. C. 1967. Os suínos. Editora A Granja Ltda, Porto Alegre, 622p.

- PINHEIRO MACHADO, L. C., 1997. Definição de agricultura sustentável, In: EXR 3104 Desenvolvimento Rural Sustentável, Programa de pós graduação em Agroecossistemas/UFSC, Florianópolis.
- PINHEIRO MACHADO FILHO, L. C., 2000. Bem - estar de suínos e qualidade da carne. Uma visão brasileira. In: CNPSA - EMBRAPA, I Conferência virtual sobre qualidade da carne suína. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>> acesso nov 2000.
- PINHEIRO MACHADO FILHO, L. C., 2000. Produção de leite à base de pasto em PRV no assentamento Conquista na Fronteira. In: UFSC, I Semana de ensino, pesquisa e extensão - SEPEX. Florianópolis - SC.
- Poços e poluição são focos de contaminação, 2000. Diário Catarinense. Seção: Geral Ambiente, 3 de set. 2000. p.27.
- RUCKEBUSCH Y., PHANEUF, LP., DUNLOP, R., 1991. Physiology of small and large animals. B. C. Decker Inc. Philadelphia. 672p.
- SEGANFREDO, M. A., 2000. Equação de dejetos. Suinocultura Industrial, Seção: Informe Técnico. Nº.144 abr/mai Ano 22, pp. 14 - 18.
- SILVA, E. T.; MAGALHÃES, C. S. , 2001. Controle de poluição de atividades pecuárias. Informe Agropecuário - Recuperação de áreas degradadas. v.22, n.210. pp.62 -76.
- THODBERG, K., JENSEN, K. H. & HERSKIN, M. S., 1999. A general reaction pattern across situations in prepubertal gilts. Applied Animal Behaviour Science, v. 63, n. 2, p. 103-119.
- TILMAN D., 1998. The greening of the green revolution. Nature 396: (6708) 211-212.
- TRIBE D. E., 1985. World Animal Science, General Preface. In: Neimann - Sorensen A., Tribe, D. E. World Animal Science - A - Basic Information. Elsevier Science Publishers B.V.: New York, pp. V -VI.
- USDA - NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE - NASS US, 2001. Hog breeding herd structure, Released 8 June 2001, Washington, D.C., 1998. Seção Hogs and Pigs. Disponível em: < [www.usda.gov/nass](http://www.usda.gov/nass)> Acesso em: 28 out. 2001.
- VADELL, A., 2001. Producción de cerdos a campo en un sistema de mínimos costos, Sistema de Información Agrícola - SIAN, Venezuela, out. 2001. Seção Porcinos. Disponível em: <<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/producercerdos/articulo5.htm>>. Acesso em: 20 out. 2001.
- VINCENZI, M. L., 1996. Implantação, tipos e manejo da cobertura vegetal em "sistema intensivo de suínos criados ao ar livre" In: Dalla Costa, O. A., Monticelli, C. J., Anais do I Simpósio sobre sistema intensivo de suínos criados ao ar livre - SISCAL. pp. 43 - 57.
- VINCENZI, M. L., 2000. Produção intensiva e coletiva de leite à base de pasto em condomínios de pequenos agricultores do Oeste Catarinense. In: UFSC, I Semana de ensino, pesquisa e extensão - SEPEX. Florianópolis - SC.
- WARRISS, P. D., 2000. Meat Science: an introductory text (chapters 1 and 10). Cabi Publishing, Wallingford. 310p.

# FATORES QUE AFETAM O CRESCIMENTO DE TECIDO MAGRO DE SUÍNOS

A. P. Schinckel

Department of Animal Sciences  
Purdue University 3-231 Lilly Hall  
West Lafayette, IN 47907-1151 USA  
Phone: 765/494-4836 — Fax: 765/494-9346  
e-mail: aschinck@purdue.edu

## Resumo

O crescimento magro é uma das características econômicas mais importantes de suínos. Suínos com altas taxas de crescimento magro têm melhor peso vivo e conversão de ração em tecido magro, e menor custo por kg de ganho magro. A seleção para aumento do crescimento de tecido magro tem tido sucesso, com melhoras de 2-4% anuais. Os suínos com altas taxas de alto crescimento magro têm melhor eficiência alimentar e maior percentagem de tecido magro, e, ao mesmo tempo, altas taxas de crescimento magro levando a pesos vivos maiores. A seleção para a eficiência de tecido magro reduziu o consumo de ração. Animais de alto ganho de tecido magro, baixo consumo de ração requerem dietas com altas concentrações de lisina e outros aminoácidos essenciais. Suínos da mesma população genética têm diferentes pesos vivos, teor de tecido magro na carcaça e taxas de deposição de proteína quando criados em condições ideais em comparação com as condições comerciais. Estressores como estado de saúde, qualidade do ar, interações sociais e temperatura reduzem taxas de crescimento de tecido magro que podem ser obtidas comercialmente. Os produtores estão usando ultrasonografia em tempo real em série e pesos vivos para prever economicamente as curvas de crescimento magro nas granjas.

## 1 Introdução

Para satisfazer a demanda dos consumidores de produtos de carne suína magra, o objetivo da suinocultura deve ser melhorar a eficiência da produção de carne suína magra. Três variáveis - taxa de crescimento magro, conversão alimentar em tecido magro e custo por unidade de ganho de peso magro - devem ser consideradas como características primárias de produção de carne suína (Fowler et al., 1976). O custo por kg de carne magra deve ser usado para comparar os retornos econômicos de diferentes programas alimentares e de manejo. Cada produtor deve considerar alterações eficientes no manejo para maximizar a expressão do potencial genético dos animais. Programas de manejo, incluindo a formulação de rações, devem ser desenvolvidos para maximizar a lucratividade da produção de carne suína magra (Schinckel, 1994).

## 2 Componentes econômicos da eficiência de crescimento magro

A ração é o maior custo na produção de suínos. Os produtores comerciais devem se interessar pelo potencial de crescimento magro de seus porcos, pois animais com altas taxas de crescimento magro são mais eficientes em converter ração em ganho de peso vivo e de tecido magro. Estas relações existem porque o custo energético da deposição de gordura na carcaça é aproximadamente 4 vezes maior do que o do crescimento muscular. A 100 kg de peso vivo, o crescimento marginal de tecido adiposo é aproximadamente 85% de lipídios, 3% de proteína e 12% de água. O crescimento marginal de tecido magro é aproximadamente 76% de água, 21% de proteína e 3% de lipídios. Os suínos com maior percentagem de tecido magro ao peso de abate depositaram uma maior proporção de tecido magro para gordura na carcaça (Tabela 1). Isto permite que suínos magros sejam mais eficientes na conversão de ração em peso vivo ou em crescimento magro.

Foi usado um modelo de crescimento para determinar o valor relativo de mudanças genéticas em várias características de desempenho através de um modelo de simulação (Tess et al., 1983; Tabela 2). As características incluíam número de nascidos vivos, produção de leite, taxa de crescimento de peso vivo, taxa de crescimento magro e percentagem de gordura na carcaça. Uma melhora de 20% no número de nascidos vivos resultou em um aumento do número de desmamados por leitegada de 7,7 para 9 leitões. Uma melhora de 20% na taxa de crescimento diminuiu o número de dias do nascimento a 100 kg em 19 dias, sem alteração da composição corporal. Uma melhora de 20% na taxa de crescimento magro resultou em 13 dias a menos até os 100 kg, uma redução de 14% na gordura da carcaça e uma redução de 5 mm na espessura de toucinho. Uma redução de 20% na gordura da carcaça resultou em 0,5 dias a menos até os 100 kg e uma redução de 8 mm na espessura de toucinho. Uma melhora de 20% na taxa de crescimento magro ou uma diminuição na percentagem de gordura resultou em efeito substancial no custo e Mcal de ração por kg de tecido magro na carcaça (Tabela 2). Estes resultados indicam que a taxa de crescimento magro e o mérito da carcaça devem ser características primárias a serem enfatizadas para melhorar a eficiência de produção de carne suína magra.

## 3 Curvas de crescimento magro

Os primeiros estudos avaliados consideraram a taxa diária de crescimento magro ou deposição de proteína relativamente constante de 25 a 10 kg. Estudos recentes que incluíam maiores pesos ao abate verificaram que a taxa de crescimento magro aumenta até atingir um platô, e depois cai rapidamente. Para estimar as curvas de deposição de proteína, uma série de genótipos foi alimentada com várias dietas ricas em energia e em lisina na primavera de 1992. No geral, os genótipos tiveram taxas médias de deposição de proteína significativamente diferentes com pesos vivos similares. O estágio de maturidade no qual houve taxa máxima de deposição de proteína foi de 0,20 a 0,25 da massa protéica adulta. Outros dados recentes indicam que a deposição máxima de proteína pode ser atingida com pesos vivos de 25 kg quando o estado de saúde e a nutrição são adequados (Möhn e deLange, 1998).

## 4 Exigências e partição de energia

A taxa de crescimento magro de um suíno é em grande parte determinada por seu consumo de ração. À medida que o consumo de ração aumenta, ocorre uma resposta linear na taxa de crescimento magro (Figura 2). A alteração no crescimento magro (ou deposição de proteína) por unidade de aumento no consumo de energia é a inclinação. À medida que o consumo de energia aumenta, o crescimento magro ou a deposição de proteína aumenta até atingir um platô. O platô é atingido quando a energia necessária para crescimento magro máximo é atingida. A energia fornecida acima das exigências para taxa máxima de crescimento magro de um suíno será totalmente utilizada para deposição de lipídios.

Para otimizar a conversão alimentar, os produtores devem tentar atingir altas taxas de crescimento magro sem excesso de deposição de gordura. Suínos alimentados em etapas, com consumos reduzidos, atingem menores taxas de crescimento magro, crescem mais devagar e alocam uma maior proporção do consumo de energia para manutenção. À medida que o consumo de energia aumenta na área de resposta linear, o crescimento magro aumenta com apenas pequenos aumentos na razão de ganho de músculo sem gordura para ganho total de gordura na carcaça. Quando o consumo de energia aumenta acima do necessário para crescimento magro máximo, aumenta a razão deposição de gordura:tecido magro, a espessura de toucinho e a conversão alimentar magra.

A inclinação do ganho magro (ou deposição de proteína) sobre o consumo de energia determina a extensão da partição energia entre ganho de tecido e de gordura. Durante a fase de aceleração, de 15 a 49 kg para a maioria das populações genéticas com alto crescimento magro, a inclinação é aguda, o que significa um pequeno aumento do consumo de ração, de 0,12 a 0,20kg/dia aos 20 kg de peso vivo, resultando em um grande aumento do crescimento magro e do peso vivo (Black et al., 1986; De Greef, 1992; Möhn e de Lange, 1998). Suínos com consumo de ração moderado durante esta fase depositam uma alta proporção de tecido magro e pouca gordura. Por isso, melhorar o manejo para aumentar o consumo de ração nestes pesos vivos pode ser muito econômico, porque os nutrientes adicionais serão usados com eficiência para aumentar o ganho de tecido magro. À medida que o suíno cresce, a inclinação é menor e a partição da energia muda, de forma que mesmo com consumo moderado de energia (80-90% do consumo é necessário para crescimento magro máximo), a razão ganho magro para ganho de gordura diminuiu. A inclinação de ganho magro para consumo de energia cai rapidamente em pesos maiores (70-110 kg) à medida que a taxa máxima de crescimento magro do suíno cai.

## 5 Exigências de aminoácidos

Os suínos com altas taxas de deposição de proteína requerem consumos mais altos de aminoácidos para expressar seu potencial genéticos para crescimento magro ou deposição de proteína, percentagem de tecido magro e eficiência de tecido magro (Stahly, 1988, Tabela 3).

A relação entre a deposição de proteína e o consumo de lisina (g/dia) pode ser predito em populações genéticas com diferentes taxa máximas de deposição de

proteína (Figura 3, Schinckel et al., 1994). A consumos baixos a moderados de lisina (12-20 g/dia a 50 kg de peso vivo), a diferença entre as populações genéticas é significativamente reduzida. Nestes níveis de consumo de lisina, populações genéticas de alta deposição de proteína ainda estão longe de atingirem sua deposição máxima de proteína e, portanto, têm uma maior eficiência de utilização, permitindo que taxas mais altas de deposição de proteína sejam atingidas.

Na década passada, uma série de novas fontes de reprodutores foi importada para os EUA. Parte das linhagens importadas estava sendo cruzada ou incorporada nas atuais populações americanas de reprodutores. Outras novas firmas de reprodução usaram seus sistemas de cruzamento terminal. Na metade dos anos 90, esta importação de reprodutores acrescentou variação genética para crescimento magro, deposição de gordura e eficiência de tecido magro (Figura 1). Houve variações de 20-30% no consumo de ração entre diferentes populações genéticas. As diferenças foram particularmente grandes, chegando a 50% da energia digestível consumida acima da manutenção (Schinckel, 1994).

Em 1995, três genótipos europeus terminais cruzados e quatro genótipos americanos (dois Hampshire-Duroc [HD] × Yorkshire-Landrace [YL], um H × YL, um D × YL) foram avaliados. Os suínos europeus cresceram 4,3% mais devagar, tiveram taxas de crescimento magro 10,5% maiores, consumiram, 13,7% menos ração e tiveram taxas de deposição de gordura na carcaça substancialmente mais baixas (Tabela 4). Com isto, os genótipos europeus tiveram razões mais altas de ganho de tecido magro para gordura na carcaça (1,65 x 1,06) e 21,2% melhor conversão alimentar magra do que os genótipos americanos. Na metade da década de 1990, os produtores de reprodutores puros começaram a incorporar machos europeus magros em seus rebanhos. Foi feita uma grande pressão de seleção para reduzir a espessura de toucinho com base nas tendências genéticas preditas. Em 1998, a diferença entre os fornecedores de reprodutores europeus e americanos para teor de tecido magro na carcaça e consumo de ração foi significativamente reduzida.

## 6 Seleção genética

Vários conceitos são essenciais para a discussão da seleção genética e população genética. Primeiro, as características biológicas subjacentes são: (1) deposição máxima de proteína a cada peso vivo, (2) capacidade de fazer a partição de energia entre deposição de lipídios e de proteína, (3) consumo de ração a cada peso vivo, (4) tamanho adulto ou massa protéica adulta, e (5) exigências de manutenção.

O segundo conceito é que a escolha do ambiente no qual os animais são testados altera que animais são selecionados a cada geração. O tipo de programa alimentar (à vontade ou restrição com alimentação em escala) resulta em mudança dos parâmetros genéticos e da resposta à seleção. A restrição alimentar reduz substancialmente a expressão genética do consumo de ração e reduz em parte a variação no crescimento de tecido magro e de gordura. O consumo de ração atingido em relação ao necessário para deposição máxima de proteína afeta a quantidade e direção da mudança genética em consumo de ração. Uma abordagem seria selecionar para aumento da deposição de proteína, aumento da partição entre energia e proteína e ter como meta consumos

comerciais de ração como nível ótimo (o nível necessário para atingir deposição máxima de proteína).

O terceiro conceito é que a ênfase relativa que os critérios de seleção colocam sobre certas características determina a mudança genética relativa de cada característica. Os critérios de seleção podem ser um índice de seleção designado (uma função das estimativas BLUP de mérito genético) ou uma característica composta como conversão alimentar para tecido magro. A ênfase relativa que os critérios de seleção colocam para as características medidas em condições especificadas de teste de desempenho determina a direção e a magnitude das mudanças genéticas para as características biológicas subjacentes. A mesma ênfase na taxa de crescimento e na espessura de toucinho não mudou o consumo de ração (Cleveland et al., 1983). O aumento da ênfase na taxa de crescimento resultou em aumento do consumo de ração (Woltman et al., 1995). O aumento da ênfase na espessura de toucinho diminuiu o consumo de ração (Woltman et al., 1995).

O quarto conceito afirma que, por causa dos diferentes métodos de seleção e diferenças nas taxas relativas de deposição de proteína e consumo de ração, a diferença observada entre os sexos não é constante entre populações genéticas. Por exemplo, em média, os machos castrados consomem 9-10% a mais de ração que as mães a um mesmo peso vivo. A razão de consumo de ração entre machos castrados e mães é, na verdade, significativamente diferente para populações genéticas diferentes (Schinckel, 1994). Para refinar a nutrição, estratégias de manejo e de comercialização, é necessário avaliar cada população genética e sexo e não usar ajustes médios para sexo.

## **7 Seleção para taxa de crescimento magro**

A taxa de crescimento magro e a conversão alimentar magra podem ser melhoradas através de testes de desempenho e seleção consistentes. Cinco gerações de seleção para taxa de crescimento magro foram feitas na Universidade de Nebraska (Cleveland et al., 1983). Neste experimento, assim como em outros esquemas de seleção genética, o progresso realizado por cada geração pode ser pequeno. No entanto, a resposta à seleção se acumula. Depois da fase do experimento com as cinco gerações (cinco anos), a seleção aumentou a taxa de crescimento magro em 19,8% e diminuiu a gordura na carcaça em 9,1%. Aos 90 kg, os machos castrados da linhagem selecionada tinham 9,25 mais tecido magro e 15,1% menos gordura que os da linhagem controle.

## **8 Seleção para eficiência de tecido magro**

A eficiência de tecido magro e a percentagem de tecido magro têm sido as características primárias enfatizadas na Europa e no Canadá (Webb e Curran, 1986; Gibson et al., 2001). Quando os custos da ração são uma alta percentagem do custo total e os programas de valorização da carcaça são amplamente usados, a eficiência de tecido magro e o mérito a carcaça podem ser mais importantes que a taxa de crescimento de peso vivo. Por exemplo, no Reino Unido, a seleção para um índice

derivado economicamente resultou em melhora anual de 2,1 e 2,4% no crescimento magro e na eficiência de tecido magro, respectivamente (Mitchell et al., 1982). No entanto, devido ao valor relativamente baixo dado à taxa de crescimento, a melhora anual desta característica foi estimada em apenas 5 g por dia. Estimou-se que o consumo de ração caiu em 7,3g/dia, uma queda de 0,4% por ano. Uma série de experimentos de seleção e de avaliação de tendências genéticas (Mitchell et al., 1982) demonstrou que o consumo de ração de suínos selecionados primariamente para teor de tecido magro na carcaça e eficiência de tecido magro caiu substancialmente. As alterações biológicas que provavelmente aconteceram como resultado da seleção para eficiência de tecido magro incluem: aumento das taxas de deposição de proteína, diminuição do consumo de ração e aumento da partição de energia de deposição de lipídio para proteína (Mitchell et al., 1982; Webb, 1989). As exigências dietéticas de lisina (g/kg de ração) para cada estágio da vida aumentaram drasticamente como resultado da seleção genética devido ao aumento concomitante na deposição de proteína e diminuição do consumo de ração.

## 9 Interações genéticas e nutricionais

Suínos com maior potencial genético para crescimento magro podem exigir mudanças nutricionais e de manejo para poderem expressar totalmente seu potencial genético para melhor desempenho e teor de tecido magro na carcaça (Stahly, 1988). Suínos com alto potencial de crescimento magro demonstram maior resposta ao consumo de energia e de proteína do que os suínos de crescimento magro médio. Como a inclinação de deposição de proteína para consumo de energia é maior, as taxas de crescimento são mais sensíveis a mudanças no consumo de energia. De 15-40 kg de peso vivo, a inclinação da deposição de proteína para consumo de energia é alta e uma alta proporção das populações genéticas magras tende a ter baixo consumo de energia, especialmente quando expresso como energia disponível para crescimento acima da manutenção. Se o consumo de nutriente não permite que um genótipo de alto crescimento magro expresse seu potencial genético, então as diferenças em desempenho observadas entre genótipos de alto e médio crescimento magro serão reduzidas. Por isso, ocorrem dois tipos de interação: o efeito dos tratamentos nutricionais muda com a população genética, e segundo, a diferença observada entre populações genéticas em desempenho (crescimento magro, eficiência de tecido magro, e percentagem de tecido magro) depende dos consumos de energia e proteína atingidos.

Um exemplo de interação entre população genética e nutrição ocorreu em um experimento australiano de seleção para crescimento magro (McPhee et al., 1991). Os suínos foram selecionados para aumento do tecido magro predito no pernil depois de um teste de desempenho de 12 semanas, começando com 25 kg de peso vivo. As respostas das duas linhagens para peso de tecido magro no pernil foram semelhantes a baixas densidades nutricionais, depois divergiram e atingiram um platô. Os níveis necessários para atingir o tecido magro máximo no pernil, indicativo de ganho total de tecido magro na carcaça, foram 20,5 g/kg de lisina/dia e menor consumo de energia na linhagem controle. A superioridade dos selecionados sobre a linhagem controle em



tecido magro no pernil variou de 0,18 kg na dieta de baixa energia com 13,2 g lisina por dia para 1,01 kg na dieta de alta energia com 21,5 g de lisina por dia.

## 10 Avaliação das limitações ambientais

Fatores ambientais, incluindo exposição a doenças, estresse social e uma densidade não-ideal, limitam o crescimento de tal forma que suínos criados em condições comerciais têm pouca probabilidade de expressar seu máximo potencial para deposição de proteína, mesmo quando alimentados à vontade com uma dieta de alta qualidade e densidade nutricional. A deposição operacional de proteína é a taxa máxima de deposição de proteína que os suínos podem atingir sob condições comerciais específicas. A definição implica que os máximos potenciais atingíveis de deposição de proteína são limitados por condições ambientais sob as quais são determinados. Uma diferença substancial entre a deposição de proteína ou taxa de crescimento magro obtida na granja e o potencial máximo é indicativa de grandes limitações ambientais. Nestes casos, o produtor comercial deve avaliar os benefícios e os custos de mudanças no manejo e no ambiente.

Um experimento recente avaliou a diferença de crescimento de suínos criados em condições ambientais comerciais médias e ótimas (Holck et al., 1998). Os suínos pesavam em média 32,5 kg aos 77 dias de idade. Os machos castrados foram designados para uma instalação comercial de crescimento/terminação (0,74 m<sup>2</sup>/cab, 24 cab/baia) ou para uma estação experimental (2,23 m<sup>2</sup>/cab, 3 cab/baia). Foram observadas diferenças marcantes no ganho de peso corporal entre os animais criados nos dois ambientes diferentes (Tabela 5). O aumento do ganho de peso corporal consistiu de ganho em gordura e em tecido magro.

Um produtor deve conhecer a forma da curva de crescimento magro (ou de deposição de proteína) para saber que amplitude de peso vivo está mais distante do potencial de crescimento máximo. O produtor pode então se concentrar nas amplitudes de peso que podem ser melhoradas economicamente. O produtor também deve conhecer a curva de deposição operacional de proteína para desenvolver dietas e pesos de abate ideais.

Em condições ideais, os suínos de alto crescimento magro atingem altos níveis de desempenho (1,16 kg/dia de taxa de crescimento e 1,55 de conversão alimentar) de 25-52 kg de peso vivo. Os ganhos médios diários se aproximam de 1,1 kg/dia com conversão alimentar de 2,45 entre 25-118 kg. Os melhores produtores comerciais obtêm 75-80% da deposição máxima de proteína de 15-30 kg e, ao redor de 100 kg, praticamente atingem a deposição máxima de proteína. Embora alimentados com dietas com alta lisina e tenham crescimento mais lento, os suínos comerciais de alto crescimento magro têm maior espessura de toucinho e menor área de olho de lombo que os criados em condições ideais. Suínos comerciais médios atingem 65-70% do seu potencial de deposição de proteína e chegam a 85% do seu potencial entre 110-115 kg.

A escolha da curva de crescimento de peso vivo é muito importante, pois a função deve ser flexível para ajustar-se a qualquer padrão de crescimento que pode ser obtido comercialmente (Black, 1995; Schinckel e DeLange, 1996; Smith et al., 1999). Alguns rebanhos com creches deficientes podem ter menor crescimento no início da

vida. Outras, podem ter boas creches, mas têm problema sanitários crônicos e más condições ambientais na terminação.

O segundo desafio é identificar a equação mais precisa e com menor viés para cada combinação de dados disponíveis. Vários dispositivos de medição e opções de amplitudes de pesos estão disponíveis para avaliar tecido magro total livre de gordura na carcaça, proteína corporal na carcaça vazia e gordura corporal na carcaça vazia. Métodos estatísticos devem ser implementados para reduzir o viés de sexo e de genótipo. Medições em série com ultrassom em tempo real podem ser usadas para fornecer estimativas de proteína corporal na carcaça vazia, gordura corporal na carcaça vazia, tecido magro total livre de gordura na carcaça e gordura total da carcaça para cada observação (Schinckel e DeLange, 1996; Smith et al., 1999).

**Tabela 1** — Teor de tecido magro na carcaça e deposição de gordura de suínos com diferentes percentagens de tecido magro ao abate

	% magro s/gord. a 109 kg PV			
	55	51.8	45.5	39.1
<i>Composição inicial da carcaça a 32 kg</i>				
Músculo sem gordura (kg)	11.7	11.6	11.1	10.7
Gordura total na carcaça (kg)	4.7	4.8	5.2	5.6
<i>Composição final da carcaça a 109 kg</i>				
Músculo sem gordura (kg)	45.1	42.5	37.1	31.7
Gordura total na carcaça (kg)	21.1	23.7	30.0	35.9
<i>Crescimento da carcaça no teste (32 - 109 kg PV)</i>				
Ganho músculo s/gordura (kg)	33.4	30.9	26.0	21.0
Ganho de gordura total na carcaça (kg)	16.4	18.9	24.8	30.3
Ganho magro : Ganho gordura	2.03	1.63	1.05	.69

**Tabela 2** — Eficiência de produção de tecido magro com diferentes alterações biológicas

	Mcal/kg magro	\$/kg magro
Base	100	100
Nascidos vivos	97.9	94.7
Produção de leite	99.9	99.9
Taxa de crescimento	95.5	96.7
Taxa de crescimento magro	91.3	93.1
Gordura (%)	88.6	92.2

Cada característica mudou 20% (Tess et al., 1983)

**Tabela 3** — Efeito da variação de níveis de lisina dietética para machos castrados de dois genótipos de crescimento médio e alto de tecido magro

	Lisina (% dieta)	0.50	0.65	0.80	0.95
<i>Genótipo</i>					
Ganho médio diário (g/dia)	Alto magro	567	757	893	912
	Médio magro	671	822	822	850
Conversão alimentar	Alto magro	3.48	3.08	3.06	3.08
	Médio magro	3.67	3.44	3.49	3.38
Ganho magro (g/dia)	Alto magro	283	385	300	407
	Médio magro	273	311	314	309

(Stahly et al., 1988)

**Tabela 4** — Experimento de crescimento de tecido magro na primavera de 1995

	Europeu	EUA	% Diferença
GMD, g/d	916	957	-4.3
CMD, g/d	2.00	2.42	13.7
CA	.438	.394	11.2
Espessura de toucinho, cm	1.81	3.00	-39.07
Ganho tecido magro s/gordura, g/d	336	304	10.5
Ganho gordura carcaça g/d	204	286	-28.7
Conversão magra <sup>a</sup>	6.23	7.91	-21.2

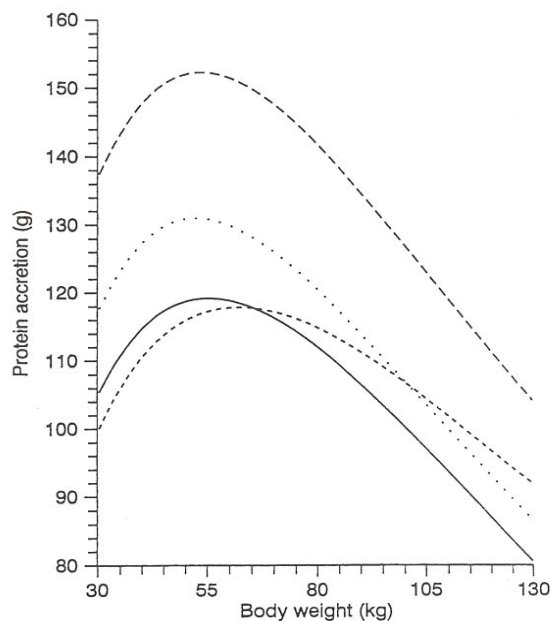
Período de ensaio 27-113,5 kg

<sup>a</sup> Ração / Tec magro

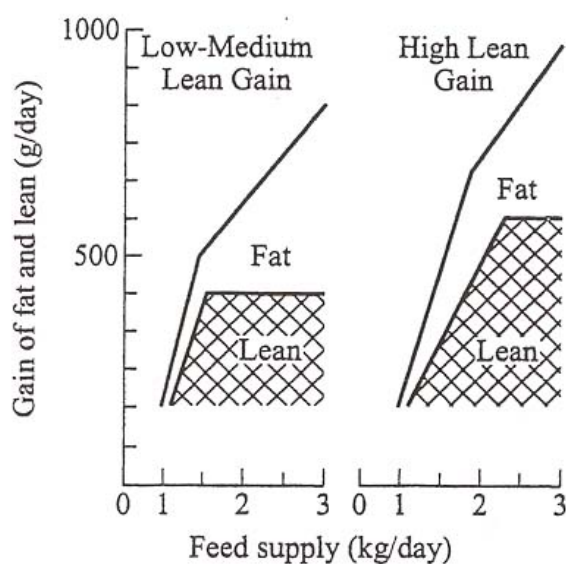
**Tabela 5** — Comparação de condições comerciais × ideais

	Ambiente		% Ideal/	Valor de P
	Comercial	Ideal	Comercial	
Ganho diário, kg/d	0.730	1.038	142	< 0.001
Dias até 118 kg	192	160	83	< 0.001
Ganho diário magro s/gordura, g/d	240	342	142	< 0.001
Ganho diário gordura, g/d	240	353	148	< 0.001
Consumo diário de ração, kg/d	2.45	3.00	122	< 0.05
Conversão alimentar	3.29	2.85	87	< 0.05
Conversão magra	10.39	9.30	90	ns
Espessura de toucinho, cm	2.48	2.74	112	ns

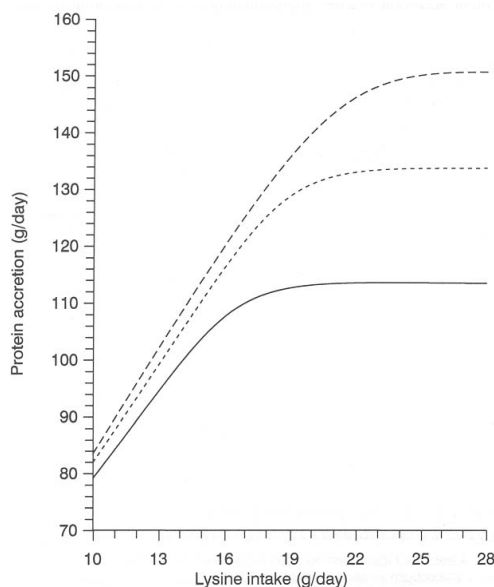
(Holck et al., 1998)



**Figura 1** — Curvas de deposição de proteína em quatro genótipos de machos castrados (Genótipo A ———, B . . . . ., C ·····, e D - - - -).



**Figura 2** — Efeito do aumento do nível de ração sobre o crescimento de tecido magro e de gordura no corpo do suíno.



**Figura 3** — Relação entre a deposição de proteína e o consumo de lisina em três genótipos com diferentes potenciais de deposição máxima de proteína (50 kg PV). (Genótipo: \_\_\_\_\_ 115, - - - - - 135, e \_ \_ \_ 150 g/dia)

## 11 Conclusão

A seleção genética tem tido sucesso na produção de suínos com taxa de crescimento magro mais alta e aumento da eficiência da transformação de ração em músculo. As exigências nutricionais em termos de lisina dietética e outros aminoácidos essenciais aumentaram significativamente. As condições ambientais nas quais os suínos são criados têm um grande impacto sobre as taxas de crescimento de peso vivo e de tecido muscular obtidas comercialmente. A suinocultura está tendendo a avaliar as curvas de crescimento magro ou deposição de proteína comercialmente atingível ou operacional para estimar as exigências nutricionais e para avaliar as alterações de manejo.

## 12 Referências Bibliográficas

- BLACK, J. L., CAMPBELL, R. G., WILLIAMS, I. H., JAMES, K. H., and DAVIES, G. T. 1986. Simulation of energy and amino acid utilization in the pig. *Res. Dev. Agric.* 3:121-145.
- BLACK, J. L., DAVIES, G. T., BRAY, H. R., and CHAPPLE, R. P. 1995. Modeling the effect of genotype, environment and health on nutrient utilization. In: A. Danfaer and P. Lescoat (Ed.) *Proc. IV Int. Workshop Model. Nutr. Utilization Farm Anim.* pp 85-106. National Institute of Animal Science, Tjele, Denmark.

- CLEVELAND, E. R., JOHNSON, R. K., MANDIGO, R. W., and PEO, E. R., Jr. 1983. Index selection and feed intake restriction in swine. II. Effect on energy utilization. *J. Anim. Sci.* 56:570-578.
- DE GREEF, K. H. 1992. Prediction of production; nutrition induced tissue partitioning in growing pigs. PhD thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- ELLIS, M., SMITH, W. O., HENDERSON, R., WHITTEMORE, C. T., and LAIRD, R. 1983. Comparative performance and body composition of control and selection lines of large white pig. 2. Feed to appetite for a fixed time. *Anim. Prod.* 36:407-413.
- FOWLER, V. R., BICHARD, M., and PEASE, A. 1976. Objectives in pig breeding. *Anim. Prod.* 23:365-387
- HOLCK, J. T., SCHINCKEL, A. P., COLEMENA, J. L., WILT, V. M., CHRISTENSON, G., THACKER, E. L., SPURLOCK, M., GRANT, A. L., SENN, M. K., and THACKER, B. J. 1998. The influence of environment on the growth of commercial finisher pigs. *Swine Health and Prod.* 6(4):141-149.
- GIBSON, J. P., QUINTON, V. M., and SIMEDREA, P. 2001. Responses to selection for growth and backfat in closed nucleus herds of Hampshire and Duroc pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 81:17-23.
- McPHEE, C. P., WILLIAMS, K. C., and DANIELS, L. J. 1991. The effect for rapid lean growth on the dietary energy requirements of pigs fed to scale. *Livestock Production Science* 2nd. 185-198.
- MITCHELL, G. C., SMITH, M., MAKOWES, P. J., and BIRD, W. N. 1982. An economic appraisal of pig improvement in Great Britain. *Animal Production* 35: 215-224.
- MÖHN, S. and de LANGE, C. F. M. 1998. The effect of body weight on the upper limit to protein deposition in a defined population of growing gilts. *J. Anim. Sci.* 76:124-133.
- SCHINCKEL, A. P. 1994. Nutrient requirements of modern pig genotypes. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. P.C. Garnsworthy and D.J.A. Cole, Ed. Univ. of Nottingham Press, Nottingham, U.K. p.133.
- SCHINCKEL, A. P. and DELANGE, C. F. M. 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.* 1996. 74:2021-2036.
- SMITH, J. W., TOKACH, M. D., SCHINCKEL, A. P., DRITZ, S. S., EINSTEIN, M., NELSEN, J. L., and GOODBAND, R. D. 1999. Developing farm-specific lysine requirements using accretion curves: Data collection procedures and techniques. *Swine Health Prod.* 7(6):277-282
- STAHLY, T. S., CROMWELL, G. L., and TERHUNE, D. 1988. Responses of pigs from high and low lean growth genotypes to dietary lysine levels. *J. Anim. Sci.* 66(Supp. 1):137.
- TESS, M. W., BENNETT, G. L., and DICKERSON, G. E. 1983. Simulation of genetic changes in life cycle efficiency of pork production. II. Effects of components of efficiency. *J. Anim. Sci.* 56:354-368.
- WEBB, A. J. 1989. Genetics of feed intake in the pigs. The Voluntary Feed Intake of Pig. Pub. No. 13. British Society of Animal Production. Edinburgh, Scotland. pp. 41-50.
- WEBB, A. J. and CURRAN, M. K. 1986. Selection regime by production system interaction in pig improvement: a review of possible causes and solutions. *Livestock Production Science.* 14:41-56.
- WOLTMAN, M. D., CLUTTER, A. C., and BUCHANAN, D. S. 1995. Effect of divergent selection for postweaning average daily gain on front-end structural soundness of market weight pigs. *J. Anim. Sci.* 73:1940-1947.

## PESO ÓTIMO DE ABATE PARA SUÍNOS

O. W. Robison

North Carolina State University

A determinação dos pontos adequados de abate para suínos é uma questão complexa que incluía biologia do suíno e a economia da empresa. Como as questões econômicas variam muito ao longo do tempo, entre produtores e entre mercados, não serão abordadas neste artigo.

Do ponto de vista biológico, determinar os pesos de abate adequados demanda uma compreensão dos padrões de crescimento do suíno. Fatores primários a serem considerados são os tipos genéticos, dieta e sexo. Também é possível que haja interações entre estes fatores.

Presume-se que as populações possam ser definidas por seu padrão de crescimento. Como definido neste contexto, uma população é um grupo genético determinado de um determinado sexo recebendo uma dieta definida. No entanto, o crescimento é um processo biológico complexo. Deve ser considerado a partir de dois aspectos: 1) aumento da massa corporal ao longo do tempo e 2) alterações na composição corporal à medida que a massa corporal aumenta. Como este artigo é a respeito de pesos de abate ideais, apenas as fases de crescimento e terminação do ciclo vital serão consideradas.

Robison (1976) apresentou um artigo sobre padrões de crescimento em suínos no qual foram resumidos vários estudos sobre crescimento. As conclusões gerais daquele artigo foram que os aumentos pós-desmame na massa corporal eram lineares, ou quase, até pelo menos 130 kg. Mais recentemente, Robison (2000) publicou resultados de um amplo estudo conduzido pelo Conselho Nacional de Produtores de Suínos (NPPC) dos EUA. Um total de 1588 animais foi incluído no estudo. Seis tipos genéticos, quatro dietas e dois sexos foram representados em um desenho fatorial. Os animais foram pesados, e a espessura de toucinho e a área de lombo foram estimados em intervalos de duas semanas. Pesos de abate de 113,6; 131,8 e 150 kg foram designados ao acaso aos animais. Os pesos reais de abate foram 116,4; 132,7 e 145 kg. A taxa de crescimento variou muito entre as diferentes subclasses. Entre os tipos genéticos, o GMD variou de 0,712 a 0,798 kg/dia (Tabela 1). Não houve interações significativas entre os efeitos principais. A regressão linear dentro de tipo genético foi responsável por 98% da variância em aumento de massa corporal. Acrescentar um termo quadrático à regressão foi responsável por apenas 0,5% da variância. Portanto, pode se supor que aumentos na massa corporal ocorrem de forma linear ao longo do tempo. Obviamente, a quantidade de aumento difere entre tipos genéticos. Outros GMD=s para animais abatidos nos três pesos de abate foram muito semelhantes (0,767; 0,767 e 0,762 kg/dia, respectivamente). Assim, o peso ao abate teve pouco ou nenhum impacto no GMD ao longo da vida. Não houve indicação de mudanças na deposição de massa corporal ao longo do tempo. Decisões de pesos ótimos de abate devem ser baseadas em considerações outras que não a taxa de deposição de massa corporal.

As mudanças na composição da massa corporal à medida que esta aumenta poderiam ser consideradas ao determinar pesos ideais de abate. Robison (1976) abordou esta questão depois de revisar vários estudos a respeito de alterações da composição à medida que a massa corporal aumenta. As conclusões daquele artigo indicam que aumentos na espessura de toucinho, e na deposição de músculo e gordura na carcaça estavam quase que linearmente associadas com aumentos da massa corporal. Resultados recentes do estudo da NPPC (Robison et al., 2000) tendem a validar estas conclusões. Embora houvesse grandes diferenças entre grupos genéticos em taxas de deposição de espessura de toucinho e área de lombo (Tabela 1), as regressões dentro de grupo para deposição de espessura de toucinho e área de lombo em massa corporal foram lineares. A regressão linear foi responsável por mais de 94% da variância, enquanto que acrescentar um termo quadrático explicou apenas mais 2%. Assim, este estudo sustenta as conclusões que, dentro de um grupo genético, a espessura de toucinho e de área de lombo são depositadas a uma taxa linear de massa corporal.

**Tabela 1** — <sup>1</sup>Taxas de mudança de peso corporal espessura de toucinho e área do músculo longissimus (LMA) por tipo genético

Tipo genético	ADG,kg	BF <sup>a</sup> , mm	LMA,cm <sup>2</sup>
A	.744	.248	.206
B	.726	.158	.282
C	.753	.153	.250
D	.798	.187	.236
E	.721	.152	.247
F	.712	.182	.254
SE	".009	".006	".007

<sup>a</sup> taxas de mudança de espessura de toucinho e LMA por kg de peso corporal

<sup>1</sup> Robison, O.W. et al. 1999. Effects of Genetic Type and Protein Levels on Growth of Swine. <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0941>.

Mais evidências são apresentadas na Tabela 2. Médias para espessura de toucinho e área de lombo para os três pesos de abate são apresentadas. Os aumentos em aumento destes parâmetros com base em kg foram praticamente os mesmos, entre 116,4 e 132,7 kg e entre 132,7 e 145 kg. Estas medidas de carcaça sustentam as primeiras conclusões baseadas em medições em animais vivos de que tanto a espessura de toucinho como a área de lombo aumentam linearmente à medida que a massa corporal aumenta.

Existem poucos bons dados disponíveis a respeito de alterações na conversão alimentar à medida que a massa corporal aumenta. Robison e Berruecos (1973) forneceram alguns dados. A partir deste trabalho, se pode concluir que a conversão alimentar aumenta a taxa de 0,015 unidades por unidade de aumento na massa corporal. Assim, para os pesos de abate do estudo do NPPC, se poderia esperar



**Tabela 2** — <sup>1</sup> Taxas de mudança de peso corporal  
espessura de toucinho e área do  
músculo longissimus (LMA) por grupo  
de peso de abate

Peso de abate	ADG,kg	BF <sup>a</sup> , mm	LMA <sup>a</sup> , cm
116.4	.767	.154	.240
132.7	.767	.192	.243
145	.762	.193	.254
s.e.		".004	".005

<sup>a</sup> taxas de mudança de espessura de toucinho e LMA por kg de peso corporal

<sup>1</sup> Robison, O.W. et al. 1999. Effects of Genetic Type and Protein Levels on Growth of Swine. <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0941>.

um aumento de 0,2 na conversão alimentar entre dois pesos de abate. Espera-se que pesos de abate mais altos resultem em maiores custos de ração.

Como a massa corporal aumenta linearmente ao longo do tempo, quando a taxa de aumento é conhecida, se pode predizer a idade em qualquer peso de abate. Da mesma forma, depois de determinar a taxa de deposição de espessura de toucinho e de área de lombo, se pode predizer a composição corporal em qualquer peso de abate. Obviamente, estas taxas são variam entre diferentes grupos genéticos e sexos. Assim, deve-se determinar as taxas apropriadas em cada situação. Do ponto de vista biológico, se podem tomar decisões a partir daí.

No entanto, pesos adequados de abate também dependem de considerações econômicas. Os custos de ração, gastos gerais e valores de mercado devem ser considerados. Assim, não se pode recomendar um peso geral de abate. Os pesos ótimos de abate variam entre produtores, mercados e custos de ração.

## Referências Bibliográficas

- ROBISON, O. W. 1974. Feed efficiency in swine. II. Prediction of efficiency and genetic correlations with carcass traits. *J. Anim.* 37:650-657.
- ROBISON, O. W. 1976. Growth patterns in swine. *J. Anim. Sci.* 42:1024-1035
- ROBISON, O. W., L. L. CHRISTIAN, R. GOODWIN, R. K. JOHNSON, J. W. MABRY, R. K. MILLER, and M. D. TOKACH. 1999. Effects of genetic type and protein levels on growth of swine. <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0941>.

# **AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE TECIDO MAGRO E GORDURA EM SELEÇÃO DE SUÍNOS: O USO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA PARA MEDIR A DEPOSIÇÃO DE TECIDO MAGRO E GORDURA EM SUÍNOS VIVOS**

Kari Kolstad

Department of Animal Science  
Agricultural University of Norway  
P.O. Box: 5025 N-1432  
As, Norway  
e-mail:kari.kolstad@ihf.nlh.no

## **1 Introdução**

A produção eficiente de carne suína é melhor obtida por uma combinação de rápido crescimento magro e baixa deposição de gordura. A produção eficiente de carne de boa qualidade pode ser obtida reduzindo a quantidade total de gordura, enquanto que depósitos de gordura importantes para a qualidade de carne são mantidos em níveis ótimos. Sabe-se que raças de suínos tem diferentes quantidades e distribuição de gordura (Wood e Cameron, 1994; Kolstad et al., 1996; Schinckel et al., 1996). Também há variação genética dentro de raças (De Vries e Van der Wal, 1993; Schwörer et al., 1999).

A existência de variação genérica na eficiência alimentar é confirmada pela alteração desta característica ao longo dos anos de seleção intensiva. No entanto, a maior parte da mudança se deve ao aumento da taxa de crescimento e a menores quantidades de gordura (Cameron e Curran, 1994). Também há variação genética na eficiência alimentar, independente da quantidade de produto e da composição do produto (Luiting, 1991; Kolstad and Vangen, 1996). Esta variação provavelmente é causada pela variação genética dos componentes das exigências de manutenção.

O teor de tecido magro na carcaça e a eficiência de crescimento magro estão incluídos nas metas de seleção da maioria das raças européias (Webb e Curran, 1986; Webb, 1989). Na produção comercial de carne suína, a eficiência alimentar freqüentemente é expressa em base ao peso vivo, isto é, kg de ganho de peso vivo por kg de ração consumida. Como indicado por Webster (1985), a relação entre o ganho de peso vivo e a retenção de energia é determinada pela composição do ganho, i.e., as proporções de proteína, gordura, água e cinzas, onde a água e as cinzas têm teor de energia zero. Durante o crescimento irrestrito, a proporção de gordura no corpo aumenta à medida que o animal se aproxima da maturidade, levando a um aumento do teor de energia no ganho de peso vivo. Isto leva a mudanças na eficiência alimentar e a diferenças nesta eficiência entre animais em diferentes graus de maturidade. Por isso, é importante fornecer expressões de eficiência baseadas em medidas diretas,

i.e., medidas da produção de carne magra, além do peso corporal. O consumo de ração relacionado ao crescimento de toda a carcaça ou ao crescimento magro da carcaça, é uma expressão de eficiência biológica. Estas expressões têm interesse econômico porque o produto primário de grande parte da suinocultura é a carne suína.

## **2 Formas de medir a deposição de tecido magro e de gordura em suínos vivos**

Para fornecer maior conhecimento sobre características relacionadas ao crescimento e eficiência biológica com o objetivo de melhorar estas características, são necessários estudos detalhados da composição corporal. A maior parte do conhecimento existente é fornecida principalmente por estudos que incluem experimentos de abate, de câmara respiratória (ARC, 1981; Kyriazakis et al., 1995; Weatherup et al., 1998), ou uso de ultrassom, com capacidade limitada de quantificar o crescimento de tecidos, mas potentes como critérios de seleção para crescimento eficiente de tecido magro (Cameron e Curran, 1994). No entanto, estes métodos não oferecem a possibilidade de medir repetida e detalhadamente a composição corporal para descrever o crescimento e a eficiência de indivíduos.

Experimentos de abate em série, onde um certo número de animais dentro de cada grupo é abatido com peso vivo específico, pressupõem um alto grau de semelhança entre os animais dentro de grupos e não expressa a variação dentro do grupo para características relacionadas a componentes corporais.

Os resultados de Kolstad et al. (2001) mostram a existência de variação nos pesos de componentes corporais dentro de grupos de suínos.

Assim, medidas não-invasivas de composição corporal detalhada em tais estudos vão aumentar a precisão das estimativas e fornecer expressões de variações dentro de grupo na eficiência de deposição de tecido magro, e da eficiência energética. As medidas de espessura de toucinho de toucinhos podem ser feitas repetidamente, mas fornecem poucos detalhes sobre a composição corporal. MRI e tomografia computadorizada são dois métodos usados para obter isto. O uso de MRI foi descrito por Baulain, 1997. A tomografia computadorizada será considerada a seguir.

## **3 Tomografia Computadorizada**

A tomografia computadorizada (CT) pode ser usada para medições precisas e não-invasivas de componentes corporais e distribuição de gordura em animais vivos (Vangen e Thompson, 1992; Afonso, 1992; Kolstad e Vangen, 1996; Kolstad et al., 1996; Szabo et al., 1999). O crescimento de tecidos pode ser estudado a curto e a longo prazo por medições repetidas da composição corporal. Combinada com o registro do consumo individual de ração, a eficiência biológica pode ser medida com alta precisão. Os primeiros estudos baseados em observações por CT em diferentes raças de suínos por Luiting et al. (1995), Kolstad e Vangen (1996) e Kolstad et al. (1996) comprovaram diferenças raciais nas exigências de manutenção, e na distribuição e mobilização de gordura de suínos.

**Tabela 1** — Desvios-padrão (DP) das médias para teores de crescimento de tecido magro, gordura e vísceras a quatro pesos corporais e consumos de ração em três períodos de peso corporal de 25 a 105 kg de peso corporal em três grupos genéticos Landrace, Duroc e LLP (raça antiga) baseados em medições repetidas em cada animal.

Peso Corporal (kg)	Teor de tecido magro na carcaça (kg)					
	Landrace		Duroc		LLP	
	Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
25	10.77 <sup>a</sup>	(1.34)	9.84 <sup>b</sup>	(1.46)	10.15 <sup>ab</sup>	(1.57)
50	22.78 <sup>a</sup>	(1.66)	21.10 <sup>b</sup>	(1.98)	20.07 <sup>c</sup>	(1.80)
85	40.85 <sup>a</sup>	(2.50)	36.36 <sup>b</sup>	(2.37)	34.15 <sup>c</sup>	(2.85)
105	49.77 <sup>a</sup>	(3.11)	46.14 <sup>b</sup>	(2.39)	40.48 <sup>c</sup>	(3.54)
	Gordura Total(kg)					
25	3.24 <sup>a</sup>	(0.81)	3.28 <sup>a</sup>	(0.98)	4.22 <sup>b</sup>	(1.09)
50	6.76 <sup>a</sup>	(1.03)	7.29 <sup>b</sup>	(1.14)	8.82 <sup>c</sup>	(1.29)
85	14.69 <sup>a</sup>	(2.08)	15.92 <sup>b</sup>	(2.12)	21.15 <sup>c</sup>	(3.03)
105	19.87 <sup>a</sup>	(2.92)	22.36 <sup>b</sup>	(3.25)	28.91 <sup>c</sup>	(3.67)
	Componentes viscerais não-gordurosos(kg)					
25	4.33	(0.84)	4.07	(0.84)	4.09	(0.62)
50	8.80 <sup>a</sup>	(1.22)	8.40 <sup>b</sup>	(1.02)	7.90 <sup>b</sup>	(0.92)
85	11.84 <sup>a</sup>	(1.78)	11.49 <sup>ab</sup>	(1.40)	11.10 <sup>b</sup>	(1.11)
105	13.44 <sup>a</sup>	(1.92)	13.21 <sup>ab</sup>	(1.71)	12.67 <sup>b</sup>	(2.62)

<sup>a,b,c</sup> Letras diferentes indicam diferenças significativas entre grupos genéticos dentro de uma característica e peso corporal.

Em suínos, a CT tem sido usada em pesquisas por mais de 20 anos (Vangen, 1988; Kolstad e Vangen, 1996; Szabo et al., 1999; Kolstad, 2000). recentemente, foi usada para estudar o desempenho e a deposição de gordura em suínos, onde os animais foram escaneados repetidamente cinco vezes, dos 10 aos 105 kg de peso vivo (Kolstad, 2000). Para minimizar os artefatos nas imagens da CT por movimentação dos animais, estes devem ser anestesiados para serem imobilizados. Uma série de imagens transversais são coletadas por todo o corpo do animal. Para objetivos de pesquisa, foram feitas várias imagens, com uma distância constante entre elas ao longo do corpo. Foi feito um total de 20 a 25 imagens em cada animal, dependendo do comprimento do corpo. As imagens também podem ser feitas em alguns locais anatômicos definidos e aplicadas a um número maior de animais (Young et al., 1999).

Foi desenvolvido um software para o manuseio das imagens. O principal objetivo do manuseio de imagens é quantificar áreas de tecido em cada imagem e a sua densidade. A partir de 1992, o programa de computador para análise de imagens de CT chamado CATMAN (Thompson e Kinghorn, 1992) tem sido usado para quantificar áreas de gordura, músculo, de componentes viscerais não-gordurosos (NFVC) e ossos em cada imagem, assim como depósitos dentro dos tecidos. Estes componentes podem ser facilmente reconhecidos na imagem pois têm uma atenuação de raio-X parcialmente diferentes, que estão relacionados com a densidade, e podem ser registrados com alta precisão ( $R^2 = 0,85-0,95$ ) (Vangen, 1988; Afonso, 1992; Jopson et al., 1995; Young et al., 1996; Szabo et al., 1999). Nos últimos anos, tem sido usada uma quantificação mais automatizada dos tecidos, utilizando as diferenças em densidade entre grupos de tecidos (Jopson et al., 1995). Para diferenciar tecidos de densidades semelhantes e entre depósitos de um tecido, a quantificação automática de tecidos deve ser combinada com programas de manuseio de imagens. Para quantificar o volume total e o peso de um tecido em um animal, as imagens devem ser tomadas a distâncias fixas (5 cm em suínos de 60 kg, 4 cm em suínos menores). O peso total de cada depósito e componente tecidual pode então ser estimado a partir do volume total e da densidade. O volume total é determinado usando o *princípio de Cavalieri*, multiplicando a soma das áreas de todas as imagens pela distância entre cada imagem, pressupondo uma amostragem ao acaso de seções paralelas deparadas por uma distância conhecida (Gundersen et al., 1988). A densidade média é determinada a partir de uma função relacionando o valor da unidade Hounsfield a uma densidade tecidual (Fullerton, 1980):

$$\text{Densidade tecidual} = 1,0062 + (\text{valor da unidade Hounsfield média tecidual} \times 0,00601)$$

## **4 Uso de CT em programas de seleção para melhorar a deposição de tecido magro e a qualidade de carne suína**

O ultrassom é o método usado com maior frequência em programas de seleção para alterar a deposição de tecido magro e de gordura. Tem a vantagem de ser móvel e de não exigir muitos recursos para ser usados, e muitos animais podem ser medidos. O equipamento CT demanda mais recursos, mas é mais potente e fornece medidas mais

precisas da composição corporal. Em programas de seleção baseados em unidades centrais de reprodutores, como as de suínos, a CT poderia ser incluída na avaliação genética de cachaaos. Como a CT não é invasiva, os cachaaos podem ser facilmente escaneados para obter um valor de seleção mais preciso para características de composição corporal, como teor e distribuição de gordura e de tecido magro. Isto seria uma forma mais eficiente de melhorar a eficiência e características de qualidade relacionadas à distribuição de gordura. Em ovinos, o uso de CT em programas de seleção de carneiro terminal trouxe benefícios econômicos (Jopson et al., 1996). O número de imagens que pode ser feito pode se limitar a apenas 4, e ainda obter uma precisão aceitável ( $R^2=0,93$ ) (Young et al., 1996).

## 5 Referência Bibliográficas

- AFONSO, J. J. M., 1992. Factors affecting growth and body composition in sheep. PhD thesis, University of New England, Armidale, Australia, 253 pp.
- ARC, 1981. The nutrient requirements of pigs. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, 307 pp.
- CAMERON, N. D. and CURRAN, M. K., 1994. Selection for components of efficient lean growth rate in pigs 2. Selection pressure applied and direct response in a Landrace herd. *Animal Production* 59: 263-269.
- de VRIES, A. G. and van der WAL, P. G., 1993. Breeding for pork quality. In: Poulanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunene, M. and Ellis, S. (Eds.), *Pork quality: Genetic and metabolic factors*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 58-72.
- FULLERTON, G. D., 1980. Fundamentals of CT tissue characterisation. In *Medical Physics of CT and ultrasound: Tissue imaging and characterisation*. Medical Physics Monograph No. 6. (ed. G.D. Fullerton and J.A. Zagzebski), pp. 125-162.
- GUNDERSEN, H. J.G., BENTSEN, T. F., KORBO, L., MARCUSSEN, N., MØLLER, A., NIELSEN, K., NYENGAARD, J. R., PARKENBERG, B., SØRENSEN, F. B., VESTERBY, A. and WEST, M. J., 1988. Some new, simple and efficient stereological methods and their use in pathological research and diagnosis. *APMIS* 96: 379-394.
- JOPSON, N. B., KOLSTAD, K., SEHESTED, E. and VANGEN, O. 1995. Computer tomography as an accurate and cost effective alternative to carcass dissection. *Proceedings of the Australian Association of Animal Breeding and Genetics* 11: 635-638.
- KOLSTAD, K., 2001. Fat deposition and distribution measured by computer tomography in three genetic groups of pigs. *Livestock Production Science* 1: 281-292.
- KOLSTAD, K., BRENØE, U. T. and VANGE, O., 2001. Feed efficiency in three genetic groups of pigs measured on the basis of body components measured by CT. *Submittet*.
- KOLSTAD, K., JOPSEN, N. B. and VANGEN, O., 1996. Breed and sex differences in fat distribution and mobilisation in growing pigs fed at maintenance. *Livest. Prod. Sci.*, 47, 33-41.
- KOLSTAD, K. and VANGEN, O., 1996. Genetic differences in maintenance efficiency when accounting for changes in body composition. *Livestock Production Science* 47: 23-32.

- KYRIAZAKIS, I., EMMANS, G. C. and ANDERSON, D. H., 1995. Do breeds differ in the efficiency with which they use a limiting protein supply. *British Journal of Nutrition* 74 (2): 183-195.
- LUITING, P., 1991. The value of feed consumption data for breeding in laying hens. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 183 pp.
- LUITING, P., KOLSTAD, K., ENTING, H. and VANGEN, O., 1995. Breed comparison of body composition in pigs fed at maintenance. *Livest. Prod. Sci.*, 43, 225-234.
- SZABO, C., BABINSZKY, L., VERSTEGEN, M. W. A., VANGEN, O., JANSMAN, A. J. M. and KANIS, E., 1999. The application of digital imaging techniques in the in vivo estimation of the body composition of pigs: a review. *Livest. Prod. Sci.* 60:1-11.
- SCHINCKEL, A. P. and de LANGE, C. F. M., 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *Journal of Animal Science* 74: 2021-2036.
- SCHWÖRER, D., HOFER, A., LOREN, D and REBSAMEN, A., 1999. Selection progress of intramuscular fat in Swiss pig production. 50th Meeting of the European Association for Animal production, Commission on Pig Production, Session 4, Zürich, Switzerland.
- THOMPSON, J. M. and KINGHORN, B. P., 1992. CATMAN - A program to measure CAT-Scans for prediction of body components in live animals. *Austr. Ass. of Animal Breeding and Genetics. Proc. of the 10th Conf.*, Rockhampton, Australia.
- VANGEN, O. and THOMPSON, J., 1992. The use of CAT-scanning to measure maintenance efficiency in genetic lines of sheep. 43rd Meeting of the European Association for Animal Production , Commission on Sheep and Goat Production, Session 5, Madrid, Spain.
- WEATHERUP, R. N., BEATTIE, V. E., MOSS, B. W., KILPATRICK, D. J. and WALKER, N., 1998. The effect of increasing slaughter weight on the production performance and meat quality of finishing pigs. *Animal Science* 67: 591-600.
- WEBB, 1989. Genetics of feed intake in the pigs. In *The voluntary feed intake of pig. Occas. Publ. No. 13*, p 41. *Br. Soc. Animal Prod.*, Edinburgh, Scotland.
- WEBSTER, A. J. F., 1985. Differences in the energetic efficiency of animal growth. In *Current concepts of animal growth, Volume 1. Journal of Animal Science* 61(Suppl.2): 92-103.
- WOOD, J. D. and CAMERON, N. D., 1994. Genetics of quality in pigs. *Proc. of the 5th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Session 27*, Guelph, Canada, 458-464 pp.
- YOUNG, M. J., NSOSO, S. J., LOGAN, C. M.. and BEATSON, P. R., 1996. Prediction of carcass tissue weight in vivo using live weight, ultrasound or X-ray CT measurements. *Proceedings of the New Zealand Soc. Anim. Prod.* Vol. 56.
- YOUNG, M. J., LBOULANGER, A., Mclean. J., FRASER, J., CONINGTON, J. and SIMM, J., 1999. Assessment of energy status in hill sheep using computer tomography. In: *Proc. British Soc. Anim. Sci.* ISBN 0-906562-30-9.

## EFEITOS DO PESO DE ABATE SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA E DA GORDURA

Mike Ellis\*<sup>1</sup>, PhD

Teresinha M. Bertol<sup>12</sup>, M.Sc.

<sup>1</sup>University of Illinois at Urbana-Champaign  
1207 W. Gregory Dr., Urbana, IL 61801, USA

<sup>2</sup>Embrapa Suínos e Aves, SC, Brasil and CNPq, Brasil

\*Corresponding author: 216 ASL, 1207 W. Gregory Dr., Urbana, IL 61801, USA

Phone: (217) 333-6455, Fax: (217) 333-7861

e-mail: m-ellis7@uiuc.edu

### Resumo

O peso no qual os suínos são abatidos varia consideravelmente entre países, variando entre aproximadamente 60 e 160kg de peso vivo, mas um peso típico de abate em muitos países é entre 100 e 120kg. É reconhecido que há potenciais vantagens econômicas para maiores pesos de abate, principalmente resultantes da diluição dos custos gerais de produção, abate e processamento sobre um maior peso de produto comercializável. Conseqüentemente, o peso vivo ao abate tem aumentado nos últimos anos em muitos países, com uma taxa de aumento nos EUA, por exemplo, de 0,5 a 1 kg por ano.

Um potencial desvantagem de levar os suínos a pesos de abate maiores é o aumento do teor de gordura na carcaça e redução da eficiência alimentar que ocorre que os animais ficam mais pesados. No entanto, o desenvolvimento de linhagens genéticas magras, de crescimento rápido e mais eficiente combinado com a adoção de novas tecnologias, como os modificadores de carcaça (p. ex., somatotropina suína e ractopamina), resultou no aumento de peso ao abate, sem prejuízo do teor de tecido magro na carcaça e da eficiência alimentar. Na realidade, há uma forte discussão em relação ao aumento do peso de abate à medida que aumenta o teor de tecido magro na carcaça para capturar este maior potencial de produzir carne magra de forma eficiente. A qualidade de carne suína é um assunto de interesse e preocupação cada vez maior na suinocultura mundial e é importante entender quaisquer mudanças nos componentes de qualidade com o aumento dos pesos ao abate por causa dos potenciais impactos sobre a aceitabilidade dos produtos finais pelos consumidores. O enfoque deste artigo é revisar as informações disponíveis sobre as alterações nas características de qualidade, como cor do músculo, capacidade de retenção de água e palatabilidade que resultam do aumento da idade/peso de suínos ao abate e, além disso, identificar alterações na composição química do músculo e da gordura com o peso que podem ter implicações na qualidade.

**Palavras Chaves:** Gordura, Suínos, Carne Suína, Qualidade, Peso de Abate



# 1 Discussão

## 1.1 Composição química

A composição do músculo muda drasticamente com o aumento da idade/peso dos suínos. Os teores de lipídio e de matéria seca são os componentes mais afetados e geralmente são altamente correlacionados um com o outro (Aziz e Ball, 1995). O teor de lipídios do músculo sem gordura intramuscular e subcutânea geralmente é determinado quimicamente e inclui a gordura depositada dentro do músculo (marmoreio) e os fosfolipídios associados com as membranas celulares. Alterações nos teores de lipídio e da matéria seca musculares podem ter importantes efeitos sobre a palatabilidade da carne, pois a suculência da carne está associada à umidade e ao teor de gordura intramuscular. Quando a carne é mastigada, a primeira impressão de suculência está relacionada à liberação e umidade e a impressão sustentada, à gordura intramuscular. A gordura intramuscular também pode afetar o sabor da carne.

Há fortes correlações genéticas e fenotípicas positivas entre os níveis de gordura em vários depósitos corporais e, conseqüentemente, as melhoras significativas em teor de tecido magro na carcaça obtidas nos últimos anos em suínos foram acompanhadas de uma redução substancial no teor de lipídio muscular. Em um extremo, as linhagens magras modernas têm 0,5% de lipídio em músculos como o longissimus dorsi em comparação a níveis de 5% ou mais nas raças e linhagens tradicionais. Isto trouxe preocupações de que houvesse uma redução correlacionada na palatabilidade, associada com a seleção para maior teor de tecido magro na carcaça. No entanto, há uma evidência de uma associação positiva entre os níveis de gordura intramuscular e palatabilidade da carne suína quando raças são comparadas (Bejerholm e Barton-Gade, 1986) ou a partir de estudos que usaram amostras de genótipos mistos (DeVol et al., 1988), onde vários outros fatores foram confundidos com níveis de lipídios musculares. As comparações dentro de raças demonstraram uma correlação muito menor entre teor de lipídios musculares e palatabilidade (Witte, 1999).

Normalmente, a deposição de lipídios tende a aumentar à medida que o peso aumenta (Friesen et al., 1995), e, portanto, a proporção de lipídios no músculo tende a aumentar, enquanto que a umidade e a proporção de proteína diminuem com aumentos de peso ao abate (Knudson et al., 1985; Essien, 1988; Aziz e Ball; 1995, Cisneros et al., 1996). No entanto, uma série de relatos encontrou pouca ou nenhuma alteração no lipídio muscular com aumento do peso vivo em um certo intervalo cobrindo os pesos convencionais ao abate. Por exemplo, não foi observada alteração da gordura intramuscular com peso vivo nos estudos de Hill e O'Carroll (1962) entre 93 e 129 kg e Schimitten et al. (1986) entre 80 e 120 kg. Knudson et al. (1985) demonstraram, de fato, uma redução no lipídio muscular de machos inteiros com pesos entre 105 e 145 kg, o que provavelmente estava associado com o fato dos animais terem atingido a maturidade sexual.

Diferenças entre estudos na magnitude das alterações do lipídio muscular com o peso vivo provavelmente refletem diferenças em fatores como raça/linhagem (potencial para crescimento magro), sexo, dietas fornecidas, regime alimentar, músculos avaliados e a amplitude de pesos usada, alguns dos quais variaram muito

entre estudos (Tabelas 1 e 2). Por exemplo, foi demonstrado que os níveis de gordura intramuscular variam drasticamente dependendo da dieta (Witte, 1999). Além disso, há dados limitados na literatura quanto a diferenças genéticas nas taxas de aumento da gordura intramuscular com o peso vivo. No entanto, as taxas de aumento da gordura corporal total com o peso são dependentes do genótipo e parece provável que os níveis de gordura intramuscular seguem o mesmo padrão. Em um estudo, foi demonstrado que os níveis de gordura intramuscular aumentam em taxas diferentes em animais Halotano normais (NN), portadores (Nn) e reatores (nn), enquanto que o teor de umidade diminui na mesma taxa, independente do genótipo (Tabela 1, Sather et al., 1991). Assim, em pesos menores, o teor de gordura intramuscular foi maior em portadores do que em reatores, mas acima dos 85 kg de peso vivo, estes dois genótipos tiveram o mesmo teor de lipídio muscular. Em contraste, os suínos Halotano normais tiveram maior teor de gordura intramuscular do que os outros genótipos na amplitude de pesos avaliada (65 a 105 kg), mas apresentaram pouca ou nenhuma mudança com o aumento do peso vivo (Sather et al., 1991). Entretanto, Leach et al. (1996) não encontraram diferença entre suínos portadores e negativos para Halotano nas taxas de alteração de teor de lipídio muscular e de matéria seca entre 104 e 110 kg de peso vivo.

**Tabela 1** — Mudança percentual na composição química da carne magra com o peso e a idade. Adaptado de diferentes autores

Idade/Peso	Sexo	Umidade	Extrato etéreo	Proteína	Amostra	Autor
Nasc. - 504 d	C/MC/MA	-	+ 66.8	-	BF, ST, SM	Essien (1988)
104 - 136 kg	MA	-	+ 18.4	-	LD	Friesen et al. (1995)
73 - 279 kg <sup>1</sup>	M	- 5.1	+ 57.1	-	Magro dessecado	Aziz and Ball (1995)
80 - 120 kg	MC/MA	- 1.1	0.0	+ 1.8	LD	Schmitt et al. (1986)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	-0.81	-25.94	-	LD	Sather et al. (1991)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	-1.22	-0.47	-	LD	Sather et al. (1991)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	-1.34	-11.48	-	LD	Sather et al. (1991)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	-1.6	+50.59	-	LD	Sather et al. (1991)

<sup>1</sup> Peso da Carcaça

<sup>2</sup> Yorkshire (genótipo NN), Lacombe (genótipo NN), XBD (Nn), e HSL (nn), respectivamente

C= Cachaços, MC= Machos castrados, MA= Marrãs, M= Matrizes, BF= biceps femoris, ST= semitendinosus, SM= semimembranosus, LD= longissimus dorsi

**Tabela 2** — Regressão linear de algumas características de composição da carne sobre o peso ao abate (por kg)

Peso	Sexo	Umidade, %		Extrato Etéreo, %		Amostra	Autor
		Inclin.	Sinal <sup>1</sup>	Inclin.	Sinal <sup>1</sup>		
110 - 140 kg	G	-0.021	L	-	-	LLT	Leach et al. (1996)
110 - 140 kg	B	0.013	L	-	-	LLT	Leach et al. (1996)
110 - 140 kg	G/B	-	-	0.014	NS	LLT	Leach et al. (1996)
100 - 160 kg	G/B	0.035	L	0.027	L	LLT	Cisneros et al. (1996)

<sup>LLT</sup> longissimus lumborum et thoracis

<sup>1</sup> L= Efeito Linear (P<0.05), NS= não significativo

Esperaria-se que o teor de proteína do músculo diminuísse em pesos maiores por causa dos aumentos proporcionais da gordura intramuscular, e estudos como

o de Fortin (1982), que foi conduzido com machos castrados e fêmeas entre 85 e 112 kg de peso vivo, sustentariam este conceito. No entanto, assim como dados relacionados ao teor de lipídio muscular, os dados relatados de vários estudos são inconsistentes em termos de alterações do teor de proteína muscular com peso, sendo que vários estudos mostram pouca alteração (Aziz e Ball, 1995; Hill e O'Carroll, 1962; Knudson et al., 1985), e há um relato de aumento do teor de proteína muscular do longissimus dorsi à medida que o peso de abate aumentou de 80 para 120 kg e peso vivo (Schmiten et al., 1986). Como com a gordura intramuscular, alterações na proteína muscular com o peso vivo apresentadas em certos estudos, provavelmente se devem a fatores como genótipo, sexo, amplitude de pesos, músculos amostrados, dietas e regime alimentar.

O teor médio de colesterol no longissimus dorsi de suínos alimentados com seis níveis diferentes de lisina foram e 1 mg/g a 104 e 136 kg de peso vivo, respectivamente (Friesen et al., 1995). Isto indica que os teores de colesterol não variam muito com o peso, pelo menos nas amplitudes usuais comerciais de peso. Um aumento no teor de colesterol com a idade poderia ser preocupante para a saúde humana, devido à relação proposta deste composto com um aumento no risco da ocorrência de doenças coronarianas.

Assim como a composição química, há mudanças estruturais que ocorrem com o aumento da idade e do peso que têm implicações na qualidade, especialmente na palatabilidade. Um exemplo disso está relacionado com alterações no teor e na estrutura do tecido conjuntivo dentro do músculo, que mudam com o aumento do peso. A maciez está associada com a extensão e a natureza das ligações cruzadas dentro do tecido conjuntivo no músculo e estes fatores mudam à medida que o animal amadurece (Lawrie, 1998). Como consequência, se espera que a maciez da carne suína diminua em animais mais pesados. No entanto, há poucos dados na literatura a respeito de alterações do tecido conjuntivo relativos ao peso em suínos.

## 1.2 Cor do músculo e capacidade de retenção de água

Potencialmente, o peso de abate pode influenciar a cor do músculo e/ou a capacidade de retenção de água através de uma série de mecanismos. A cor da carne suína está, em parte, relacionada ao teor de pigmento no músculo, que foi demonstrado que aumenta com a idade e o peso em certas espécies, especialmente bovinos (Lawrie, 1998). Assim, se espera que a carne suína fique mais escura com aumento da idade e do peso. Entretanto, em suínos, há pouca evidência que o teor de pigmento muscular aumenta ao longo de amplitudes relativamente estreitas de idade e de peso em que os suínos são abatidos em relação a espécies como bovinos.

A condição PSE produz alterações na cor e na capacidade de retenção de água e há vários fatores que mudam com o peso do animal ao abate que poderiam resultar em um aumento da incidência do problema. A carne suína Pálida, Mole e Exsudativa (PSE) resulta de uma combinação de glicólise post-mortem rápida e precoce, com conseqüente queda do pH, combinada com temperaturas musculares relativamente altas. Em teoria, suínos mais pesados teriam maior tendência ao desenvolvimento desta condição por duas razões. Primeiro, as carcaças mais pesadas demoram mais a esfriar devido à maior razão volume:área de superfície. Este é um especial problema com músculos no interior do pernil que esfriam mais lentamente do que músculos

como o longissimus dorsi (O'Hene et al., 2001), e, conseqüentemente, têm maior tendência ao desenvolvimento de PSE. Além disso, há evidência de que o teor de glicogênio muscular pode ser maior em animais mais pesados (Swatland, 1975, citado por Aziz e Ball, 1995), o que aumentaria o potencial de glicólise post-mortem ou a uma queda de pH mais rápida ou extensa após o abate.

Um número limitado de estudos quantificou realmente alterações na incidência de PSE com o peso de abate. O aumento do peso de abate foi associado com aumento nos escores de PSE em machos castrados em um estudo (Tabela 3, Martin et al., 1980). No entanto, Sather et al. (1991) demonstraram que o aumento no escore de PSE com o peso foi mais evidente em suínos portadores de Halotano do que nos animais negativos para Halotano.

Uma série de estudos que investigou alterações no pH, cor e capacidade de retenção de água dos músculos com o peso está resumida nas Tabelas 3, 4 e 5. Este resumo não mostra padrão consistente de alterações na qualidade de carne suína com o peso e sugere que qualquer mudança é de baixa magnitude (Tabelas 4 e 5). Uma série de estudos mostra que a cor do músculo fica mais escura à medida que o peso de abate aumenta (Tabela 3, Aziz e Ball, 1995, Cisneros et al., 1996, Martin et al., 1980). A alteração na cor com a idade, observada por Aziz e Ball (1995), foi devida uma mudança no brilho do músculo. No entanto, Schmitt et al. (1986) e Albar et al. (1990) não observaram qualquer alteração na cor do longissimus dorsi com o aumento de peso ao abate de 80 para 120 kg e de 105 para 125 kg, respectivamente. Sather et al. (1991) verificaram que a cor da carne avaliada por métodos subjetivos e objetivos se tornou mais clara com o aumento da idade e peso em suínos portadores de Halotano, mas não nos negativos para Halotano, sugerindo que as alterações de qualidade relacionadas a peso podem variar com o genótipo. Em contraste, Leach et al. (1996) não encontraram interações entre genótipo para Halotano x peso ao abate para nenhuma característica de qualidade de carne suína, incluindo a cor.

**Tabela 3** — Correlações entre características de qualidade de carne e peso de abate (73 a 137 kg) de machos castrados e marrãs (adaptado de Martin et al., 1980)

Características	Coefficiente de correlação	Significancia <sup>1</sup>
Reflectância da cor	-0.49	L
Suco Expressível, %	-0.31	L
Escore PSE	0.21	L
Valor Resistência	0.08	NS
pH 1 h	-0.05	NS
Escore marmoreip	-0.02	NS

<sup>1</sup> L= Efeito Linear (P<0.05), NS= não significativo

Da mesma forma, foram relatados resultados variáveis para alterações do pH muscular post-mortem com o peso (Tabelas 4 e 5). O pH final foi reduzido à medida que o peso de abate aumentou de 100 para 160 kg (Cisneros et al., 1996), enquanto que pesos de abate entre 115 e 135 kg não tiveram efeito sobre o pH final no estudo de Albar et al. (1990). Vários autores não demonstraram efeito do peso ao abate sobre o pH do longissimus dorsi medido na primeira hora post-mortem (Martin et al., 1980;

**Tabela 4** — Alterações nas características de qualidade de carne por aumento de peso

Idade/peso	Sexo	PH 45 min	Ph 24 h	Cor	Perda água, kg/kg magro	Amostra	Autor
115 - 125 kg	MC	-	5.54-5.56	599-610 <sup>1</sup>		LD	Albar et al. (1990)
115 - 135 kg	MA	-	5.55-5.61	597-572 <sup>1</sup>		LD	Albar et al. (1990)
80 - 120 kg	MC/MA	5.87-5.79				LD	Schmitt et al. (1986)
80 - 120 kg	MC/MA						
	MC/MA	6.08-5.95	5.61-5.58			SM	Schmitt et al. (1986)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	6.23-6.28	5.59-5.53 <sup>3</sup>	49.4-50.9 <sup>4</sup>	27.8-29.8	LD	Sather et al. (1991)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	6.28-6.34	5.62-5.53	50.6-49.5	18.3-20.8	LD	Sather et al. (1991)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	6.00-5.98	5.63-5.39	49.8-55.9 <sup>4</sup>	23.5-44.4	LD	Sather et al. (1991)
65 - 105 kg <sup>2</sup>	MC/MA	5.60-5.73	5.50-5.54	54.3-56.9 <sup>4</sup>	33.4-38.4	LD	Sather et al. (1991)

<sup>1</sup> Reflectância

<sup>2</sup> Yorkshire (genótipo NN), Lacombe (genótipo NN), XBD (Nn), e HSL (nn), respectivamente

<sup>3</sup> pH 48-h,

<sup>4</sup> valor L\*

LD= longissimus dorsi, SM= semimembranosus

**Tabela 5** — Linear regression of some meat quality characteristics on slaughter weight (per kg)

Característica	Leach et al. (1996) - 110 a 140 kg		Cisneros et al. (1996) - 100 a 160 kg	
	Inclinação	Significância <sup>1</sup>	Inclinação	Significância <sup>1</sup>
pH 45 min	0.001	NS	-0.001	NS
pH 24 h	0.002	NS	-0.002	L
Minolta L*	-0.123	NS	-	-
Cor (subj.)	-0.10	NS	-0.006	L
Perda água, %	-0.35	NS	0.029	L
Suculência (subj.)	-0.002	NS	-0.006	NS
Força resistência, kg	0.024	L	-0.008	NS
Maciez (subj.)	-0.033	NS	-0.015	L
Sabor forte (subj.)	0.007	NS	0.003	NS

<sup>1</sup> L = Efeito Linear (P<0.05), NS= não significativo

Cisneros et al., 1996; Schmitt et al., 1986). Sather et al. (1991) não encontraram efeito do peso de abate sobre o pH aos 45 minutos em suínos portadores de Halotano, reprodutores para halotano e normais. No entanto, o pH às 48 horas post-mortem tendeu a diminuir com o peso de abate para animais portadores e normais, mas não nos reprodutores, embora todos os valores estivessem dentro da amplitude normal.

Qualquer diminuição na capacidade de retenção de água muscular é de grande preocupação para abatedouros e processadores porque resulta em aumento das perdas em todos os estágios desde o abate até o consumo (Gusse, 1996), além de reduzir a palatabilidade da carne. Cisneros et al. (1996) observaram um aumento na perda de água, enquanto Martin et al. (1980) observaram o oposto, à medida que o peso do abate aumentou (Tabelas 3 e 5). O teor de proteínas solúveis do longissimus dorsi diminuiu e a perda de água aumentou com a idade e peso em suínos portadores de Halotano, mas não nos normais (Sather et al., 1991). No entanto, Leach et al. (1996) não verificaram efeito do aumento de peso ao abate de 110 para 140 kg sobre o pH aos 45 minutos ou às 24 horas em animais portadores de Halotano ou em normais.

Reduções na solubilidade da proteína muscular e na capacidade de retenção de água e aumentos na palidez muscular geralmente são associados com alterações no pH inicial (45 minutos ou 1 hora post-mortem) e/ou com o pH final. Alterações no pH muscular com o aumento de peso são inconsistentes e relativamente baixas, e, portanto, não se surpreende que as alterações na cor do músculo e na capacidade de retenção de água também sejam limitadas. Parte das diferenças entre estudos em alterações da qualidade de carne suína com o peso de abate pode ser devida a uma série de fatores, incluindo a amplitude de pesos estudados e o genótipo dos animais.

### 1.3 Composição química do tecido adiposo

A taxa de crescimento de tecido adiposo geralmente aumenta com o peso a uma taxa determinada por vários fatores, como genótipo e sexo do animal, assim como programa nutricional usado. Em leitões, o teor de gordura corporal aumenta rapidamente, indo de menos de 2% ao nascimento para mais de 15% ao desmame (Whittemore, 1996). No período logo após o desmame, o teor de gordura corporal

diminui principalmente por causa da redução do consumo de ração e energia que segue o desmame (Bertol et al., 2000). Na fase de crescimento (aproximadamente 20-50 kg de peso vivo), o teor de gordura corporal tende a aumentar a uma taxa relativamente constante. No entanto, na fase de terminação, a taxa de acúmulo de gordura corporal aumenta com o peso (Whittemore, 1996). O ponto em que começa a rápida deposição de gordura geralmente é depois do pico de deposição de proteína, que ocorre entre 50 e 60 kg de peso vivo, dependendo do genótipo e do sexo do animal, assim como da nutrição anterior. Nas linhagens modernas de suínos, com alto potencial de crescimento magro, o crescimento do tecido adiposo é reduzido e o peso em que ocorre o crescimento rápido é mais tardio, como no caso de machos inteiros e fêmeas em comparação a machos castrados. Assim como na quantidade de gordura corporal, há várias mudanças no tecido adiposo com o peso que têm implicações sobre a qualidade de carne e que serão discutidos nesta seção.

Tem sido feitos diversos estudos para quantificar os efeitos dos depósitos de gordura, sexo, genótipo e regime alimentar sobre a composição da gordura da carcaça de suínos. Surpreendentemente, há relativamente poucos estudos que fazem uma avaliação detalhada das alterações da composição do tecido adiposo com a idade e o peso, e a maioria foi realizada há algum tempo atrás. Deve-se tomar cuidado ao interpretar estes dados históricos porque ocorreram grandes alterações genéticas em suínos nos últimos anos, especialmente quanto aos níveis de gordura na carcaça.

Um sumário destes estudos que verificaram alterações na composição do tecido adiposo com o peso é apresentado na Tabela 6. Uma série de estudos demonstrou que o teor de umidade do tecido adiposo tende a diminuir e o teor de lipídios tende a aumentar com o aumento do peso ao abate (Hill e O'Carroll, 1962; Metz et al., 1980; Fortin, 1982). Além disso, os teores de lipídio e de matéria seca variam com o sexo e com a localização no corpo. Por exemplo, foi observado que o teor de lipídios do tecido adiposo subcutâneo é maior no lombo que na barriga, e maior em machos do que em fêmeas (Hill e O'Carroll, 1962). O teor de matéria seca do tecido adiposo foi maior no toucinho (lombo e paleta), pernil e ao redor dos rins, do que no pescoço, na barriga e no mesentério (Metz et al., 1980). A composição do tecido adiposo também está relacionada ao regime alimentar. Por exemplo, foi demonstrado que a restrição alimentar reduz o teor de matéria seca da gordura (Metz et al., 1980). Também há evidência de que a percentagem de proteína no tecido adiposo diminui com a idade, mas não foi observada diferença entre sexos na percentagem de tecido adiposo na proteína ao mesmo peso de abate (Fortin, 1982).

Os teores de lipídio e de matéria seca do tecido adiposo não aumentam linearmente com a idade e com o peso. Foi observada uma maior taxa de aumento entre 30 e 60 kg em comparação a 60-110 kg de peso corporal vazio (Metz et al., 1980). Estes resultados sugerem que pequenos aumentos no peso ao abate dentro de amplitudes comerciais normais provavelmente não têm efeito sobre o teor de matéria seca e de lipídios do tecido adiposo.

Assim como mudanças na análise química, estudos também demonstram alterações no perfil de ácidos graxos com o aumento de peso. O aumento da síntese *de novo* com o aumento da deposição de gordura em suínos mais pesados resulta em um aumento na proporção de ácidos graxos saturados, como palmítico e esteárico, e numa diminuição na proporção de ácidos graxos insaturados, como linoleico (Nürnberg et al., 1998). O grau de saturação da gordura corporal também

**Tabela 6** — Percentagem de mudança na composição química da carne magra com a idade. Adaptado de diferentes autores

Idade/Peso	Sexo	Umidade	Extrato Etéreo	Proteína	Amostra	Autor
206 - 265 lb	MC/MA	-	+ 2.4	-	Tecido Adiposo subcutâneo	Hill and O'Carroll (1962)
30 - 110 kg	MA	- 18.5	-	-	Tecido Adiposo <sup>1</sup>	Metz and Dekker (1980)
85 - 112 kg	MC	- 13.7	+ 3.1	- 55.8	Gordura Aparável	Fortin (1982)
85 - 112 kg	MA	- 1.4	+ 1.9	- 64.4	Gordura Aparável	Fortin (1982)

<sup>1</sup> Média do toucinho interno e externo da paleta, toucinho interno do lombo, e pernil barriga centro-medial, peri-renal e mesentérico  
MC= machos castrados, MA= marrãs



é afetado pelo nível de gordura na carcaça, que por sua vez é uma função da origem genética, sexo e peso. Scott et al. (1981) observaram uma tendência para aumento do grau de saturação do tecido adiposo com a idade (de 3-6 meses) e com o potencial do animal para a obesidade. No entanto, Albar et al. (1990) não encontraram alteração significativa na composição de ácidos graxos do tecido adiposo de suínos de 125 kg em comparação aos de 115 kg, provavelmente pela estreita amplitude de pesos avaliada neste estudo. Por outro lado, Irie e Nishimura (1996) observaram um aumento nos ácidos graxos insaturados (C16:1 e C18:1) no tecido adiposo de suínos e uma diminuição dos saturados (C18:0) e uma redução concomitante no ponto de fusão com aumento da idade de 6 para 8 meses.

As possíveis razões apresentadas por Scott et al. (1981) para a maior saturação da gordura em suínos obesos foram a maior biossíntese *de novo* de ácidos graxos saturados, menor taxa lipolítica, esterificação preferencial de ácidos graxos saturados durante a biossíntese de triglicerídios e menor atividade da dessaturase. O aumento do grau de saturação de gordura com a idade pode ter efeitos positivos e negativos sobre a qualidade de carne e a saúde. Primeiro, as gorduras saturadas são menos susceptíveis à oxidação e ao desenvolvimento associado de rancidez e redução da validade do produto. Além disso, os ácidos graxos insaturados aumentam a maciez da gordura, que pode resultar em problemas durante o processamento das carcaças e da carne, especialmente em produtos que são moídos ou fatiados (p. ex., bacon). No entanto, diminuir o grau de insaturação da gordura tem implicações desfavoráveis para a saúde humana devido a associação negativa proposta entre gordura saturada e o risco de doenças cardíacas.

## 1.4 Palatabilidade

Da perspectiva do consumidor, a palatabilidade da carne suína é sem dúvida a mais importante característica de qualidade porque é o fator que determina a sua satisfação final com os produtos. Como discutido anteriormente, os potenciais fatores associados com a palatabilidade incluem a quantidade e a composição da gordura intramuscular e a quantidade e a estrutura do tecido conjuntivo do músculo. Além disso, reduções na capacidade de retenção de água podem ser negativamente associadas à palatabilidade. No entanto, há poucos estudos que investigam este assunto, e os resultados relatados na literatura sobre alterações da palatabilidade com o peso são contraditórios.

Cisneros et al. (1996) viram que a maciez, avaliada usando um painel treinado, foi reduzida à medida que o peso de abate aumentou de 100 para 160 kg (Tabela 5). No entanto, neste estudo, a alteração da maciez com o peso foi relativamente limitada e não houve efeito do peso de abate sobre a força de resistência. Outros estudos não demonstraram efeito do peso de abate sobre a maciez (Jeremiah e Weiss, 1984; pesos entre 90 e 110 kg) ou a força de resistência (Martin et al., 1980; pesos entre 73 e 137 kg). Sather et al. (1991) mostraram uma resposta diferencial na força de resistência em diferentes genótipos Halotano, sem alteração em animais normais (NN), mas um aumento com a idade em portadores (Nn). Além disso, Leach et al. (1996) verificaram um aumento da força de resistência com aumento do peso dentre 110 e 140 kg, mas as taxas de alteração em animais portadores e sem o gene Halotano foi semelhante (Tabela 5).

Houve aumento expressivo da suculência com a idade em animais portadores de Halotano, mas não nos negativos (Sather et al., 1991). Foram observados diminuição do sabor desejável, palatabilidade geral, perda ao cozimento e aumento da suculência com aumentos de peso de machos castrados e fêmeas de 90 a 100 kg (Jeremiah e Weiss, 1984). Entretanto, a magnitude das alterações observadas nesta amplitude de pesos foi baixa demais para ter qualquer importância prática (Jeremiah e Weiss, 1984).

## 2 Conclusões

Esta revisão tentou resumir as alterações na qualidade de carne suína com o aumento do peso ao abate. Surpreendentemente, foram conduzidos relativamente poucos estudos para investigar o impacto do aumento de peso ao abate de suínos de genótipos modernos nas atuais condições de produção. A interpretação de dados históricos é complicada por grandes diferenças no desenho dos estudos, incluindo aspectos críticos, como a amplitude de pesos comparados, o genótipo dos animais e o regime alimentar usado.

Com base em mudanças das relações corporais físicas e na fisiologia do animal com o peso, uma série de alterações em importantes características de qualidade pode ser antecipada. Entretanto, embora haja evidência de alterações na qualidade de carne suína com a idade, nem todas são favoráveis e geralmente, são relativamente pequenas. Portanto, parece que o aumento do peso vivo ao abate a níveis além dos praticados na maioria das indústrias (i.e., até 130 kg de peso vivo) terá um impacto limitado sobre aspectos de qualidade.

## 3 Referências Bibliográficas

- ALBAR, J., P. LATIMIER, R. GRANIER. 1990. Poids D'Abattage: Evolution des performances d'engraissement et de carcasse de porcs abattus au dela de 100 kg. Journees de Recherche Porcine en France, 22:119-132.
- AZIZ, N. N., R. O. BALL. 1995. Effects of backfat thickness and carcass weight on the chemical composition and quality of the meat from culled sows. Canadian Journal of Animal Science, 75:191-196.
- BERJERJOLM, C. and P. BARTON-GADE. 1986. Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. Manuscript no. 720E. Danish Meat Research Institute, Roskilde, Denmark.
- BERTOL, T. M., J. V. LUDKE, N. MORES. 2000. Efeito de diferentes fontes proteicas sobre o desempenho, composicao corporal e morfologia intestinal em leitões. Revista Brasileira de Zootecnia,
- CISNEROS, F., M. ELLIS, F. K. McKEITH, J. McCRAW, R. L. FERNANDO. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. Journal of Animal Science, 74:925-933.

- DEVOL, D. L., F. K. McKEITH, P. J. BECHTEL, J. NOVAKOFSKI, R. D. SHANKS and T. R. CARR. 1988. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *Journal of Animal Science*. 66:385-395.
- ESSIEN, A. I. 1988. Chemical fat composition of muscles of the Indigenous Nigerian pigs as influenced by age and sex. *Meat Science*, 22:131-142.
- FORTIN, A. 1982. Carcass composition of Yorkshire barrows and gilts slaughtered between 85 and 112 kg body weight. *Canadian Journal of Animal Science*, 62:69-76.
- FRIESEN, K. G., J. L. NELSEN, R. D. GOODBAND, M. D. TOKACH, J. A. UNRUH, D. H. KROPF, B. J. KERR. 1995. The effect of dietary lysine on growth, carcass composition, and lipid metabolism in high-lean growth gilts fed from 72 to 136 kilograms. *Journal of Animal Science*, 73:3392-3401.
- GUSSE, M. D. 1996. A comparison and prediction of carcass and cut moisture loss for PSE, Normal and DFD pork. MS Thesis, University of Illinois.
- HILL, F., F. M. O'CARROLL. 1962. The chemical composition of pig carcasses at pork, bacon, and manufacturing weights. *Irish Journal of Agricultural Research*, 1(2):115-130.
- IRIE, M., K. NISHIMURA. 1986. Influence of feeding garbage, slaughter age and depot site on characteristics of porcine fat. *Japanese Journal of Zootechnical Sciences*, 57(8):642-648.
- JEREMIAH, L. E., G. M. WEISS. 1984. The effects of slaughter weight and sex on the cooking losses from and palatability attributes of pork loin chops. *Canadian Journal Animal Science*, 64:39-43.
- KNUDSON, B. K., M. G. HOGBERG, R. A. MERKEL, R. E. ALLEN, W. T. MAGEE. 1985. Developmental comparisons of boars and barrows: I. Growth rate, carcass and muscle characteristics. *Journal of Animal Science*, 61(4):789-795.
- KNUDSON, B. K., M. G. HOGBERG, R. A. MERKEL, R. E. ALLEN, W. T. MAGEE. 1985. Developmental comparisons of boars and barrows: II. Body composition and bone development. *Journal of Animal Science*, 61(4):797-801.
- LAWRIE, R. A. 1998. *Lawrie's Meat Science*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England.
- LEACH, L. M., M. ELLIS, D. S. SUTTON, F. K. McKEITH, and E. R. WILSON 1996. The growth performance, carcass characteristics and meat quality of Halothane carrier and negative pigs. *Journal of Animal Science*. 74:934-943.
- MARTIN, A. H., A. P. SATHER, H. T. FREDEEN, R. W. JOLLY. 1980. Alternative market weights for swine. II carcass composition and meat quality. *Journal of Animal Science*, 50(4):699-705.
- METZ, S. H. M., M. de WIJS, R. A. DEKKER. 1980. The composition of adipose tissue and its usefulness as a parameter for carcass composition in growing pigs. *Livestock Production Science*, 7:291-296.
- NÜRNBERG, K., J. WEGNER, K. ENDER. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56:145-156.
- OHENE-ADJEI, S., ELLIS, M., F. K. McKEITH, and M. S. BREWER. 2001. Effect of chilling and location within muscle on the quality of ham and loin muscles. *Journal of Muscle Foods*. (Submitted).

- SATHER, A. P., S. D. M. JONES, A. K. W. TONG, A. C. MURRAY. 1990. Halothane genotype by weight interactions on pig meat quality. *Canadian Journal Animal Science*, 71:645-658.
- SCHMITTEN, VON F., A. KLINGELHOLLER, K. H. SCHEPERS, A. FESTERLING, H. JUNGSt. 1986. Einflub des mastendgewichtes auf die fleischbeschaffenheit beim schwein. *Zuchtungskunde*, 58(4):S 282-290.
- SCOTT, R. A., S. G. CORNELIUS, H. J. MERSMANN. 1981. Fatty acid composition of adipose tissue from lean and obese swine. *Journal of Animal Science*, 53(4):977-981.
- WHITTEMORE, C. T. *Ciencia y practica de la produccion porcina*. E. Acribia, Zaragoza. 1996.647p.
- WITTE, D. P. 1999. Effectof lysine-deficient diets on intramuscular fat deposition in finishing pigs. MS Thesis, University of Illinois.

# POTENCIAL E APLICAÇÃO DE SELEÇÃO ASSISTIDA POR MARCADORES PARA QUALIDADE DE CARNE

Jack C.M. Dekkers

Max F. Rothschild

Massoud M. Malek

Department of Animal Science  
225 Kildee Hall  
Iowa State University  
Ames, IA, 50011, USA

## Resumo

A aplicação de métodos moleculares resultou na identificação de vários genes e regiões genômicas de qualidade de carne com locos de características quantitativas (QTL). Por causa dos delineamentos dos cruzamentos de raças que são usados para o mapeamento de QTL, há pouca informação disponível sobre a segregação de QTL dentro de raças. O potencial da seleção assistida por marcadores (MAS) para melhorar a qualidade da carne é substancial por causa da necessidade de abater para fazer registros fenotípicos. A MAS pode ser usada para aproveitar as diferenças entre e dentro de raças. As oportunidades da introgressão assistida por marcadores são limitadas a genes de grande importância econômica, que ainda são em pequeno número devido à importância econômica ainda limitada da qualidade da carne. Há mais oportunidades para diferenças entre raças em cruzamentos. A MAS dentro de raças pode aproveitar o desequilíbrio de QTL dentro de famílias. Embora possa resultar em ganhos substancialmente maiores, mesmo com marcadores pouco ligados, os custos são substanciais porque requer a fenotipagem rotineira de membros da mesma família. A MAS dentro de raças é mais eficaz quando baseada em marcadores que estão em desequilíbrio de ligação de toda a população com QTL. Isto inclui marcadores dentro do QTL, assim como marcadores com forte ligação que estão por acaso em grande desequilíbrio com QTL a nível de população. Embora esses marcadores sejam mais difíceis de desenvolver, sua exigência limitada de dados fenotípicos os torna muito adequados para a seleção para qualidade de carne. A MAS para qualidade de carne deve ser integrada com a seleção para características de carcaça. Para maximizar o benefício da MAS, o espaço de seleção que é sub-utilizado pela seleção convencional deve ser identificado ou criado.

**Palavras-chave:** seleção assistida por marcadores, qualidade de carne, suínos.

## 1 Introdução

A qualidade da carne suína é um conjunto de características organolépticas e de processamento que são importantes para a futura competitividade e lucratividade da suinocultura. Incluem gordura intramuscular, colesterol, pH final, cor, capacidade de manutenção de água ou perda de água, maciez, perda ao cozimento e características sensoriais que envolvem o paladar (Sellier, 1998). A genética tem um papel-chave na qualidade da carne suína, como foi demonstrado por diferenças substanciais de herdabilidade entre e dentro de raças. A herdabilidade para a maioria das características da carne suína varia de 0,15 a 0,5 (veja a revisão de Sellier, 1998).

Melhorar geneticamente a qualidade de carne é difícil através de métodos convencionais de seleção baseados no fenótipo porque a maioria das características de qualidade de carne só pode ser medida após o abate. Além disso, apenas fenótipos de parentes podem ser usados para estimar os valores de reprodução, o que limita a precisão da seleção.

Na década passada, houve uma rápida aplicação de novas técnicas de genética molecular em animais de produção, inclusive suínos (Andersson, 2001). Os objetivos deste trabalho são identificar os genes ou regiões genômicas que afetam as características de importância econômica, e usar este conhecimento para fazer melhoramento genético através de seleção direta baseada no genótipo individual em locos importantes através de seleção assistida por marcadores (MAS).

As limitações da seleção para qualidade de carne com base na informação fenotípica tornam a qualidade de carne um candidato ideal para o uso de MAS. Os objetivos deste artigo foram revisar os principais genes de qualidade de carne suína que foram identificados e discutir seu potencial em programas de seleção. Limitaremos nossa discussão às características que não podem ser (facilmente) medidas no animal vivo porque são estas que fornecem mais oportunidades para a MAS.

## 2 Abordagens para identificar genes que afetam a qualidade de carne suína

As duas principais abordagens que tem sido usadas para localizar genes que afetam a qualidade de carne em suínos são a abordagem de gene candidato e a abordagem de varredura genômica (Rothschild e Plastow 1999). A de gene candidato utiliza conhecimento de espécies em que há muitas informações sobre o genoma (humanos, ratos), efeitos de mutações em outras espécies e/ou conhecimento da base fisiológica das características para identificar genes que se pensa que tenham um papel na fisiologia da característica. Depois do mapeamento e da identificação de polimorfismos dentro do gene do suíno, a associação do genótipo no gene candidato com o fenótipo pode ser estimada em uma população suína fechada.

A abordagem do scan do genoma para a detecção do QTL usa marcadores genéticos disseminados ao acaso no genoma para identificar regiões genômicas que afetam a característica, chamados locos de características quantitativas (QTL). As regiões QTL são detectadas através do seguimento da co-segregação dos marcadores com o fenótipo em populações estruturadas usando mapeamento em intervalos (Haley et al. 1994). Em suínos, as principais populações usadas nestes

estudos foram cruzas F2 entre diferentes raças e linhagens. Os estudos iniciais usaram cruzamentos que envolveram uma raça ocidental melhorada e uma raça exótica, como o javali, ou uma raça chinesa, para maximizar a chance de encontrar QTL (p. ex., Anderson et al. 1994). Mais recentemente, foram utilizados cruzamentos que envolvem duas raças comerciais (p. ex. Malek et al. 2001a,b, Grindflek et al. 2001).

Os resultados de estudos de gene candidato e de scan de genoma diferem em diversos aspectos que são importantes para seu uso posterior em programas de seleção. Primeiro, as análises de gene candidato permitem a identificação de genes que se segregam dentro de raças, enquanto scan de genoma em um cruzamento são mais adequados para identificar QTL que segregam entre raças. Especificamente, são projetados para detectar QTL cujas freqüências de genes diferem entre duas raças parentais. Embora exista maior poder para QTL em que os alelos alternados sejam fixos nas raças parentais (Alfonso e Haley 1998, Gomez-Raya e Sehested 1999), a possibilidade de segregação de QTL dentro de raças não está excluída. Embora os delineamentos de cruzamentos ofereçam algumas oportunidades de detectar e extrair informações sobre a segregação de QTL dentro de raças (De Koning et al. 1999, Pérez-Enciso et al. 2001), o poder associado é geralmente limitado. A detecção de QTL dentro de raças requer delineamentos com grandes famílias, como as grandes famílias de meio-irmãos que são usadas para mapear QTL em gado leiteiro através de delineamentos com filhas ou netas (Weller et al. 1990).

A segunda diferença entre o gene candidato e o scan de genoma está relacionada à precisão da posição do QTL. Os scans de genoma geralmente resultam em intervalos de confiança para a posição do QTL de até 10 a 20 cM. Em alguns casos, o marcador do gene candidato representa o polimorfismo funcional real, embora isto seja raro e difícil de provar (Andersson 2001). No entanto, na maioria dos casos, espera-se que o marcador de gene candidato esteja fortemente ligado à mutação funcional (dentro de 1 a 2 cM) se o efeito for detectado em uma população suficientemente grande. Além disso, para evitar associações espúrias, devem ser usados métodos adequados de análise estatística que levem em conta os efeitos de outros genes, migração e estratificação populacional.

### **3 Genes e regiões de QTL para de qualidade de carne**

#### **3.1 Genes candidatos**

A Tabela 1 resume os genes candidatos que comprovadamente afetam a qualidade de carne suína. A segregação do gene Halotano ou do estresse é conhecido há várias décadas (Sellier 1998). Enquanto a pesquisa e a seleção iniciais dos reprodutores eram feitos com base no teste do halotano, a seleção atual usa um teste de DNA para o gene clonado (Fuji et al. 1991). O mesmo acontece com o gene RN ou da carne ácida, que inicialmente era pesquisado usando o teste de potencial de glicogênio (Monin e Sellier 1985). Anteriormente, achava-se que mutação RN era limitada à raça Hampshire (Milan et al. 2000). Entretanto, recentemente, foi verificado que vários outros alelos com efeitos sobre a qualidade de carne são segregados em outras linhagens comerciais (Ciobanu et al. 2001).

**Tabela 1** — Genes conhecidos com efeitos significativos sobre a qualidade de carne suína.

Gene	SSC	Referência	Efeitos na Qualidade de Carne
Receptor Ryanodina (RYR1) Halothane - HAL	6	Fuji et al. (1991)	pH, capacidade de retenção de água, cor
Rendimento Napole - RN PRKAG3	15	Milan et al. (2000) Ciobanu et al. (2001)	PH, potencial de glicogênio, capacidade de retenção de água
Proteína de ligação de ácidos graxos do tecido adiposo A-FABP (FABP4)	4	Gerbens et al. (1998)	gordura intramuscular
Proteína de ligação de ácidos graxos do coração H-FABP (FABP3)	6	Gerbens et al. (1999)	gordura intramuscular
Antígeno de leucócito suíno (SLA) ou genes ligados	7	Rothschild et al.(1995) Bidanel et al. (1997)	Cheiro de cachaço Características de carcaça

Foi demonstrado que os genes A-FABP e H-FABP afetam a gordura intramuscular, com impacto limitado sobre a espessura de toucinho. Isto permite a seleção para aumento da gordura intramuscular, que melhora o gosto e a maciez, sem aumentar a espessura de toucinho, característica geneticamente correlacionada e indesejável.

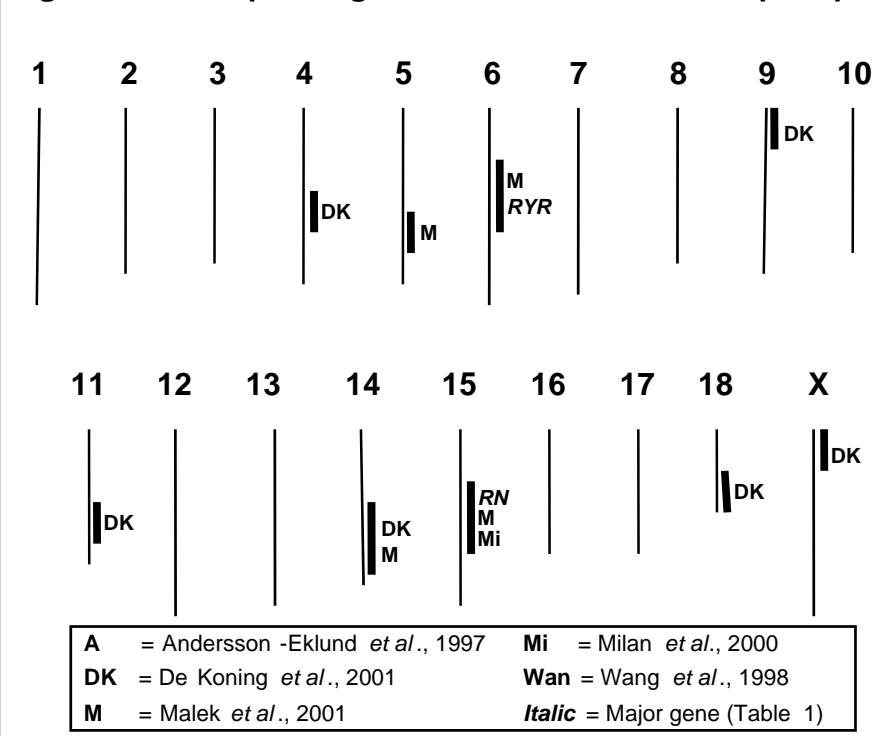
Estão sendo realizadas pesquisas com vários outros genes candidatos. Muitos destes são candidatos posicionais localizados em regiões QTL que foram identificadas usando scan de genoma.

### 3.2 Regiões de QTL

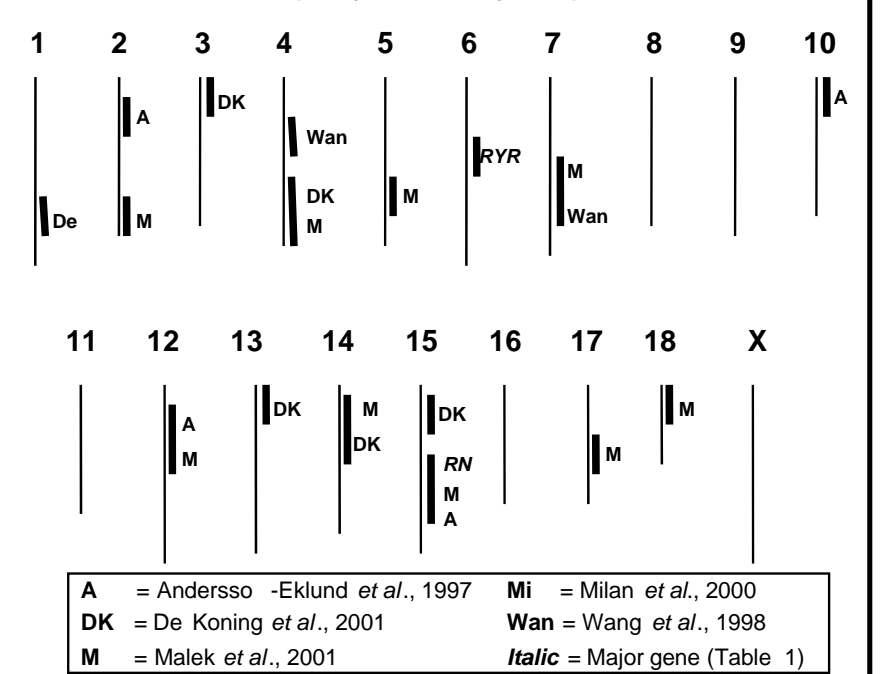
As Figuras 1, 2, 3 e 4 ilustram as regiões de QTL de algumas características de qualidade que foram identificadas em vários estudos de mapeamento de QTL. Para obter informações mais detalhadas, veja, p. ex., Malek et al. (2001b). A maioria dos QTLs foi identificada com base do modelo de cruzamento de raça com herança mendeliana, mas algumas análises consideraram a segregação dentro de raça ou o imprinting de gametas nestes cruzamentos (De Koning et al. 2001).

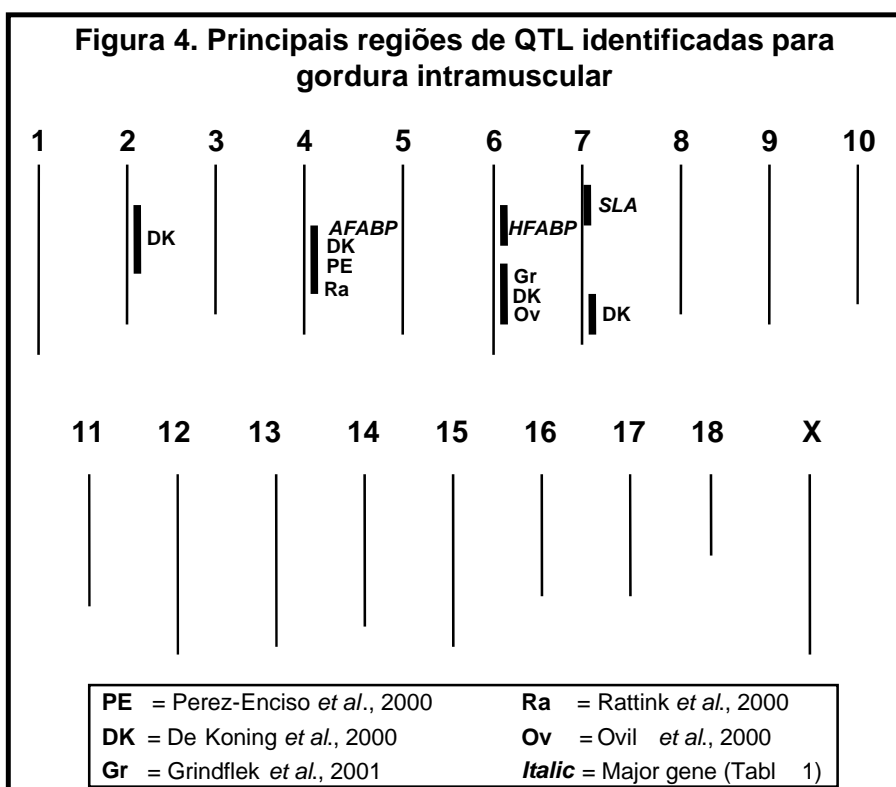
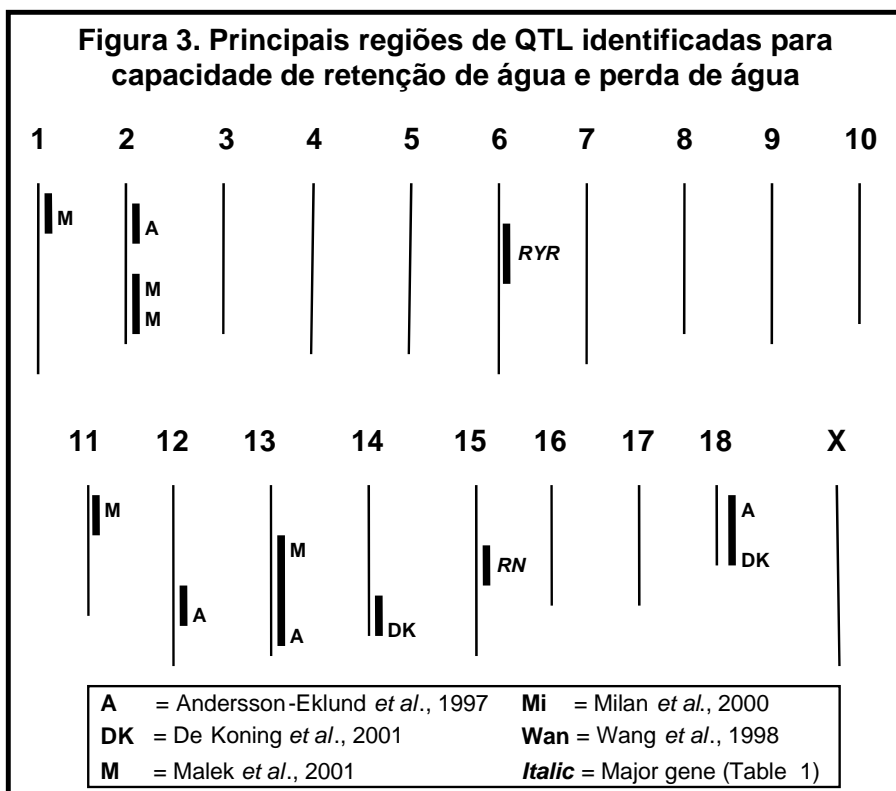


**Figura 1 - Principais regiões de QTL identificadas para pH**



**Figura 2. Principais regiões de QTL identificados para cor (subjetiva e objetiva)**





Regiões com evidência de QTL para qualidade de carne foram identificadas na maioria dos cromossomos. Embora algumas regiões de QTL tenham sido comuns entre estudos, muitos QTLs são limitados a apenas um estudo e não foram confirmados por outros. Diferenças em regiões de QTL detectadas entre estudos podem ser devidas a uma série de fatores, incluindo falsos positivos e

negativo, diferenças nos níveis de significância, de raças e de características usadas e diferenças nos modelos de análise.

Algumas regiões de QTL coincidem com a posição dos genes principais (Tabela 1). Por exemplo, Malek et al. (2001b) encontraram QTL para pH próximo ao gene RYR no SSC6. No entanto, é interessante que este estava em uma população halotano-negativa, sugerindo que outros QTL ou alelos podem segregar nesta região. Também encontraram QTL para pH próximo ao gene RN em SSC15, embora o cruzamento Berkshire × Yorkshire não segregou para a principal mutação RN identificada por Milan et al. (2000). Posteriormente, Ciobanu et al. (2001) identificaram outros alelos dentro do gene PRKAG3 que estavam segregando dentro neste cruzamento.

## **4 Melhoramento genético da qualidade de carne**

O melhoramento genético da qualidade de carne pode ser feito por seleção dentro de uma raça e/ou aproveitando as diferenças entre raças. Ambos podem ser realizados até certo grau através da seleção convencional usando o fenótipo, mas podem ser melhorados através do uso de informações moleculares.

A seguir, discutiremos primeiro as oportunidades da utilização da diferença entre raças e depois avaliaremos as estratégias para a seleção dentro de raça.

### **4.1 Seleção sobre a variação entre raças**

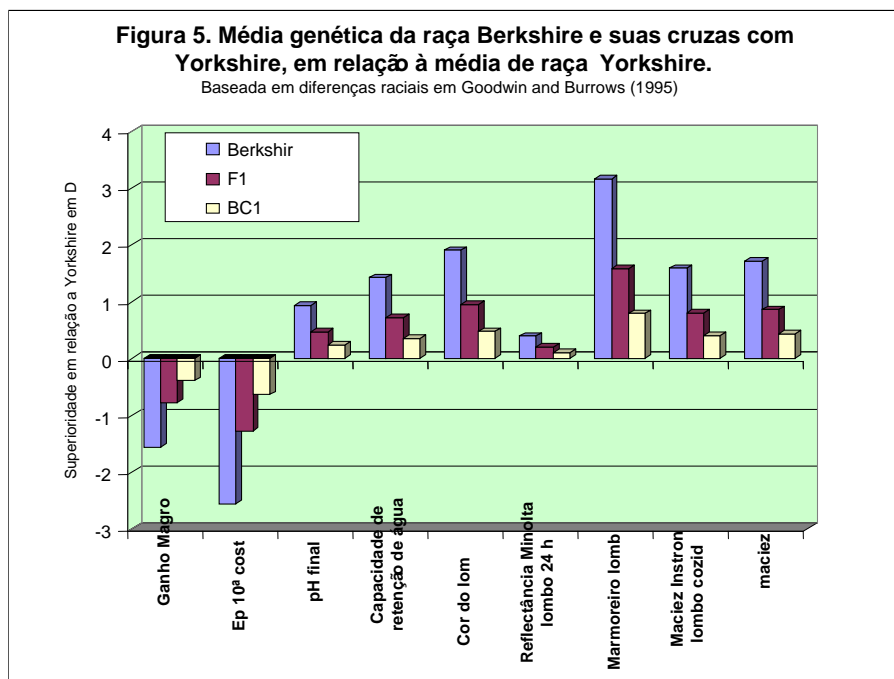
Foram encontradas diferenças substanciais na qualidade de carne entre raças (Sellier, 1998). Por exemplo, foram identificadas na raça Berkshire melhores características de qualidade de carne em relação a outras raças comerciais disponíveis nos EUA (Goodwin e Burroughs 1995). No entanto, o desempenho e a espessura de toucinho desta raça são substancialmente inferiores. Assim, um dos objetivos seria combinar a melhor qualidade de carne da raça Berkshire com as melhores características de desempenho de outra raça. Discutiremos primeiro as oportunidades disto ser obtido através de estratégias convencionais de seleção e depois para as para o uso de informações genéticas moleculares.

#### **4.1.1 Seleção convencional**

Integrar as melhores características de qualidade de carne do Berkshire a uma linhagem núcleo pura de Yorkshire por meios convencionais requer o desenvolvimento de uma linhagem sintética através de um cruzamento inicial entre as duas raças. Isto seria seguido da seleção dentro da linhagem sintética de características de desempenho, ou idealmente, de uma combinação de desempenho e qualidade de carne. Esta depende da disponibilidade de dados de qualidade de carne (veja 4.2).

Pressupondo pouca ou nenhuma heterose, o cruzamento inicial seria intermediário às raças parentais em qualidade de carne e desempenho. Dependendo da importância relativa da qualidade de carne e do desempenho, e das diferenças raciais entre estas características, um ou mais retrocruzamentos com uma das raças parentais poderia seguir o cruzamento inicial. Por exemplo, supondo que as características de desempenho têm maior importância econômica que a qualidade

de carne e que as diferenças raciais para características de desempenho são substanciais, a F1 seria retrocruzada com a raça Yorkshire para reduzir a falha genética para características de desempenho. Outras raças também poderiam ser introduzidas nestes cruzamentos. A Figura 5 mostra o desempenho relativo da raça Berkshire e diferentes cruzas, expressas como um desvio do Yorkshire puro em desvios-padrão genéticos dentro de raça. Isto ilustra que, através de um cruzamento adequado, pode ser desenvolvido um sintético que tenha parte da qualidade de carne superior do Berkshire, embora com algum custo com relação a características de desempenho.



#### 4.1.2 Seleção assistida por marcadores

A informação molecular pode melhorar o processo de integração das qualidades superiores de diferentes raças de várias formas. Se uma grande proporção da diferença racial em qualidade de carne se deve a um número limitado de genes, podem ser usadas estratégias de introgressão. Se um número grande de genes está envolvido, a seleção assistida por marcadores dentro de uma linhagem sintética é o método de escolha para o melhoramento. Estas estratégias serão descritas abaixo.

**4.1.2.1 Introgressão assistida por marcadores** Dentro do contexto da qualidade de carne, o objetivo de um programa de introgressão é introduzir um ou mais genes de qualidade de carne (genes-alvo) de uma raça com melhor qualidade de carne, mas com pior desempenho (raça doadora) em uma linhagem de alto desempenho que não tem os genes-alvo (raça receptora). Isto é feito através de um cruzamento inicial F1 seguido de retrocruzamentos múltiplos com a raça receptora e um ou mais gerações de intercruzamento. O objetivo das gerações retrocruzadas é manter os genes-alvo, ao recuperar o genoma original da raça receptora. O objetivo dos intercruzamentos é fixar a linhagem para os genes-alvo.

A eficácia dos esquemas de introgressão é limitada pela capacidade de identificar indivíduos retrocruzados que tenham uma alta proporção do genoma receptor, especialmente nas regiões próximas aos genes-alvo. Estes afetam o número de gerações retrocruzadas necessárias para recuperar o genoma receptor. A genética molecular pode melhorar a eficiência de ambas as fases de um programa de introgressão. A eficiência da fase de retrocruzamento pode ser melhorada de duas formas: i) identificando os portadores do gene-alvo (seleção de primeiro plano) e ii) melhorando a recuperação da formação genética do doador (seleção de segundo plano). A eficiência da fase de intercruzamento pode ser melhorada através da seleção de primeiro plano para o gene-alvo.

A eficiência da seleção de segundo plano depende do número de genes-alvo e do intervalo de confiança para a posição destes genes. Estes determinam o tamanho da região genômica que deve sofrer introgressão. Ambos fatores têm grande impacto sobre o número de indivíduos necessário para encontrar indivíduos portadores de todos os genes-alvo durante a fase de retrocruzamento e homocigotos durante a fase de intercruzamento. Para a introgressão de vários genes-alvo, podem ser usadas estratégias de piramidização de genes durante a fase de retrocruzamento para diminuir o número necessário de indivíduos (Hospital e Charcosset 1997, Koudandé et al. 2000).

O uso de marcadores moleculares na seleção de segundo plano envolve estimar a proporção do genoma receptor com base em marcadores em todo o genoma e selecionar indivíduos com a maior proporção. Para reduzir a âncora de ligação, pode ser dada maior ênfase aos marcadores próximos aos genes-alvo.

Hanset et al. (1995) relataram a introgressão bem-sucedida do alelo halotano normal em uma linhagem Piétrain que tinha alta frequência do alelo halotano-positivo. Usaram seleção de segundo plano para um marcador intimamente ligado ao RYR. No entanto, a aplicação de programas de introgressão para genes de qualidade de carne geralmente parece ser limitada por diversas razões:

1. Além de alguns genes principais, os estudos de QTL mostram que a qualidade de carne é afetada por um considerável número de genes com efeitos moderados. Isto torna o número de QTLs a serem introgridos maior do que é possível dentro de um programa de introgressão.
2. A maioria dos QTL já podem estar segregando dentro da raça receptora de forma que esta seleção dentro de raça pode ser mais eficaz do que a introgressão.
3. Os QTL para qualidade de carne não estão mapeados com precisão, o que aumenta o tamanho da região do genoma que deve ser introgrida e o tamanho necessário da população.
4. O benefício econômico de melhor qualidade de carne pode não ser suficiente para compensar os custos extras e a redução do ganho genético em outras características que está associada com um programa de introgressão.
5. O gene introgridido pode ter um efeito diferente na nova formação genética, como foi observado em vários programas de introgressão com plantas (Dekkers e Hospital 2001).

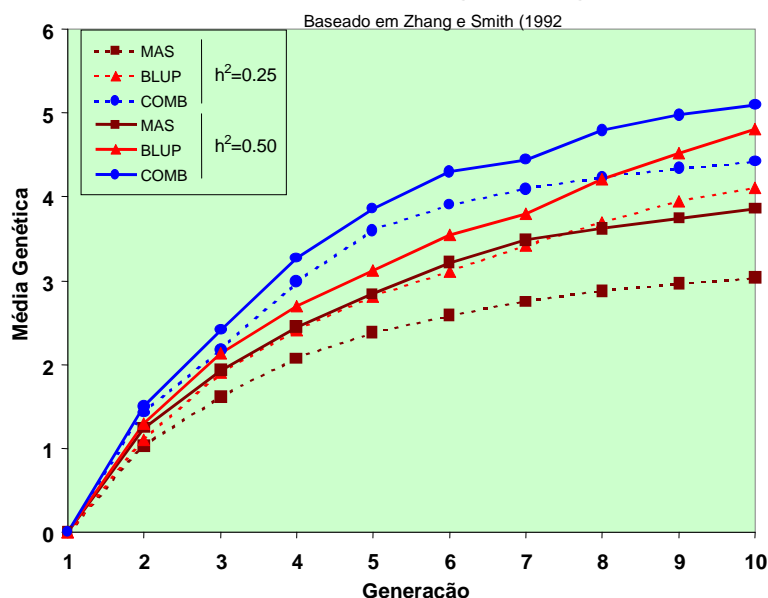
#### 4.1.2.2 Desenvolvimento de linhagens genéticas assistido por marcadores

Land e Thompson (1990) propuseram uma estratégia para a seleção assistida por marcadores dentro de uma população híbrida criada pelo cruzamento de duas linhagens endogâmicas. A estratégia aproveita o desequilíbrio de ligações populacional que existe inicialmente em cruzamentos entre linhagens ou raças. Assim, as associações marcador-QTL identificadas na geração F1 podem ser selecionadas por várias gerações, até que os QTL sejam fixados ou o desequilíbrio desapareça. Zhang e Smith (1992) avaliaram o uso de marcadores nesta situação com a seleção sobre BLUP EBV. Compararam as seguintes estratégias de seleção:

- MAS: seleção sobre um EBV derivado dos efeitos do marcador
- BLUP: seleção sobre BLUP EBV derivado do fenótipo
- COMB: seleção combinada sobre um índice de EBV baseado em marcadores e fenótipo.

Dados de um cruzamento de linhagens endogâmicas foram simulados com base em 100 QTL e 100 marcadores em um genoma de 2000 cM. Os efeitos dos marcadores foram estimados na geração F2 usando um procedimento em duas etapas. Na primeira, uma população F2 separada do mesmo cruzamento foi usada para identificar marcadores com os maiores efeitos. Depois, para obter estimativas sem viés, os efeitos destes marcadores foram re-estimados na população F2 sob seleção. Estas estimativas foram usadas para obter o EBV baseado em marcador durante o processo de seleção.

Figura 6. Progresso genético baseado apenas na seleção de marcadores (MAS), apenas dados fenotípicos (BLUP), ou sua combinação (COMB) em um cruzamento entre linhagens endogâmicas.



Os resultados ilustrados na Figura 6 mostram que a seleção de índice (COMB) resultou na maior resposta, seguida da seleção sobre BLUP EBV e seleção apenas sobre marcadores. As taxas de resposta diminuíram ao longo das gerações para todas as estratégias porque os dados foram simulados usando um número finito

de locos, que foram fixados através da seleção. As taxas de resposta diminuíram mais rapidamente para MAS porque a recombinação eliminou o desequilíbrio entre os marcadores e os QTL. No entanto, foram obtidas taxas significativas de resposta usando apenas a seleção sobre marcadores.

A estratégia MAS de Zhang e Smith (1992) tem o potencial para a seleção para características de qualidade de carne porque não requer avaliação fenotípica contínua destas características, em contraste com as estratégias BLUP e COMB. Embora Gimelfarb e Lande (1994) tenham mostrado que se pode obter uma maior resposta com a re-estimação dos efeitos dos marcadores nas gerações subsequentes, isto exigiria o registro contínuo de dados fenotípicos, cujo custo pode superar os benefícios.

Zhang e Smith (1992) consideraram a situação ideal de um cruzamento com linhagens endogâmicas. Embora estas linhagens não fossem divergentes para a característica de interesse, eram homozigotas em alelos alternados para todos os locos. Raças usadas em um cruzamento para melhorar a qualidade de carne geralmente têm médias diferentes, o que aumenta a extensão do desequilíbrio da ligação no cruzamento. No entanto, ambas as raças provavelmente segregarão para a maioria dos QTL, o que reduzirá o desequilíbrio. No entanto, mesmo em cruzamentos entre linhagens comerciais de suínos, foram encontrados números consideráveis de QTL para os quais as raças têm diferenças suficientes em frequência para permitir sua detecção (Malek et al. 2001a,b, Grindflek et al. 2001). Além disso, foram observados efeitos favoráveis originados da raça com a média mais baixa para uma série de QTL (Malek et al. 2001b).

Um grande problema com o uso de cruzamentos entre linhagens não endogâmicas em vez de endogâmicas é a capacidade limitada de seguir os QTLs depois da geração F2. Em contraste com as linhagens endogâmicas, os marcadores não são muito informativos em cruzamentos entre linhagens heterogâmicas. Portanto, a capacidade de rastrear a origem racial de marcadores ou haplotipos de marcadores diminui ao longo das gerações, a não ser que um número considerável de marcadores seja genotipado dentro de regiões de QTL.

Uma vantagem importante da seleção em uma população cruzada é que se pode aproveitar os QTL identificados em estudos de cruzamento entre raças. Isto retiraria a primeira etapa do processo de estimação usado por Zhang e Smith (1992), isto é, a identificação de marcadores com grandes efeitos. Embora isto traga o risco de que diferentes QTL possam segregar na população sob seleção, especialmente se estudos de QTL foram baseados em diferentes raças, haveria uma substancial economia de custos. No entanto, é essencial que a segunda etapa do processo de estimação seja conduzido na população sob seleção para obter estimativas não tendenciosas dos efeitos de QTL que são relevantes para a população sob seleção. Isto requer o abate de um grande número de indivíduos F2 para obter dados fenotípicos de qualidade de carne. Assim, o tamanho da população F2 deve ser suficiente para sustentar a estimação do efeito do marcador e a seleção.

Uma abordagem alternativa à detecção e estimação dos QTL foi sugerida e avaliada por Whittaker et al. (1997). Usaram uma abordagem de validação cruzada que permitiu que a mesma população F2 fosse usada para a seleção dos marcadores e estimação dos seus efeitos, e, ao mesmo tempo, maximizando o poder. Isto eliminaria a necessidade de informações de QTL anteriores, embora estas

informações possam ser úteis para reduzir a carga de genotipagem enfocando apenas as regiões genômicas mais promissoras.

O melhoramento genético de um sintético deveria não apenas focar a qualidade de carne; mas as características de desempenho também deveriam ser consideradas. Portanto, a seleção seria feita sobre um índice de EBV baseado em marcadores para qualidade de carne e um BLUP EBV para características de desempenho. Se disponível, um EBV baseado em marcadores também poderia ser incluído para características de desempenho. Ao invés derivam a ênfase que é colocada em características de qualidade de carne versus características de desempenho em valores econômicos, deve ser dada ênfase adicional às características de qualidade de carne nas primeiras gerações, antes que o desequilíbrio entre marcadores e QTL seja eliminado.

Em vez de uma população F2, uma população retrocruzada poderia ser usada como ponto inicial de uma seleção MAS para qualidade de carne. Isto poderia ser vantajoso se a diferença racial para desempenho for grande e efeitos favoráveis de QTL para qualidade de carne se originam de ambas as raças em locos alternados. Assim, um retrocruzamento com a raça de alto desempenho reduziria o atraso genético para características de desempenho (Figura 5). Porém, a frequência de alelos favoráveis de QTL da outra raça poderia ser de apenas  $\frac{1}{4}$ . Portanto, deve ser dada muita ênfase nestes QTL nas gerações iniciais da seleção. O uso de um retrocruzamento para seleção não impede o uso de um cruzamento F2 ou dados anteriores de tal cruzamento para a seleção por marcadores ou identificação de QTL.

## 4.2 Seleção dentro de raças

A maioria dos programas de seleção de suínos enfoca o melhoramento genético dentro de uma raça ou linhagem e o uso subsequente desta linhagem em uma estratégia de cruzamento. A seleção dentro de raças requer informações que capturam diferenças entre indivíduos de uma mesma raça, e não as diferenças entre raças que foram discutidas na seção 4.1. O objetivo desta seção é descrever oportunidades para o melhoramento genético da qualidade de carne com base em programas de seleção dentro de raças, começando com a seleção convencional.

### 4.2.1 Melhoramento convencional dentro de raças

Considere a seleção em uma linhagem núcleo terminal de machos dentro de um programa de reprodução seriado. Como a avaliação fenotípica de características de qualidade de carne requer o abate dos animais, a seleção para estas características usando métodos convencionais deve ser baseada em dados de parentes dos candidatos à seleção. As seguintes estratégias podem ser usadas:

1. Abate de um ou mais membros de cada leitegada para avaliação da qualidade de carne
2. Avaliar a qualidade de carne com base em um teste de progênie

A estratégia 1 permite a avaliação de candidatos à seleção com base em dados de irmãos ou meio-irmãos. Embora possa haver dados disponíveis dos irmãos ou



meio-irmãos dos pais dos candidatos à seleção, que foram avaliados na geração anterior, a precisão da seleção é limitada.

Outra consideração quanto à estratégia 1 é seu impacto sobre a intensidade da seleção. Em princípio, a necessidade de abater os irmãos, que são por si mesmos candidatos potenciais à seleção, reduz a intensidade da seleção. Esta foi a pressuposição feita por Hovenier et al. (1994) e Meuwissen e Goddard (1996). Na prática, o impacto sobre a intensidade da seleção pode ser limitado porque os irmãos selecionados para o abate podem ser os que não foram selecionados para reprodução, com base em seu desempenho. Além disso, geralmente se estabelece um limite no número de indivíduos selecionados de uma certa leitegada, especialmente no lado do macho, a fim de reduzir as taxas de endogamia.

Na estratégia 2, os machos selecionados podem ser submetidos a teste de progênie fora do núcleo. Os dados resultantes podem estar disponíveis no momento da seleção da progênie núcleo do macho. Esta estratégia não tem impacto sobre a intensidade de seleção e intervalo entre gerações, mas a precisão da seleção pode ser limitada e o registro de dados é caro. Se o teste de progênie é baseado em animais cruzados, este teste também fornece dados sobre o desempenho e a espessura de toucinho destes animais, o que tem grande interesse.

Embora a seleção convencional para qualidade de carne tenha sido aplicada em várias situações (Sellier 1998), Hovenier et al. (1994) concluíram que a vantagem de incluir dados fenotípicos de características de qualidade de carne em programas de seleção depende muito do valor econômico da qualidade de carne. Assim, a seleção convencional para qualidade de carne pode não ser uma opção viável, a não ser que os sistemas de preços coloquem ênfase significativa sobre a qualidade de carne e o custo da coleta rotineira de dados de qualidade de carne seja reduzido.

#### **4.2.2 Seleção dentro de raças usando dados moleculares**

Ao considerar o melhoramento genético dentro de raças usando dados moleculares, é importante distinguir entre o uso de marcadores que estão em desequilíbrio populacional de ligação (LD) com um QTL e o de marcadores que estão em equilíbrio. Estes requerem o uso do LD dentro de famílias. O uso de LD populacional versus dentro da família tem conseqüências importantes para o uso de marcadores em seleção e para os dados fenotípicos necessários para sustentar o seu uso. Smith e Smith (1993) defenderam o uso de marcadores que estão em desequilíbrio populacional com QTL porque os efeitos do marcador são mais fáceis de estimar e requer menor quantidade de dados fenotípicos. Isto é importante especialmente para características de qualidade de carne. Entretanto, as exigências de marcadores são maiores para LD populacionais porque devem estar intimamente ligados aos QTL, enquanto existe LD dentro da família suficientes mesmo para marcadores mais distantes do QTL (dentro de 10 cM). O uso de LD populacional em comparação aos dentro da família serão discutidos abaixo.

**4.2.2.1 Seleção de marcadores que estão em LD populacional** Os marcadores que estão em LD populacional com um QTL incluem marcadores identificados usando gene candidato e outras abordagens relacionadas. O caso ideal é um marcador que

sabidamente representa os polimorfismos funcionais (p. ex., os genes RYR e RN), mas que não é necessário para o uso efetivo do LD populacional.

Embora não se espere que os marcadores que não estejam dentro do gene funcional estejam em grande LD com um QTL dentro de uma população fechada, os marcadores que estão intimamente ligados a um QTL tem uma grande probabilidade de estar em LD populacional parcial com aquele QTL por causa dos efeitos de afastamento, seleção, mutação e mistura populacional (Sved 1971, Goddard 1991, Meuwissen et al. 2000). Esta probabilidade é maior em populações selecionadas de pequeno tamanho efetivo, que é o caso de animais de produção, como demonstrado por Farnir et al. (2000) em gado leiteiro.

Os marcadores que estão intimamente ligados a QTL podem ser encontrados através das abordagens de mapeamento fino e de gene candidato. A extensão do LD pode frequentemente ser aumentada através do uso de haplotipos de marcadores intimamente ligados. Mapas de marcadores de alta densidade com, p. ex., um marcador a cada 1 ou 2 cM, também incluem marcadores que estão em íntima ligação com o QTL e que têm o potencial de estar em substancial LD populacional, como foi recentemente demonstrado por Meuwissen et al. (2001) através de simulação. Demonstraram que para populações com uma tamanho efetivo de população de 100 e um espaçamento de 1 ou 2 cM entre os marcadores no genoma, havia desequilíbrio suficiente para que os valores genéticos pudessem ser preditos com substancial precisão por várias gerações, com base nas associações dos haplotipos dos marcadores com o fenótipo em até 500 indivíduos. Embora os custos de genotipagem seriam altos demais quando aplicados ao genoma inteiro, pode haver oportunidade de utilizar esta abordagem em uma escala limitada saturando as regiões QTL previamente identificadas com marcadores.

Para marcadores que estão em LD populacional com os QTL, a seleção pode ser feita diretamente sobre o genótipo do marcador ou haplotipo do marcador se forem usados marcadores de ligações múltiplas para rastrear os QTL. No entanto, é essencial estimar os efeitos dos marcadores dentro da população sob seleção para capturar o grau de DL e fases de ligação presentes na população e evitar potenciais interações dos QTL com o genoma de formação. Pela mesma razão, também é prudente re-estimar os efeitos regularmente. A estimação requer genótipos de marcadores e fenótipos de qualidade de carne de uma amostra ao acaso de indivíduos na população e deve se basear em um modelo animal com genótipos ou haplotipos de marcadores incluídos como efeitos fixos (p. ex. Short et al. 1997, Israel e Weller 1998).

Como a seleção é feita sobre características de desempenho junto com qualidade de carne, a seleção não deve ser feita exclusivamente sobre efeitos dos marcadores sobre a qualidade de carne, e sim em combinação com EBV para características de desempenho. Idealmente, as estimativas para a inclusão em tais índices são obtidas a partir de um modelo animal de características múltiplas que inclui marcadores de genes candidatos como efeitos fixos. O modelo também inclui qualquer dado fenotípico disponível sobre características de qualidade de carne. Tal modelo pode resultar em EBV para ganho médio diário ( $EBV_{ADG}$ ) e espessura de toucinho ( $EBV_{BF}$ ), um EBV poligênico para qualidade de carne ( $\hat{u}_{MQ}$ ) e um EBV para qualidade de carne baseado em efeitos de marcadores ( $\hat{g}_{MQ}$ ). Estes EBV podem ser combinados como se segue:

$$I = v_{MQ}(\hat{g}_{MQ} + \hat{u}_{MQ}) + v_{ADG}EBV_{ADG} + v_{BF}EBV_{BF} \quad (1)$$

Onde  $v_{MQ}$ ,  $v_{ADG}$  e  $v_{BF}$  são valores econômicos. O valor reprodutivo de um marcador pode ser derivado usando a teoria genética de locus quantitativo único (Falconer e Mackay 1996) a partir de estimativas dos efeitos do genótipo ( $a$  e  $d$ ) e freqüências de genes ( $p$  e  $q$ ) com base no efeito de substituição de alelo  $\alpha = a + (p - q)d$ . Alternativamente, o modelo de avaliação pode incluir a regressão sobre o número de alelos favoráveis, em vez do genótipo para estimar  $\alpha$  diretamente (Lande e Thompson 1990). Se o marcador também tem efeito sobre características de desempenho, os seus EBV também devem ser separados em um EBV baseado em marcador e um EBV poligênico. O índice [1] pode ser expandido para incluir marcadores múltiplos computando o EBV baseado em marcador como a soma dos EBV para marcadores individuais.

A seleção sobre o índice [1], em teoria, maximiza a resposta esperada em uma meta reprodutiva por mais de uma geração no modelo aditivo. Para marcadores que apresentam dominância, o efeito  $\alpha$  de substituição de alelo deve ser derivado com base nas freqüências de genes entre pares, e não nas freqüências entre todos os candidatos à seleção para maximizar a resposta à seleção em uma única geração (Dekkers 1999). No entanto, a não ser que o marcador demonstre considerável dominância e a pressão de seleção sobre o marcador seja grande, de forma que as alterações nas freqüências genéticas sejam substanciais, a otimização terá um impacto limitado.

Em teoria, os pesos sobre o marcador no índice [1] também devem ser modificados e otimizados se o objetivo é maximizar a resposta na meta reprodutiva econômica em várias gerações, mesmo sob aditividade (Dekkers e van Arendonk 1998, Manfredi et al. 1998). A razão básica é que, embora a seleção sobre o índice [1] maximize a resposta da geração atual para a próxima, ela também muda as freqüências no marcador e QTL. Isto afeta as oportunidades de progresso genético nas gerações futuras, o que é levado em conta pelas estratégias ideais. A vantagem de otimizar a seleção sobre marcadores comparada ao uso do índice [1] é limitada, a não ser que o marcador demonstre excesso de dominância e explique uma grande parte da variação genética da meta reprodutiva (Dekkers e Chakraborty 2001).

Os pesos sobre o EBV do marcador no índice [1] também devem ser modificados se o objetivo da seleção incluir outros fatores além da melhora de uma meta reprodutiva econômica. Por exemplo, pode ser vantagem fixar rapidamente o alelo favorável no marcador por razões de comercialização ou para reduzir os custos de genotipagem.

Consideramos anteriormente a seleção simultânea sobre o marcador e EBV baseado no fenótipo através de um índice. Isto é melhor que a seleção em dois estágios, na qual a seleção é feita sobre marcadores no primeiro estágio e sobre EBV baseado no fenótipo no segundo estágio. Esta estratégia elimina indivíduos para os quais um alto EBV para outras características ou para efeitos poligênicos para qualidade de carne compensa os genótipos desfavoráveis nos marcadores, além do uso de níveis independentes de descarte em seleção de características múltiplas. No entanto, pode ser vantajoso selecionar sobre o índice que inclui informações do marcador depois do primeiro estágio de seleção usando EBV baseado

no fenótipo; apenas indivíduos que são selecionados no primeiro estágio precisariam ser genotipados, o que reduz custos.

**4.2.2.2 Seleção usando LD dentro da família** O uso de LD dentro da família com um QTL e um marcador ligado requer que efeitos do marcador ou, pelo menos, as fases de ligação marcador-QTL sejam determinados separadamente para cada família, o que exige genótipos e fenótipos de marcadores dos membros da família. Se a ligação entre o marcador e o QTL é fraca, devem ser feitos registros fenotípicos dos parentes próximos do candidato à seleção porque as associações serão eliminadas pela recombinação. Com dados de progênie, os efeitos marcador-QTL ou fases de ligação podem ser determinados com base em testes estatísticos simples que contrastam o fenótipo médio da progênie que herdou alelos alternados do marcador do genitor em comum. Alternativamente, tem sido desenvolvidos modelos animais assistidos por marcador para incorporar dados na avaliação genética de pedigrees complexos (Fernando e Grossman 1989, Goddard 1992). Estes modelos resultam em BLUP EBV de efeitos de QTL junto com EBV poligênicos. Como a seleção é feita sobre características de desempenho junto com qualidade de carne, estas estimativas devem ser combinadas com EBV para características de desempenho em um índice econômico. Um índice semelhante ao índice [1] da seção 4.2.2.1 pode ser usado, mas com  $\hat{g}_{MQ}$  representando agora o EBV para o QTL marcado.

Para avaliar a vantagem da MAS dentro da família para características de qualidade de carne, Meuwissen e Goddard (1996) consideraram duas estratégias de implementação:

1. Dois a quatro membros ao acaso de cada família de irmãos são abatidos para registrar dados de qualidade de carne. Os indivíduos restantes são selecionados com base em EBV assistido por marcador para qualidade de carne, depois que os dados dos irmãos foram registrados.
2. Os animais são selecionados com base em EBV assistido por marcador e os animais não selecionados são abatidos para fornecer dados para a próxima geração de seleção.

Em ambas as estratégias, todos os indivíduos são genotipados para um conjunto de marcadores ao redor de QTL previamente identificados. Os EBV assistidos por marcador para qualidade de carne foram avaliados usando o modelo de avaliação genética assistida por marcador de Goddard (1992) incluindo o QTL como efeito ao acaso. A seleção foi feita sobre a soma dos EBV para QTL e poligenes, semelhante à estratégia COMB de Zhang e Smith (1992). As comparações foram para ganho genético de seleção convencional baseada na estratégia I, mas sem a disponibilidade de marcadores genéticos.

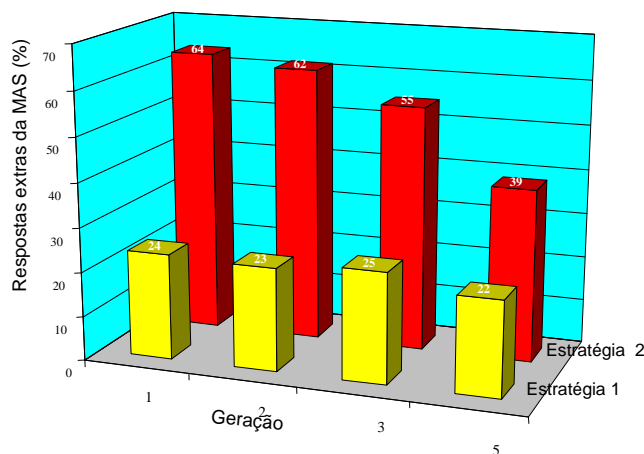
Os resultados ilustrados na Figura 7 mostram que a estratégia I deu uma resposta 24% maior que a seleção convencional. A vantagem da estratégia II foi substancialmente maior, mas declinou ao longo de gerações à medida que os alelos favoráveis nos QTL foram fixados. A maior resposta da estratégia II em relação à I foi em grande parte resultado de uma maior intensidade de seleção porque metade dos candidatos à seleção não foram abatidos antes da seleção. No entanto como discutido na seção 4.2.1, é questionável se este aumento da intensidade da seleção pode ser

realizado na prática devido a considerações de endogamia. Assim, a resposta 24% maior parece ser mais realista.

**Figura 7. Potencial de ganhos extra por (MAS) para qualidade de carne baseado no desequilíbrio de ligações dentro de família**

Baseado em Meuwissen e Goddard (1996)

QTL com alelos múltiplos explica 1/3 da variação genética para uma característica com 0,27 de herdabilidade. Haplotipos de marcadores indicam que a transmissão de alelos de QTL pode ocorrer dos pais para 90% dos filhos. Havia dados disponíveis de 5 gerações antes do início da MAS



<sup>1)</sup> Isto exige um conjunto de marcadores altamente polimórficos próximos aos QTL

A implementação de qualquer destas estratégias de seleção feita sobre LD dentro da família requer extensa genotipagem e fenotipagem, o que coloca a viabilidade econômica em questão. Além disso, deve haver dados disponíveis por várias gerações antes de iniciar a MAS para estimar os efeitos de QTL com precisão. Por exemplo, os resultados da Figura 7 pressupõe dados genotípicos e fenotípicos de 5 gerações antes do início da MAS e as respostas caíram significativamente sem o acúmulo destes dados (Meuwissen e Goddard 1996). Embora os mesmos dados genotípicos possam também ser aplicados para características de desempenho, a vantagem da MAS para estas características será menor que para as de qualidade de carne (Meuwissen e Goddard 1996), especialmente se os marcadores estiveram em regiões de QTL para qualidade de carne em vez de para características de desempenho. No entanto, os efeitos correlacionados com outras características devem ser cuidadosamente considerados e monitorados ao aplicar MAS.

Outro obstáculo para o uso de LD dentro da família é que este requer conhecimento das regiões de QTL que segregam dentro da população. Como a maioria dos estudos de mapeamento de QTL em suínos são baseados no modelo de cruzamento de raças, as informações sobre a segregação de QTL dentro de raças são limitadas. Assim, devem ser conduzidos estudos de mapeamento de QTL dentro de raças antes da implementação de MAS. Embora tais estudos possam se concentrar em regiões de QTL identificadas anteriormente em estudos de cruzamento de raças, são necessárias populações consideravelmente grandes para detectar ou confirmar sua segregação dentro de uma raça. Questões relacionadas foram discutidas por Spelman e Bovenhuis (1998) no contexto do uso de informações de QTL em programas de melhoramento de gado leiteiro.

## 5 Discussão

Foi feito progresso considerável na década passada na identificação de genes e regiões genômicas que afetam a qualidade de carne. Isto inclui a identificação de genes funcionais, genes candidatos e regiões de QTL. Enquanto a maioria dos primeiros estudos usou cruzamentos divergentes de raças que incluíam uma raça exótica, recentemente, vários estudos de mapeamento de QTL foram publicados com cruzamentos de linhagens comerciais (Malek et al. 2001b, Grindflek et al. 2001). Além disso, um grande número de estudos de mapeamento de QTL está sendo realizado e produzirão resultados nos próximos anos.

Uma observação importante feita destes estudos de QTL é que há grandes diferenças entre raças comerciais nos QTL para qualidade de carne e que parte dos efeitos raciais favoráveis de QTL origina-se da raça com menor média de qualidade de carne. Por um lado, isto oferece a oportunidade para seleção de linhagens sintéticas para aproveitar o melhor de todas as raças. Por outro lado, isto sugere que os alelos favoráveis para QTL para qualidade de carne já podem estar segregando em raças que tem melhores características de desempenho, mas pior qualidade de carne. Embora haja alguma evidência de segregação de QTL dentro de raças (De Koning et al. 2001), os delineamentos de cruzamentos de raças que são mais usados para mapeamento de QTL em suínos têm um poder limitado para detectar esta segregação.

Se a maioria dos QTL para qualidade de carne está realmente segregando dentro de raças e linhagens comerciais importantes, então a seleção dentro de raças para qualidade de carne permitirá a obtenção de melhor qualidade de carne através desta seleção. Entretanto, as oportunidades para seleção dentro de raças para qualidade de carne são limitadas pelas exigências inerentes de registros fenotípicos, que são caros e requerem o sacrifício de potenciais candidatos à seleção. Este é o caso da seleção convencional feita sobre a qualidade de carne e também da MAS, exceto se os marcadores que estão em LD populacional estreito com os genes funcionais puderem ser encontrados, de foram que os efeitos dos marcadores possam ser estimados e usados na população, em vez de apenas dentro de famílias. O uso de marcadores que estão em LD populacional com QTL foi defendido por Smith e Smith (1993) e é vantajoso especialmente para características difíceis ou caras de registrar, como as de qualidade de carne.

Há vários procedimentos disponíveis para encontrar marcadores em LD populacional com QTL. Isto inclui o mapeamento fino, pesquisas de genes candidatos usando seqüência de genoma humano, e uso de mapas de marcadores de alta densidade. O desenvolvimento de mapas de SNP (polimorfismos de nucleotídeo único) em animais de produção é um possível próximo passo. No entanto, qualquer uma destas abordagens requer muito trabalho molecular genético, junto com maior desenvolvimento de métodos estatísticos para detectar e aproveitar o LD populacional com dados fenotípicos limitados. Da perspectiva do melhoramento genético, não é essencial que o polimorfismo funcional seja detectado. Porém, este conhecimento permitiria um melhor entendimento dos efeitos fisiológicos dos QTL, que por sua vez, permitiria uma melhor predição dos efeitos dos QTL sobre as diferentes constituições genéticas e condições ambientais.

Embora o processo da MAS tenha sido extensamente avaliado por simulação computadorizada, há pouca ou nenhuma evidência experimental da eficácia da MAS

em animais de produção. As limitadas publicações disponíveis em plantas enfocam primariamente a introgressão de genes conhecidos ou regiões de QTL e poucos resultados da mesma natureza estão disponíveis sobre animais de produção (Hanset et al. 1995, Yancovich et al. 1996). Estudos em plantas e camundongos (Koudandé et al. 2000) sobre a introgressão de regiões QTL mostram que a seleção em primeiro plano baseada em marcadores foi eficaz para mover a região-alvo para o genoma receptor. Entretanto, a melhora no desempenho da raça receptora geralmente foi menor que a esperada com base em estimativas iniciais dos efeitos dos QTL (Dekkers e Hospital 2001). Além de falsos positivos e da superestimação de efeitos sobre a população inicial, razões sugeridas para a menor resposta incluem interações epistáticas entre os QTL e entre QTL e a constituição genética, e interações entre genótipo e ambiente. Fatores semelhantes poderiam reduzir o ganho obtido com a MAS em populações sintéticas ou puras.

Devido às incertezas sobre a manutenção dos efeitos dos marcadores, parece prudente usar as informações de genética molecular de forma a não evitar o progresso de uma meta de melhoramento geral que pode ser obtida através da seleção convencional. Ao considerar o uso de MAS em características de qualidade de carne, isto inclui a seleção convencional para características de desempenho. Um conceito essencial a este respeito é aplicar MAS no espaço de seleção que não está sendo usado ou sub-utilizado pela seleção convencional (Soller e Medjugorac 1999). Um bom exemplo é a pré-seleção baseada em marcadores entre membros de uma família de irmãos para testes posteriores, antes da disponibilidade de registros individuais ou de progênie. Nestas situações, a seleção convencional não tem base para a seleção porque os EBV são derivados de informações de pedigree, que são as mesmas para todos os membros de uma família de irmãos. Porém, os membros da família podem ter herdado marcadores diferentes, o que fornece uma base para seleção, em vez de ter que fazer uma escolha ao acaso. O espaço de seleção para MAS pode ser aumentado com tecnologias que aumentam a taxa reprodutiva da fêmea, em particular. Estas estratégias foram avaliadas por Kashi et al. (1990) para gado leiteiro.

Além de aumentar o espaço de seleção dentro de uma geração aumentando o tamanho da família de irmãos, também pode ser criado espaço para MAS entre gerações introduzindo várias gerações rápidas de seleção baseadas apenas em marcadores. Estes programas foram propostos por Georges e Massey (1991) para gado leiteiro, e posteriormente por Visscher et al. (2000) para suínos. Em tais programas de "velogenética", as gerações curtas para seleção assistida por marcador são facilitadas pelo uso de tecnologias reprodutivas como recuperação de oócitos de fetos não-nascidos, maturação de oócitos *in vitro* e fertilização *in vitro*. Estas tecnologias são então combinadas com a seleção de embriões para implantação baseada exclusivamente na herança de marcadores com efeitos favoráveis estimados anteriormente. Melhoras para reduzir ainda mais o intervalo entre gerações nestes programas foram sugeridos por Haley e Visscher (1998) e Visscher et al. (2000). Embora sejam necessários mais avanços nas tecnologias reprodutivas para que os programas velogenéticos se tornem viáveis, têm o potencial de melhorar a qualidade de carne através de introgressão assistida por marcadores, desenvolvimento de linhagens sintéticas e seleção dentro de raças baseada em LD populacional.

Estudos recentes de mapeamento de genes e QTL também revelaram que os QTL podem não se expressar de forma mendeliana. Em especial, vários estudos

detectaram genes e QTL em suínos que são sujeitos a imprinting gamético (Jeon et al. 1999, De Koning et al. 2000). Estudos futuros certamente vão identificar outros efeitos epigênicos que afetam a herança e a expressão dos QTL. Estes efeitos deverão ser levados em conta ao desenhar programas de seleção. Embora possam, por um lado, complicar estes programas, também podem oferecer oportunidades. Por exemplo, De Koning (2001) sugeriu que a utilização de uma combinação de QTL imprinted e ligados ao sexo permitiria um conjunto diversificado de mercados que poderiam ser atendidos através de cruzamentos estratégicos entre conjuntos únicos de raças.

Uma importante decisão para a aplicação de MAS é quais QTL ou marcadores devem ser usados na seleção. Estudos de mapeamento de QTL geralmente aplicam limiares bastante rígidos com base na testagem de todo o genoma para reduzir a taxa de falsos positivos, como sugerido por Lander e Kruglyak (1995). Porém, isto aumenta a taxa de falsos negativos e elimina a oportunidade de selecionar sobre estes QTL. Vários estudos demonstraram que podem ser obtidos maiores ganhos com MAS permitindo uma taxa maior de falsos positivos para reduzir o número de falsos negativos (Moreau et al. 1998, Spelman e Garrick 1998). Assim, estratégias alternativas, como o uso da taxa de falsa descoberta (Weller et al. 1998), são necessárias para equilibrar melhor o custo de falsos positivos em relação aos resultados falsos negativos para MAS.

## 6 Agradecimentos

Parte do trabalho relatado aqui foi financiado por um consórcio entre National Pork Producers Council, Iowa Pork Producers Association, Iowa Purebred Swine Council, Babcock Swine, Danbred USA, DEKALB Swine Breeders, PIC, Seghersgenetics USA, e Shamrock Breeders, e por uma bolsa de estudos do USDA CSREES # 00-52100-9610.

## 7 Referências Bibliográficas

- ALFONSO, L., HALEY, C. S., 1998. Power of different F2 schemes for QTL detection in livestock. *Animal Sci.* 66, 1-8.
- ANDERSSON, L., HALEY, C. S., ELLEGREN, H., KNOTT, S. A., JOHANSSON, M., ANDERSSON, K., ANDERSSON-EKLUND, L., EDFORS-LILJA, I., FREDHOLM, M., HANSSON, I., HAKANSSON, J., LUNDSTROM, K., 1994. Genetic mapping of quantitative loci for growth and fatness in pigs. *Science* 263, 1771-1774.
- ANDERSSON-EKLUND, L., MARKLUND, L., LUNDSTROM, K., HALEY, C. S., ANDERSSON, K., ET AL., 1998. Mapping quantitative trait loci for carcass and meat traits in a Wild boar x Large White intercross. *J. Anim. Sci.* 76, 694-700.
- ANDERSSON, L., 2001. Genetic dissection of phenotypic diversity in farm animals. *Nature Reviews Genetics* 2, 130-138.



- BIDANEL, J. P., MILAN, D., CHEVALET, C., WOLOWZYN, N., CARITEZ, J. C., GRUAND, J., LE ROY, P., BONNEAU, M., RENARD, C., VAIMAN, M., GELLIN, J., OLLIVIER, L., 1997. Chromosome 7 mapping of a quantitative trait locus for fat androstenone level in Meishan X Large White F2 entire male pigs. In: Bonneau, M., Lundstrom, K., Malmfors, B. (Eds.), Boar taint in entire male pigs. EAAP Publication 92, 115-118.
- CIOBANU, D., BASTIAANSEN, J., MALEK, M., HELM, J., WOOLLARD, J., PLASTOW, G., ROTHSCCHILD, M., 2001. Evidence for new alleles in the protein kinase AMP-activated,  $\alpha$ 3 subunit gene associated with low glycogen content in pig skeletal muscle and improved meat quality. *Genetics* (in press).
- DEKKERS, J. C. M., VAN ARENDONK, J. A. M., 1998. Optimum selection for quantitative traits with information on an identified locus in outbred populations. *Genet. Res.* 71, 257-275.
- DEKKERS, J. C. M., 1999. Breeding values for identified quantitative trait loci under selection. *Genet. Sel. Evol.* 31, 421-436.
- DEKKERS J. C. M., CHAKRABORTY, R., 2001. Potential gain from optimizing multi-generation selection on an identified quantitative trait locus. *J. Anim. Sci.* (accepted).
- DEKKERS, J. C. M., HOSPITAL, F. 2001. The use of molecular genetics in improvement of agricultural populations. *Nature Reviews Genetics* (Submitted)
- DE KONING, D., RATTINK, A. P., HARLIZIUS, B., VAN ARENDONK, J. A. M., BRASCAMP, W. E. ET AL., 2000. Genome-wide scan for body composition in pigs reveals important role of imprinting. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97, 7947-7950.
- DE KONING, D-J., JANSSE, L. L. G., RATTINK, A. P., VAN OERS, P. A. M., DE VRIES, B. J., GROENEN, M. A. M., van DER POEL, J. J., de Groot, P. N., Brascamp, E. W., van Arendonk, J. A. M., 1999. Detection of quantitative trait loci for backfat thickness and intramuscular fat content in pigs (*Sus scrofa*). *Genetics* 152, 1679-1690.
- DE KONING, D-J., HARLIZIUS, B., RATTINK, A. P., GROENEN, M. A. M., BRASCAMP, E. W., van Arendonk, J. A. M., 2001. Detection and characterization of quantitative trait loci for meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.* (In press).
- DE KONING, D-J., 2001. Identification of (non-)Mendelian factors affecting pork production. Doctoral thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- FALCONER, D. S., MACKAY, T. F. C., 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. Harlow, UK: Longman.
- FARNIR, F., COPPIETERS, W., ARRANZ, J-J., BERZI, P., CAMBISANO, ET AL. 2000. Extensive genome-wide linkage disequilibrium in cattle. *Genome Res.* 10, 220-227
- FERNANDO, R. L., GROSSMAN, M., 1989. Marker-assisted selection using best linear unbiased prediction. *Genet. Sel. Evol.* 21, 467-477
- FUJI, J., OTSU, K., ZORZATO, F., DE LEON, S., KHANNA, V. K., WEILER, J. E., O'BRIEN, P. J., MACLENNAN, D. H., 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* 253, 448-451.
- GEORGES, M., MASSEY, J. M., 1991. Velogenetics, or the synergistic use of marker assisted selection and germ-line manipulation. *Theriogenology* 25, 151-159.
- GERBENS, F., JANSEN, A., VAN ERP, A. J. M., HARDERS, F., MEUWISSEN, T. H. E., RETTENBERGER, G., VEERKAMP, J. H., TE PAS, M. F. W., 1998. The adipocyte fatty acid-binding protein locus: characterization and association with intramuscular fat content in pigs. *Mamm. Genome* 9, 1022-1026

- GERBENS, F., van ERP, A. J. M., HARDERS, F. L., VERBURG, F. J., MEUWISSEN, T. H. E., VEERKAMP, J. H., TE PAS, M. F. W., 1999. Effect of genetic variants of the heart fatty acid-binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 77, 846-852.
- GIMELFARB, A., LANDE, R., 1994. Simulation of marker-assisted selection in hybrid populations. *Genet. Res., Camb.* 63, 39-47.
- GODDARD, M. E., 1991. Mapping genes for quantitative traits using linkage disequilibrium. *Genet. Sel. Evol.* 23 (Suppl.1):131s-134s.
- GODDARD, M. E., 1992. A mixed model for analyses of data on multiple genetic markers. *Theor. Appl. Genet.* 83, 878-886.
- GOODWIN, R., BURROUGHS, S., 1995. Genetic evaluation terminal line program results. National Pork Producer Council, Des Moines, Iowa
- GOMEZ-RAYA, L., SHESTED, E., 1999. Power for mapping quantitative trait loci in crosses between outbred lines in pigs. *Genet. Sel. Evol.* 31, 351-374.
- GRINDFLEK, E., SZYDA, J., LIU, Z., LIEN, S., 2001. Detection of quantitative trait loci for meat quality in a commercial slaughter pig cross. *Mamm. Genome* 12, 299-304.
- HALEY, C. S., KNOTT, S. A., ELSEN, J. M., 1994. Mapping quantitative trait loci in crosses between outbred lines using least squares. *Genetics* 136, 1195-1207.
- HALEY, C. S., VISSCHER, P. M., 1998. Strategies to utilise marker-QTL information. *J. Dairy Sci.* 81 (Suppl. 2), 85-97.
- HaNSET, R., DASNOI, C., SCALAIS, S., MICHAUX, C., GROBET, L., 1995. Effets de l'introggression dans le genome Piétrain de l'allele normal aux locus de sensibilité a l'halothane. *Genet. Sel. Evol.* 27, 77-88.
- HOSPITAL, F., CHARCOSSET, A., 1997. Marker-assisted introgression of quantitative trait loci. *Genetics* 147, 1469-1485.
- HOVENIER, R., KANIS, E., BRASCAMP, E. W., KNAP, P. W., 1994. Including meat quality in pig breeding programs. *Proc. 5th Wld. Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Guelph, Canada*, 19:465-468.
- ISRAEL, C., WELLER, J. I., 1998. Estimation of Candidate Gene Effects in Dairy Cattle Populations, *J. Dairy Sci.* 81, 1653-1662
- JEON, J., CARLBORG, O., TORNSTEN, A., GIUFFRA, E., AMARGER, V. ET AL., 1999. A paternally expressed QTL affecting skeletal and cardiac muscle mass in pigs maps to the IGF2 locus. *Nat Genet* 21, 157-158
- KASHI, Y., HALLERMAN, E., SOLLER, M., 1990. Marker assisted selection of candidate bulls for progeny testing programmes. *Anim. Prod.* 51, 63-74.
- KOUDANDÉ, O. D., IRAQI, F., THOMSON, P. C., TEALE, A. J., van ARENDONK, J. A. M., 2000. Strategies to optimize marker-assisted introgression of multiple unlinked QTL. *Mammalian Genome* 11, 145-150.
- KOUDANDÉ, O. D., VAN ARENDONK, J. A. M., BOVENHUIS, H., GIBSON, J. P., IRAQI, F., 2000. Trypanotolerance QTL introgression in mice: experimental results. In: Koudandé, O.D., Introgression of trypanotolerance genes, Doctoral dissertation, Wageningen Agricultural University, the Netherlands.
- LANDE, R., THOMPSON, R., 1990. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. *Genetics* 124, 743-56
- LANDER, E., KRUGLYAK, L., 1995. Genetic dissection of complex traits: guidelines for interpreting and reporting linkage results. *Nature Genetics* 11:241-247

- MALEK, M., DEKKERS, J. C. M., LEE, H. K., BAAS, T. J., ROTHSCHILD, M. F., 2001A. A molecular genome scan analysis to identify chromosomal regions influencing economic traits in the pig. I. Growth and body composition. *Mamm. Genome* 12, 630-636.
- MALEK, M., DEKKERS, J. C. M., LEE, H. K., BAAS, T. J., ROTHSCHILD, 2001B. A molecular genome scan analysis to identify chromosomal regions influencing economic traits in the pig. II. Meat and muscle composition. *Mamm. Genome* 12, 637-645.
- MANFREDI, E., BARBIERI, M., FOURNET, F., ELSEN, J. M., 1998. A dynamic deterministic model to evaluate breeding strategies under mixed inheritance. *Genet. Sel. Evol.* 30, 127-148.
- MEUWISSEN, T. H. E., GODDARD, M. E., 1996. The use of marker haplotypes in animal breeding schemes. *Genet. Sel. Evol.* 28, 161-176.
- MEUWISSEN, T. H. E., HAYES, B., GODDARD, M. E., 2001. Prediction of Total Genetic Value Using Genome-Wide Dense Marker Maps. *Genetics* 157, 1819-1829.
- MILAN, D., JEON, J.T., LOOFT, C., AMARGER, V., ROBIC, A., ET AL., 2000. A mutation in PRKAG3 associated with excess glycogen content in pig skeletal muscle. *Science* 288, 1248-1251.
- MONIN, G., SELLIER, P., 1985. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: the case of the Hampshire breed. *Meat Science* 13, 49-63.
- MOREAU, L., CHARCOSSET, A., HOSPITAL, F., GALLAIS, A., 1998. Marker-assisted selection efficiency in populations of finite size. *Genetics*. 148, 1353-65
- OVILO, C., PEREZ-ENCISO, M., BARRAGAN, C., CLOP, A., RODRIGUEZ, C., ET AL., 2000. A QTL for intramuscular fat and backfat thickness is located on porcine chromosome 6. *Mamm. Genome* 11, 344-346
- PEREZ-ENCISO, M., CLOP, A., NOGUERA, J. L., OVILO, C., FOLCH, J. M., ET AL., 2000. A QTL on pig chromosome 4 affects fatty acid metabolism: evidence from an Iberian by Landrace intercross. *J. Animal Sci.* 78, 2525-2531
- PÉREZ-ENCISO, M., FERNANDO, R. L., BIDANEL, J-P., LE ROY, P., 2001. Quantitative trait locus analysis in crosses between outbred lines with dominance and inbreeding. *Genetics* 159, 413-422.
- RATTINK, A., DE KONING, D-J., FAIVRE, M., Harlizius, B., van Arendonk, J.A.M. et al., 2000. Fine mapping and imprinting analysis for fatness trait QTLs in pigs. *Mamm. Genome* 11, 656-661
- ROTHSCHILD, M. F., PLASTOW, G.S., 1999. Advances in pig genomics and industry applications. *AgBiotechNet* 1, 1-7.
- ROTHSCHILD, M. F., LIU, H. C., TUGGLE, C. K., YU, T. P., WANG, L., 1995. Analysis of pig chromosome 7 genetic markers for growth and carcass performance traits. *J. Animal Breed. Genet.* 112, 341-348.
- SELLIER, P., 1998. Genetics of meat and carcass traits. In: Rothschild, M.F., Ruvinsky, A. (Eds.), *The genetics of the pig*. CABI, Wallingford, UK.
- SHORT, T. H., ROTHSCHILD, M. F., SOUTHWOOD, O. I., McLAREN, D. G., DE VRIES, A., van DER STEEN, H., ECKARDT, G. R., TUGGLE, C. K., HELM, J. VASKE, D. A., MILEHAM, A. J., PLASTOW, G.S., 1997. Effect of the Estrogen Receptor Locus on Reproduction and Production Traits in Four Commercial Pig Lines. *J. Anim. Sci.* 75, 3138-3142.

- SMITH, C., SMITH, D. B., 1993. The need for close linkages in marker-assisted selection for economic merit in livestock. *Anim. Breed. Abstr.* 61, 197-204
- SOLLER, M., MEDJUGORAC, I., 1999. A successful marriage: making the transition from quantitative trait locus mapping to marker-assisted selection. In: Dekkers, J.C.M., Lamont, S.J., Rothschild, M.F. (Eds.), *From Jay Lush to genomics: visions for animal breeding and genetics*. Dept. Animal Science, Iowa State University, Ames, USA.
- SPELMAN, R. J., BOVENHUIS, H., 1998. Moving from QTL experimental results to the utilisation of QTL in breeding programmes. *Anim. Genet.* 29, 77-84.
- SPELMAN, R. J., GARRICK, D. J., 1998. Genetic and economic responses for within-family markers-assisted selection in dairy cattle breeding schemes. *J. Dairy Sci.* 81, 2942-2950
- SVED, J. A., 1971. Linkage disequilibrium and homozygosity of chromosome segments in finite populations. *Theor. Popul. Biol.* 2, 125-141.
- VISSCHER, P., PONG-WONG, R., WHITTEMORE, C., HALEY, C., 2000. Impact of biotechnology on (cross)breeding programmes in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 65, 57-70.
- WANG, L, YU, T. P., TUGGLE, C. K., LIU, H. C., ROTHSCHILD, M. F., 1998. A directed search for quantitative trait loci on chromosomes 4 and 7 in the pig. *J. Anim. Sci.* 76, 2560-2567
- WELLER, J. I., KASHI, Y., SOLLER, M., 1990. Power of daughter and granddaughter designs for determining linkage between marker loci and quantitative trait loci in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 73, 2525-2537.
- WELLER, J. I., SONG, J. Z., HEYEN, D. W., LEWIN, H. A., RON, M., 1998. A new approach to problem of multiple comparisons in the genetic dissection of complex traits. *Genetics* 150, 1699-1706.
- WHITTAKER, J. C, HALEY, C. S, THOMPSON, R., 1997. Optimal weighting of information in marker-assisted selection. *Genet. Research* 69, 137-144.
- YANCOVICH, A., LEVIN, I., CAHANER, A., HILLEL, J., 1996. Introgression of the avian naked neck gene assisted by DNA fingerprints. *Anim. Genet.* 27, 149-155
- ZHANG, W., SMITH, C., 1992. Computer simulation of markers-assisted selection utilizing linkage disequilibrium. *Theor. Appl. Genet.* 83, 813-820.

## O PAPEL DA LEPTINA E DE SEUS RECEPTORES NO METABOLISMO DA GORDURA

Soares, M.A.M<sup>1</sup>

Guimarães, S. E. F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Biológicas  
UNIOESTE, Cascavel, Pr

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia  
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG,  
CEP.: 36.571-000, e.mail: sfacioni@mail.ufv.br,  
Fone: 31 38992273, Fax: 31 3899 2275

### Resumo

Cientistas têm procurado por um possível mensageiro que sinalizaria ao cérebro e outros tecidos o estado das reservas energéticas do corpo. Este sinal permitiria mudanças apropriadas no consumo de alimento, no gasto de energia e na partição de nutrientes para manter o balanço energético. A existência de um fator circulante no controle do consumo alimentar foi evidenciada nos experimentos de parabiose entre dois camundongos geneticamente obesos. A descoberta de que uma mutação no gene da obesidade (leptina), causa severa obesidade em roedores sugere que a função fisiológica da leptina seja evitar a obesidade durante o consumo excessivo de alimento. Após a descoberta e caracterização da leptina, a busca pelo seu receptor foi iniciada. O RNA do receptor da leptina (Ob-R) foi primeiramente isolado do plexo coróide de camundongo. Seis isoformas do receptor da leptina foram descritas: Ra, Rb, Rc, Rd, Re e Rf. Quatro das seis formas foram encontradas em pelo menos duas espécies: Ra, Rb, Rc e Re. A comparação entre todas as isoformas revela que o domínio extracelular é comum e a porção do domínio citoplasmático, variável. É de consenso geral que a forma longa do receptor da leptina (OB-Rb ou simplesmente Rb) seja a forma mais competente em ativar as vias de sinalização no interior da célula. Devido a importância metabólica de ambas as proteínas, estudos têm sido iniciados com o intuito de buscar mutações em suas seqüências nucleotídicas que possam ser utilizadas como marcadoras em produção animal. Alguns resultados destes estudos serão aqui abordados.

**Palavras chave:** Leptina, Receptor da Leptina, obesidade, suínos, polimorfismos gênicos

**Key words:** Leptin, Leptin receptor, obesity, swine, gene polymorphisms

## 1 Introdução

Em vertebrados, especialmente entre mamíferos, a habilidade em armazenar grandes quantidades de combustível na forma de tecido adiposo permite a sobrevivência durante períodos prolongados de falta de alimento. Para manter seu estoque de combustível sem sofrer contínuas alterações em sua forma e tamanho, um animal precisa adquirir balanço entre o consumo de energia e o seu gasto (FRIEDMAN, 1997).

Segundo RINK (1994), devido à flutuação do consumo de alimento e gasto de energia, a precisão da regulação da gordura corporal (dentro de  $\pm 1$  por cento sobre muitos anos) requer um poderoso e lento mecanismo de regulação por retroalimentação.

## 2 A leptina e sua identificação

Por muitos anos, cientistas têm procurado por um possível mensageiro (hormônio ou metabólito) que sinalizaria ao cérebro e outros tecidos o estado das reservas energéticas do corpo. Este sinal permitiria mudanças apropriadas no consumo de alimento, no gasto de energia e na partição de nutrientes para manter o balanço energético. KENNEDY (1953) foi o primeiro a propor a teoria lipostática da regulação do peso corporal. Segundo esta teoria, quando a massa adiposa expande, a concentração circulante da molécula sinal pode aumentar e atuar nos circuitos neurais do cérebro controlando o consumo e balanço de energia. Alguns trabalhos realizados posteriormente deram suporte a esta idéia. HERVEY (1959) conduziu experimentos de parabiose, nos quais os sistemas circulatórios de ratos obesos e magros foram cirurgicamente unidos. Por este método, há troca de 1% de fluxo sanguíneo entre os camundongos. Os resultados do experimento indicaram que o aumento da massa gordurosa produziu um fator circulante, o qual, em contato com o camundongo magro, atuou induzindo a saciedade.

A existência de um fator circulante no controle do consumo alimentar foi evidenciada nos experimentos de parabiose entre dois camundongos geneticamente obesos (COLEMAN e HUMMEL, 1973; COLEMAN, 1973). Mutação recessiva, tanto no camundongo obeso (*ob*) quanto no diabético (*db*), resulta em obesidade e diabetes, assemelhando-se à obesidade mórbida em humanos. Parabiose entre estes dois camundongos revelou que, enquanto o camundongo *db/db* não era afetado, o camundongo *ob/ob* tornou-se hipofágico e morreu de inanição. Isto sugeriu que os dois camundongos apresentaram mutações em genes distintos, resultando em fenótipos similares, com o camundongo *db/db* produzindo um fator circulante no soro, o qual regula o consumo de alimento em camundongos *ob/ob*. Assim, o camundongo *ob/ob* reage a um sinal de saciedade, que é inefetivo nos camundongos *db/db*.

ZHANG et al. (1994) identificaram e caracterizaram o gene *ob* de camundongo e o seu homólogo em humano. O gene *ob* do tecido adiposo codifica um RNA mensageiro de 4,5 kilobases (Kb), com uma seqüência aberta de leitura (ORF) correspondendo a 167 aminoácidos altamente conservados. A proteína, denominada leptina (ou gene obeso - OB), é 84% idêntica entre humanos e camundongos e tem características de uma proteína secretória. Uma mutação de CGA para TGA (C→T),

nos camundongos *ob/ob*, resulta em mudança de uma arginina na posição 105 para um códon de finalização, formando uma proteína inacabada, que não é liberada na corrente sanguínea.

Os níveis plasmáticos de leptina são altamente correlacionados com a massa de tecido adiposo e cai tanto em humanos quanto em camundongos após a perda de peso (MAFFEI et al., 1995). A proteína OB está presente no soro de roedores normais, aumentada com a obesidade e ausente no soro dos camundongos *ob/ob* (FREDERICH et al., 1995b). A leptina é expressa pelo tecido adiposo branco, independente da sua localização, e os níveis de RNA mensageiro parecem ser maiores onde os depósitos de gordura também são maiores (TRAYHURN et al., 1995). Em ratos, o gene *ob* é expresso no tecido adiposo marrom, além do tecido adiposo branco (MOINAT et al., 1995).

A descoberta de que uma mutação no gene da leptina causa severa obesidade em roedores sugere que a função fisiológica da leptina seja evitar a obesidade durante o consumo excessivo de alimento, como proposto por FREDERICH et al. (1995a). Entretanto, a obesidade (como processo patológico) é um fenômeno recente no decurso da evolução biológica e o consumo de alimento pode ter ocorrido de forma intermitente, sendo que a adaptação a uma situação de desnutrição pode ter oferecido maiores vantagens. A leptina pode estar envolvida como um fator para manter a homeostase energética e a quantidade de reservas compatíveis com a vida (AHIMA et al., 1996). Entre as características observadas em animais submetidos à condição de desnutrição severa, estão a limitação da competência reprodutiva (HAMMOND, 1955; MARSHALL e HAMMOND, 1926, citados por FRISCH, 1984; AHIMA et al., 1996) e a redução dos níveis de hormônios tireoidianos, os quais se tornam normalizados, quando os níveis de leptina são corrigidos. Estas respostas poderiam ter valor na sobrevivência do animal durante períodos prolongados de falta de alimento, o que poderia ser a função dominante deste hormônio (AHIMA et al., 1996).

A liberação de leptina pelos adipócitos é regulada por hormônios e fatores regulatórios. Por exemplo, glicocorticóides (SLIEKER et al., 1996; De VOS et al., 1995; MURAKAMI et al., 1995) e insulina (SALADIN et al., 1995; LEROY et al., 1996) estimulam a secreção de leptina. Entretanto, receptores agonistas  $\beta_3$ -adrenérgico (TRAYHURN et al., 1996) inibem diretamente a secreção de leptina. NAKAZATO et al. (2001) sugerem que a grelina, um novo peptídeo, pode antagonizar a ação da leptina por meio da regulação do neuropeptídeo Y (NPY). Entretanto, os autores observaram que maiores investigações quanto às funções da grelina auxiliarão a compreender o mecanismo fisiológico do balanço energético e suas desordens.

GONG et al. (1996) obtiveram a seqüência da região 5' não traduzida do gene *ob* de humano. Além de duas seqüências repetidas (MER11 e ALU) e da região "TATA box", potenciais elementos regulatórios estavam presentes (C/EBP, CCAAT/"enhancer" de ligação protéica; GRE, elemento de resposta aos glicocorticóides; CREB, elemento de resposta ao cAMP e SP-1). MASON et al. (1998) encontraram uma região (LP-1) que se liga a um fator trans-ativador presente nas células adiposas, mas não em outras células examinadas.

A proteína OB recombinante, purificada da *Escherichia coli*, quando injetada em camundongos *ob/ob* reduz o peso corporal, a porcentagem de gordura, o consumo de alimento, a concentração de glicose e a insulina do soro (PELLEYMOUNTER et al., 1995), sendo que a redução do peso corporal parece ser dose-dependente

(CAMPFIELD et al., 1995). Em camundongos normais, a redução do peso foi menor (PELLEYMOUNTER et al., 1995; HALAAS et al., 1995; CAMPFIELD et al., 1995). HARRIS et al. (1998) demonstraram que camundongos ob/ob apresentaram maior resposta à ação da leptina do que animais magros. A ausência da leptina durante o crescimento e desenvolvimento poderia ser a causa de alta sensibilidade à proteína exógena. BARRACHINA et al. (1997) examinaram o efeito agudo de uma única injeção intraperitoneal de leptina recombinante, em camundongos magros, sobre o consumo e esvaziamento gástrico. A máxima redução no consumo ocorreu 5 horas após a administração da dose. Este efeito parece não estar relacionado ao sinal de saciedade do esvaziamento gástrico.

O rim é o maior sítio de catabolismo da leptina, removendo 80% de toda a leptina do plasma humano (MEYER et al., 1997). Entretanto, os níveis plasmáticos de leptina permanecem constantes, sugerindo que a leptina seja secretada continuamente a partir dos adipócitos (CUMIN et al., 1996), sendo a sua velocidade de remoção igual à taxa de produção (VILÀ et al., 1998).

Pouco é conhecido sobre a interação da leptina com proteínas transportadoras na corrente sangüínea. SINHA et al. (1996), trabalhando com leptina marcada, verificaram que ela se liga a macromoléculas circulantes específicas, de maneira reversível. Em indivíduos magros, com 21% ou menos de gordura corporal, 60 a 98% da leptina total foi encontrada na forma ligada. Os estudos sugerem que, em indivíduos obesos, a maioria da leptina circula na forma livre e, assim, os indivíduos obesos seriam resistentes à leptina livre. HOUSEKNECHT et al. (1996) e SINHA et al. (1996) acreditam que a proteína ligadora do plasma seja a forma solúvel do receptor da leptina.

### 3 O receptor da Leptina

Após a descoberta e caracterização da leptina, a busca pelo seu receptor foi iniciada. O RNA do receptor da leptina (Ob-R) foi primeiramente isolado do plexo coróide de camundongo. Estudos *in situ* mostraram que a leptina se liga com alta afinidade nesta região, sugerindo que este seja o local de expressão do receptor da leptina (TARTAGLIA et al., 1995). Além deste, o gene do receptor da leptina também é fortemente expresso pelas leptomeninges e regiões do hipotálamo como o núcleo arqueado, núcleo ventral premamilar, núcleo ventromedial e núcleo paraventricular (MERCER et al., 1996).

Seis isoformas do receptor da leptina foram descritas: Ra, Rb, Rc, Rd, Re e Rf. Quatro das seis formas foram encontradas em pelo menos duas espécies: Ra, Rb, Rc e Re. Duas formas foram descritas em somente duas espécies: Rd em camundongos (LEE et al., 1996) e RF em rato. Isto sugere que as isoformas Ra, Rb e Rc do receptor devem promover funções essenciais, visto que não são exclusivas de uma única espécie.

A comparação entre todas as isoformas revela que o domínio extracelular é comum e a porção do domínio citoplasmático, variável. A forma Re codifica a proteína mais curta, na qual falta o domínio transmembrana. As outras quatro variantes incluem, além do domínio transmembrana, o "box" JAK (tirosina quinase). A isoforma Rb contém o "Box" STAT (transdutoras e ativadoras de sinal de transcrição), o qual não



é encontrado nas outras variantes, sendo esta a forma predominante no hipotálamo (CHEN et al., 1996; LEE et al., 1996). É de consenso geral que a forma longa do receptor da leptina (OB-Rb ou simplesmente Rb) seja a forma mais competente em ativar as vias de sinalização no interior da célula.

A forma OB-Ra é encontrada em altas concentrações no plexo coróide de camundongos (GHILARDI et al., 1996), podendo funcionar como uma proteína de transporte que permite a passagem da leptina do soro através da barreira sangue-cérebro para dentro do fluido céfalo-raquidiano (BANKS et al., 1996).

Uma mutação no receptor da leptina causa o fenótipo observado nos camundongos db/db, os quais também apresentam severa obesidade, como a observada nos camundongos ob/ob (CHEN et al., 1996). A mutação envolve a mudança de uma base em um íntron, alterando um sítio de "splice". Na proteína transmembrana resultante, faltam aproximadamente 270 aminoácidos no domínio citoplasmático (LEE et al., 1996). Assim como as outras formas curtas do receptor, esta mutação o tornaria incapaz de ativar as proteínas STATs (GHILARDI et al., 1996; VAISSE et al., 1996). A administração de leptina recombinante em camundongos ob/ob reduz a massa adiposa por meio do efeito no consumo e no gasto de energia, mas não tem efeito sobre o camundongo db/db (PELLEYMOUNTER et al., 1995; HALAAS et al., 1995; CAMPFIELD et al., 1995), mostrando, então, que a proteína mutada perde a função.

## 4 Ação central da leptina

Já está bem compreendido que o cérebro, especificamente o hipotálamo, é um sítio onde vários sinais centrais e periféricos são integrados para afetar a expressão do complexo comportamento alimentar e das funções neuroendócrinas da homeostase energética. Entretanto, a relação entre a via de sinalização da leptina e outros efetores hipotalâmicos da regulação do peso corporal ainda não está completamente esclarecida.

O neuropeptídeo Y (NPY) é um neuropeptídeo com 36 aminoácidos encontrados em áreas do hipotálamo envolvidas no consumo e controle neuroendócrino. Contrariamente à leptina, NPY é um potente estimulador do consumo e inibidor da secreção de gonadotrofina (PARROTT et al., 1986). A síntese do NPY é inibida no núcleo arqueado do hipotálamo, pela atuação da leptina (STEPHENS et al., 1995; SCHWARTZ et al., 1996).

Uma evidência direta de que o NPY sofre ação da leptina vem dos estudos de ERICKSON et al. (1996a), nos quais um camundongo apresentando perda de função tanto do NPY quanto da leptina, devido à mutação nos dois genes, teve redução de peso, quando comparados com camundongos deficientes de leptina (ob/ob). Todavia, como o camundongo ainda permanece obeso, presume-se que a leptina atue adicionalmente sobre outros efetores. Curiosamente, camundongos que tiveram o gene do NPY desativado apresentaram peso corporal normal (ERICKSON et al., 1996b). Uma explicação para isso é que altos níveis de NPY são necessários para estimular respostas ao consumo e estes níveis são somente alcançados em camundongos ob/ob, durante períodos de inanição ou por administração central do NPY. Este neuropeptídeo pode ser, portanto, importante efetor da resposta à inanição,

mas não para a regulação da massa de tecido adiposo sob condições normais (NORTH, 1999).

Os núcleos hipotalâmicos expressam alguns neuropeptídeos e neurotransmissores que regulam o consumo de alimento e/ou peso corporal. Além do NPY, o hormônio concentrador de melanina (MCH), orexinas a e b e galanina (GAL) também estimulam o consumo. SAHU (1998) verificou que a leptina inibe o consumo induzido por MCH e GAL. Por outro lado, o hormônio estimulador de melanócito (MSH) e seus receptores, a melanocortina-4, são necessários para a resposta a um aumento da concentração da leptina plasmática (FRIEDMAN e HALAAS, 1998). Assim, a resposta fisiológica observada com o aumento da leptina é diferente da resposta com a diminuição dela.

## 5 Ação periférica da leptina

Embora tenha sido acreditado inicialmente que todo o efeito da leptina era mediado por interação com áreas do hipotálamo que regulam o apetite, a reprodução e o metabolismo, um corpo crescente de literatura tem sugerido que a leptina tenha efeito direto sobre vários tecidos. BAI et al. (1996) foram os primeiros a observar que a leptina suprime a síntese da enzima acetil-CoA carboxilase, utilizada na biossíntese de ácidos graxos nos pré-adipócitos em cultura de tecidos, evidentemente, sem a participação do cérebro, sugerindo, assim, a presença de receptores no tecido gorduroso. SIEGRIST-KAISER et al. (1997) observaram que a leptina tem efeito direto no funcionamento do tecido adiposo marrom e tecido adiposo branco de camundongo. Os autores detectaram a presença do receptor no tecido adiposo por RT-PCR e a ativação de STATs específicas sugere que a via de sinalização seja mediada pela forma longa do receptor. Estas observações sugerem que a leptina pode exercer sua ação na redução do peso não somente por uma ação endócrina hipotalâmica, mas também por uma via autócrina ou parácrina sobre os adipócitos. SCARPACE et al. (1998) sugerem que o mecanismo pelo qual a leptina aumenta o gasto de energia seja por meio do aumento da expressão dos genes das proteínas desacopladoras (UCPs), tanto no tecido adiposo marrom quanto no tecido adiposo branco de ratos. RAMSAY (2001) observou aumento de 76% de lipólise nos adipócitos expostos por 2 horas à leptina in vitro, também sugerindo uma ação direta. QIAN et al. (1998) observaram deleção de adipócitos por apoptose após a administração intracerebroventricular de leptina em ratos.

SIERRA-HONIGMANN et al. (1998) encontraram a forma longa do receptor nas células endoteliais vasculares. Experimentos in vivo e in vitro demonstraram que a leptina pode induzir a angiogênese.

As formas curtas do receptor também podem mediar a transdução de sinal no interior da célula, embora de forma mais fraca que a forma longa (BJORBAEK et al., 1997). COHEN et al. (1996) investigaram o efeito da leptina sobre células do carcinoma hepático (HepG2) e verificaram que a leptina tem efeito oposto ao da insulina neste tecido. A resposta das células neste experimento foi atribuída à ação da forma curta do receptor encontrado nestas células, uma vez que a forma longa não foi detectada.

Uma das formas curtas do receptor, OB-Ra, parece ser a mais ubiqüamente expressa. Esta forma foi encontrada na glândula adrenal (CAO et al., 1997), na região

glomerular dos rins (GAL et al., 1997) e nos pulmões (GHILARD et al., 1996). Isto sugere que a leptina possa ativar receptores nestas células.

## 6 O gene da leptina suína e seus polimorfismos

NEUENSCHWANDER et al. (1996) verificaram que o gene OB de suíno está localizado no cromossomo 18. BIDWELL et al. (1997) obtiveram um RNA mensageiro, expresso no tecido adiposo de suíno, de 3.100 pares de base (pb). A análise da seqüência indicou que o gene ob possui três "exons" e dois "introns". Uma curta seqüência não traduzida foi identificada como "exon" 1 e a seqüência codificadora de aminoácidos estava localizada no segundo e terceiro "exons". A expressão do gene ob foi investigada em múltiplos tecidos de animais machos e em glândulas mamárias de fêmeas lactantes e não lactantes, sendo que apenas o tecido adiposo apresentou expressão do gene ob. A seqüência de bases do gene pode ser acessada pelo "GenBank" (U66254), sendo que o tamanho do primeiro "intron", assim como o "exon" 1, não pôde ser determinado por este autor.

RAMSAY et al. (1998) verificaram que o gene da leptina de suíno codifica um único transcrito de RNA mensageiro com aproximadamente 4,4 kb, similar em tamanho ao RNA mensageiro de humano. ROBERT et al. (1998) isolaram um RNA mensageiro de 2.477 pb do gene ob de suíno, o qual inclui a seqüência codificadora completa, como também a seqüência 5' e 3' não traduzida.

SPURLOCK et al. (1998) verificaram a expressão do gene OB no tecido adiposo de suínos e concluíram que a abundância de RNA mensageiro da leptina se correlaciona com a porcentagem de gordura corporal, o que também foi observado por ROBERT et al. (1998). Os níveis de RNA mensageiro de leptina apresentaram-se 4,1 vezes mais altos na gordura lombar de porcos Landrace gordos, quando comparados com porcos Landrace magros. Os estudos de BIDWELL et al. (1997) mostraram que a abundância do RNA mensageiro em porcos na fase de terminação (136 kg) foi 68% maior do que em animais em crescimento (60 kg). RAMSAY et al. (1998), ao dosarem a proteína do soro de suínos obesos, selecionados para maior espessura de toucinho, constataram que a quantidade era de aproximadamente 306% maior que os níveis presentes no soro dos contemporâneos com pouca espessura de toucinho, obtidos do cruzamento Landrace x Yorkshire.

ZHANG et al. (1997) compararam a leptina de diversas espécies (humano, gorila, chimpanzé, orangotango, macaco rhesus, cão, vaca, porco, rato e camundongo) e encontraram 67% de similaridade entre as seqüências. NEUENSCHWANDER et al. (1996), ao compararem a seqüência de cDNA de suíno com cDNA de camundongo e humano, encontraram similaridade de 84 e 86%, respectivamente. RAMSAY et al. (1998) obtiveram um clone de cDNA de toda a região codificadora da leptina de suíno (nº de acesso no "GenBank" U59894). Este cDNA apresentou 85% de homologia com a seqüência de rato ou camundongo e 88% de homologia com a seqüência de humano. A mais alta homologia foi observada com a seqüência de bovino (92%). A mesma comparação foi feita por BIDWELL et al. (1997), que encontraram similaridade de 89, 92 e 95%, respectivamente.

SASAKI et al. (1996) amplificaram um fragmento de, aproximadamente, 2.200 pb, o qual inclui as regiões de "exon" do gene ob. A digestão do fragmento com a

enzima Acil revelou um polimorfismo com um único par de alelos segregantes: AA com, aproximadamente, 850 pb e BB com, aproximadamente, 600 pb. O genótipo AB apresentou os dois fragmentos. Foram genotipados 91 animais resultantes de cruzamentos entre "Wild Boar" com Large White e Meishan com Large White.

STRATIL et al. (1997), com base na seqüência de NEUENSCHWANDER et al. (1996), usaram "primers" específicos para o gene da leptina. O produto amplificado resultou em um fragmento de 152 pb, que foi digerido com a enzima de restrição Hinf I, sendo detectados dois alelos: alelo T (fragmento com 152 pb, não cortado) e alelo C (resultante de um sítio de restrição, produzindo dois fragmentos, um com 68 pb e outro com 84 pb). Assim, três diferentes genótipos puderam ser observados. Foram genotipados sete animais da raça Meishan, 14 Large White, 12 Landrace, seis Pietrain, sete "Black Pied Poestice", seis Hampshire e 11 "Czech Meat Pig", sendo que o alelo C estava fixado nos animais da raça Meishan e o alelo T, próximo da fixação nas outras raças.

BORGES et al. (1998), utilizando os mesmos "primers" de STRATIL et al. (1997), identificaram dois alelos no gene da leptina, quando um fragmento com 152 pb foi digerido com a enzima de restrição Hinf I; o alelo T com 152 pb, o qual não foi digerido pela enzima, e o alelo C, apresentando um fragmento de 68 pb e outro com 84 pb, resultantes de um sítio para a enzima de restrição. Foram genotipados 22 Landrace, 49 Large White, 20 Pietrain, oito Piau, oito Monteiro e 31 SRD. Os autores sugeriram que o alelo C pode estar associado com o acúmulo de gordura, já que a maior freqüência deste ocorreu na raça Piau.

ROBERT et al. (1998) identificaram dois diferentes cDNAs, que divergem pela existência ou não de um códon (CAG) na posição 49, que codifica o aminoácido glutamina. Os autores observaram, por intermédio de análise com enzima de restrição do gene da leptina em população de Landrace, polimorfismo relacionado ao fenótipo magro. O polimorfismo encontrado com as enzimas BgIII e Hind III somente foi observado em indivíduos magros, enquanto polimorfismo observado com Xba I foi detectado em animais magros e gordos.

JIANG E GIBSON (1999) encontraram quatro polimorfismos diferentes em suínos, envolvendo pares de base isolados: C/T, A/G, C/T, e G/T. Estas substituições estavam nas posições 867, 1.112, 3.469 e 3.714, respectivamente. Foram genotipados 29 animais da raça Duroc, 29 Hampshire, 30 Landrace, 32 Large White e 30 animais da raça chinesa Erhualian, para possibilitar a comparação com as raças européias. Os dois primeiros polimorfismos ocorreram em "introns". Os dois últimos ocorreram na região codificadora, mas ambas eram silenciosas. Entretanto, as três últimas mutações mudaram o sítio de reconhecimento para as enzimas de restrição Taq I, Hinf I e Pst I, respectivamente. Os autores sugeriram possível associação entre o polimorfismo na posição 3649 e a deposição de gordura em suínos, mas as evidências não foram conclusivas, pois o alelo C nesta posição do gene estava fixado na população chinesa e o alelo T ocorreu com maior freqüência nos animais da raça Large White, selecionados para maior espessura de toucinho.

No Brasil, a partir de 1998, iniciou-se no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa a construção de uma população segregante de suínos utilizando como animais parentais 20 fêmeas de linhagem comercial (composto branco) e dois machos de raça nativa brasileira (Piau). Estes cruzamentos permitiram a seleção de 54 fêmeas e 12 machos F1 que foram acasalados e geraram a população

F2 onde nasceram 620 animais. Para a formação da geração F2, procurou-se acasalar as fêmeas F1 filhas de um macho nativo (C) com os machos filhos de outro macho nativo (J) e vice-versa. Alguns genes têm sido escolhidos como candidatos tendo como base suas funções fisiológicas, para serem estudados nestas famílias (Guimarães et al., 2001). Estes genes escolhidos têm sido seqüenciados, polimorfismos têm sido encontrados e os primeiros estão sendo avaliados por painéis de enzimas de restrição, para que possam ser utilizados como marcadores na F2 e tenham seus efeitos fenotípicos avaliados e mensurados. Dentre os genes já seqüenciados no Laboratório de Biotecnologia Animal do Depto de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa estão os genes da Leptina e o Receptor de Leptina (Soares, 2001) A geração F2 está sendo genotipada para os polimorfismos encontrados na tentativa de associa-los a algumas das características de produção mensuradas.

Dentre as alterações identificadas por SOARES 2001, no gene da Leptina, está a citada por STRATIL et al. (1997), onde em um dos machos nativos da geração parental, foi encontrada uma substituição T → C na posição 3.469 pb. Este polimorfismo reconhecido pela endonuclease Hinf I, está tendo sua freqüência levantada nos animais da geração F2, para que possa ser avaliado se apresenta algum efeito fenotípico, pois apesar de se encontrar em região exônica, não traz mudanças na composição de aminoácidos.

A seqüência de bases geradas pelo seqüenciamento automático do cDNA da leptina (FIGURA 1), gerada a partir de mRNA extraído de tecido adiposo de fêmeas parentais comerciais e dos machos parentais Piau não diferiu da seqüência relatada por RAMSAY et al. (1998) e ROBERT et al. (1998). A comparação das seqüências geradas pelo presente estudo com a seqüência publicada por NEUENSCHWANDER et al. (1996) mostrou haver divergência em seis bases. O mesmo número de diferenças também foi relatado por ROBERT et al. (1998). RAMSAY et al. (1998) encontraram variação de sete bases em relação à seqüência de NEUENSCHWANDER et al. (1996).

## 7 Polimorfismos no gene do receptor da leptina

Além do "splicing" anormal verificado no gene do receptor da leptina de camundongos db/db, outras alterações no gene já foram detectadas. PHILLIPS et al. (1996) encontraram uma mutação no gene dos camundongos fa/fa, que também apresenta obesidade, hipercolesterolemia, hiperlipidemia e hiperglicemia. Os autores encontraram uma única substituição de nucleotídeos (A→C) na posição 880 do cDNA, de uma região que é comum a todos os receptores conhecidos.

CONSIDINE et al. (1996) identificaram alteração na posição 668 do cDNA (A→G) do receptor da leptina humana, levando à substituição de glutamina por uma arginina na posição 223 da proteína. Os autores sugerem que a resistência à leptina, observada em humanos obesos, não seja decorrente do defeito no receptor da leptina.

CLÉMENT et al. (1998) investigaram o gene do receptor da leptina em uma família com nove irmãos, sendo que três deles apresentavam obesidade mórbida. Estes indivíduos apresentaram substituição de base (G→A) no sítio de "splice" do éxon 16. Os pais e quatro irmãos não afetados foram heterozigotos. Os afetados não

apresentaram puberdade e a secreção dos hormônios de crescimento e tireotrofina estava reduzida.

KOPECNÝ et al. (1997) detectaram polimorfismo no receptor da leptina de suíno. "Primers" foram desenhados para amplificar um fragmento de 380 pb. A observação de sua mobilidade em gel de eletroforese revelou a existência de dois fragmentos diferentes: alelo/variante A (mais lento) e alelo/variante B (mais rápido). Quando as duas variantes estavam presentes na mesma amostra, uma banda ainda mais lenta foi observada. Esta banda extra foi resultante de um heteroduplex. Em animais não relacionados de diferentes linhagens (Landrace, Large White, Black Pied Prestice, Pietrain, Duroc, Hampshire, Czech Meat Pig e Meishan), somente alelo/variante B foi observado. O alelo/variante A foi detectado somente em Pietrain.

Soares (2001), utilizando-se do cDNA gerado a partir do mRNA de tecido adiposo dentro do experimento executado na Universidade Federal de Viçosa, identificou a expressão do gene do receptor da leptina em tecido adiposo de fêmeas suínas comerciais e machos da raça nativa Piau.

A ação central da leptina por intermédio de receptores hipotalâmicos já é bem conhecida (STEPHENS et al., 1995; SCHWARTZ et al., 1996; ERICKSON et al., 1996a; ERICKSON et al., 1996b; SAHU, 1998; FRIEDMAN e HALAAS, 1998). A leptina atua ativando vias específicas de sinalização dentro da célula, sendo a forma longa do receptor a que poderia ativar tais vias (CHEN et al., 1996; LEE et al., 1996). Alguns pesquisadores têm sugerido que a atuação da leptina sobre o tecido gorduroso seja em resposta à presença de receptores nestes tecidos (BAI et al., 1996; SCARPACE et al., 1998; QIAN et al., 1998 e RAMSAY et al., 2001), o que foi confirmado pelo trabalho de SOARES, 2001. Segundo SIEGRIST-KAISER et al. (1997), a ativação de respostas específicas sugere que a via de sinalização do tecido gorduroso seja mediada pela forma longa do receptor.

## 8 Considerações finais

A leptina e seus receptores atuam em várias vias metabólicas, muitas delas já identificadas, mas permanecem inúmeras questões a serem respondidas a respeito do mecanismo de ação destes genes, assim como a regulação de suas atividades tanto nos tecidos periféricos quanto no sistema neuro-endócrino.

A utilização destes genes e de seus moduladores como marcadores de produção em programas de melhoramento dependerá do conhecimento mais profundo da atividade das proteínas nos diferentes sistemas em que parecem atuar.

**Figura 1** - Seqüência de bases gerada a partir do cDNA de um segmento do gene da leptina. As seqüências estão na linha superior e os aminoácidos correspondentes a cada códon estão posicionados logo abaixo destes.

```
TCCTACGTTGAAGCCGTGCCCATCTGGAGAGTCCAGGATGACACCAAACCCCTCATCAAGACGATTGTCACC
S Y V E A V P I W R V Q D D T K T L I K T I V T
AGGATCAGTGACATTTACACATGCAGTCTGTCTCCTCCAAACAGAGGGTCACCGGTTTGGACTTCATCCCT
R I S D I S H M Q S V S S K Q R V T G L D F I P
GGGCTCCATCCTGTCTGAGTTTGTCCAAGATGGACCAGACCCTGGCGATCTACCAACAGATCCTCACCAG
G L H P V L S L S K M D Q T L A I Y Q Q I L T
```

## 9 Referências bibliográficas

- AHIMA, R.S., PRABAKARAN, D., MANTZOROS, C., QU, D., LOWELL, B., MARATOS-FLIER, E., FLIER, J. Role of leptin in the neuroendocrine response to nasting. *Nature*, v.382, p.250-252, 1996.
- BAI, Y., ZHANG, S., KIM, K-S., LEE, J-K., KIM, K-H. Obese gene expression alters the ability of 30A5 preadipocytes to respond to lipogenic Hormones. *The Journal of Biological Cheemistry*, v.271, p.13.939-13.942, 1996.
- BANKS, W.A., KASTIN, A.J., HUANG, W., JASPAN, J.B., MANESS, L.M.. Leptin enters the brain by a saturable system independent of insulin. *Peptides*, v.17, p.305-311, 1996.
- BARRACHINA, M.D., MARTÍNEZ, V., WEI, J.Y., TACHÉ, Y. Leptin-induced decrease in food intake is not associated with changes in gastric emptying in lean mice. *American Journal of Physiology*, v.272, p.R1007-R1011, 1997.
- BIDWELL, C.A., JI, S., FRANK G.R., CORNELIUS, S.G., WILLIS, G.M., SPURLOCK. M. Cloning and expression of the porcine obese gene. *Animal Biotechnology*, v.8, n.2, p.191-206, 1997.
- BJORBAEK, C., UOTANI, S., DA SILVA, B., FLIER, J. S. Divergent signaling capacities of the long and short isoforms of the leptin receptor. *Journal of Biological Chemistry*, v.272, p.32.686-32.695, 1997.
- BORGES, G.S.N., SANTANA, B.A.A., FRANCO, M.M., BORGES, M., ANTUNES, R.C., GOULART, L.R. Determinação das frequências alélicas do gene da obesidade em diferentes raças suínas. *Genetics and Molecular Biology*, v.21, n.3, p.89, 1998. Supplement (abstract).
- CAMPFIELD, L.A., SMITH, F.J., GUISEZ, Y., DEVOS, R., BURN, P.Recombinant mouse OB protein: evidence for a peripheral signal linking adiposity and central neural networks. *Science*, v.269, p.546-549, 1995.
- CAO, G.Y., CONSIDINE, R.V., LYNN, R.B. Leptin receptors in the adrenal medulla of the rat. *American Journal of Physiology*, v.273, p.E448-E452, 1997.
- CHEN, H., CHARLAT, O., TARTAGLIA, L.A., WOOLF, E.A., WENG, X., ELLIS, S.J., LAKEY, N.D., CULPEPPER, J., MOORE, K.J., BREITBART, R.E., DUYK, G.M., TEPPER, R.I., MORGENSTERN, J.P.Evidence that the diabetes gene encodes the leptin receptor: Identification of a mutation in the leptin receptor gene in ob/ob mice. *Cell*, v.84, p.491-495, 1996.
- COHEN, B., NOVICK, D., RUBINSTEIN, M. Modulation of insulin activities by leptin. *Science*, v.274, p.1185-1188, 1996.
- COLEMAN, D.L. Effects of parabiosis of obese with diabetes and normal mice. *Diabetologia*, v.9, p.294-298, 1973.
- COLEMAN, D.L., HUMMEL, K.P.The influence of genetic background on the expression of the obese (ob) gene in the mouse. *Diabetologia*, v.9, n.4, p.287-293, 1973.
- CONSIDINE, R.V., CONSIDINE, E.L., WILLIAMS, C.J., NYCE, M.R., ZHANG, P., OPENTANOVA, I., AHANNESIAN, J.P., KOLACZYNSKI, J.W., BAUER, T.L., MOORE, J.H., CARO, J.F. Mutation screening and identification of a sequence Variation in the human OB gene coding region. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, v.220, n.3, p.735-739, 1996.
- CUMIN, F., BAUM, H-P., LEVENS, N.Leptin is cleared from the circulation primarily by the kidney. *International Journal of Obesity*, v.20, p.1120-1126, 1996.
- DE VOS, P., SALADIN, R., AUWERX, J., STAELS, B. Induction of ob gene expression by corticosteroids is accompanied by body weight loss and reduced food intake. *The Journal of Biological Chemistry*, v.270, n.27, .15.958-15.961, 1995.
- ERICKSON, J.C., CLEGG, K.E., PALMITER, R.D. Sensitivity to leptin and susceptibility to seizures of mice lacking neuropeptide Y. *Nature*, v.381, p.415-418, 1996b.
- ERICKSON, J.C., HOLLOPETER, G., PALMITER, R.D. Attenuation of the obesity syndrome of ob/ob mice by the loss of neuropeptide Y. *Science*, v.274, p.1704-1707, 1996a.
- FREDERICH, R.C., HAMANN, A., ANDERSON, S., LÖLLMANN B., LOWELL, B.B., FLIER J. Leptin levels reflect body lipid content in mice: evidence for diet-induced resistance to leptin action. *Nature Medicine*, v.1, p.1311-1314, 1995b.
- FREDERICH, R.C., LÖLLMANN, B., HAMANN, A., NAPOLITANO-ROSEN, A., KAHN, B.B., LOWELL, B.B., FLIER, J.S. Expression of ob mRNA and its Encoded Protein in Rodents - Impact of Nutrition and Obesity. *The Journal of Clinical Investigation*, v. 96, p.1658-1663, 1995a.
- FRIEDMAN, J.M. The alphabet of weight control. *Nature*, v.385, p.119-120, 1997.
- FRIEDMAN, J.M., HALAAS, J. Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature*, v.395, p.763-770, 1998.

- GAL, C.S-L., RAUFASTE, D., BROSSARD, G., POUZET, B., MARTY, E., MAFFRAND, J-P., FUR, G.L. Characterization and localization of leptin receptors in the rat kidney. *FEBS Letters.*, v.404, p.185-191, 1997.
- GHILARDI, N., ZIEGLER, S., WIESTNER, A., STOFFEL, R., HEIM, M.H., SKODA, C. Defective STAT signaling by the leptin receptor in diabetic mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.93, p.6231-6235, 1996.
- GONG, D. W., BI, S., PRATLEY, R. E., WEINTRAUB, B D. Genomic structure and promoter analysis of the human obese gene. *The Journal of Biological Chemistry*, v.271, n.8, p.3971-3974, 1996.
- GUIMARÃES, S.E.F., LOPES, P.S., WENCESLAU, A.A., PIRES A.V., SOARES, M.A.M., CARMO, F.M.S. O genoma dos suínos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 38o, Anais... Piracicaba, SP, Julho de 2001, 612 - 619p.
- HALAAS, J.L., GAJIWALA, K.S., MAFFEI, M., COHEN, S.L., CHAIT, B.T., RABINOWITZ, D., LALLONE, R.L., BURLEY, S.K., FRIEDMAN, J.M. Weight-reducing effects of the plasma protein encoded by the obese gene. *Science*, v.269, p.543-546, 1995.
- HAMMOUND, J. *Progress in the physiology of farm animals*. V.2, Butterworths, London.1955. Citados por FRISCH, R.E. Body fat, puberty and fertility. *Biol. Rev.*, v.59, p.161-188, 1984.
- HARRIS, R.B.S., ZHOU, J., REDMANN Jr., S.M., SMAGIN, G.N., SMITH, S.R., RODGERS, E., ZACHWIEJA, J.J. A Leptin dose-response Study in obese (ob/ob) and lean (+/?) mice. *Endocrinology*, v.139, n.1, p.8-19, 1998.
- HERVEY, G. The effects of lesions in the hypothalamus in parabiotic rats. *Journal of Physiology*, v.145, p.336-352, 1959.
- HOUSEKNECHT, K.L., MANTZOROS, C.S., KULIAWAT, R., HADRO, E., FLIER, J.S., KAHN, B.B. Evidence for leptin binding to proteins in serum of rodents and humans: modulation with obesity. *Diabetes*, v.45, p.1638-1643, 1996.
- JIANG, Z-H., GIBSON, J.P. Genetic polymorphisms in the leptin gene and their association with fatness in four pig breeds. *Mammalian Genome*, v.10, p.191-193, 1999.
- KENNEDY, G.C. The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proceedings of the Royal Society of London*, v.140, p.578-592, 1953.
- KOPECY, M., STRATIL, A., CEPICA, S. Polymorphism at the porcine LEPR gene detected by PCR-DGGE. *Animal Genetics*, v.28, p.461, 1997.
- LEE, G.H., PROENÇA, R., MONTEZ, J.M., CARROLL, K.M., DARVISH-ZADEH, J.G., LEE, J.I., FRIEDMAN, J.M. Abnormal splicing of the leptin receptor in diabetic mice. *Nature*, v.379, p.632-635, 1996.
- LEROY, P, DESSOLIN, S., VILLAGEOIS, P, MOON, B.C., FRIEDMAN, J.M., AILHAUD, G., DANI, C. Expression of ob gene in adipose cells. Regulation by insulin. *The Journal of Biological Chemistry*, v.271, n.5, p.2.365-2.368, 1996.
- MAFFEI, M., HALAAS, J., RAVUSSIN, E., PRATLEY, R.E., LEE, G.H., ZHANG, Y., FEI, H., KIM, S., LALLONE, R., RANGANATHAN, S., KERN, P.A., FRIEDMAN, J.M. Leptin levels in human and rodent: measurement of plasma leptin and ob RNA in obese and weight-reduced subjects. *Nature Medicine*, v.1, n.11, p.1155-1161, 1995.
- MARSHALL, F.H.A., HAMMOND, J. *The physiology of animal breeding, with special reference to the problem of fertility*. 2ª ed. Ministry of agriculture and fisheries. London, 1926. Citados por FRISCH, R.E. Body fat, puberty and fertility. *Biological of Reviews*, v.59, p.161-188, 1984.
- MASON, M.M., HE, Y., CHEN, H., QUON, M.J., REITMAN, M. Regulation of leptin promoter function by Sp1, C/EBP, and a novel factor. *Endocrinology*, v.139, n.3, p.1013-1022, 1998.
- MERCER, J.G., HOGGARD, N., WILLIAMS, L.M., LAWRENCE, C.B., HANNAH, L.T., TRAYHURN, P. Localization of leptin receptor mRNA and the long form splice variant (Ob-Rb) in mouse hypothalamus and adjacent brain regions by in situ hybridization. *FEBS Letters*, v.387, p.113-116, 1996.
- MEYER, C., ROBSON, D., RACKOVSKY, N., NADKARNI, V., GERICH, J. Role of the kidney in human leptin metabolism. *American Journal of Physiology*, v.273, p.E903-E907, 1997.
- MOINAT, M., DENG, C., MUZZIN, P., ASSIMACOPOULOS-JEANNET, F., SEYDOUX, J., DULLOO, A.G., GIACOBINO, J.P. Modulation of obese gene expression in rat brown and white adipose tissues. *FEBS Letters*, v.373, p.131-134, 1995.
- MURAKAMI, T., IIDA, M., SHIMA, K. Dexamethasone regulates obese expression in isolated rat adipocytes. *Biochemical and Biophysical Research communications*, v.214, n.3, p.1260-1267, 1995.
- NAKAZATO, M., MURAKAMI, N., DATE, Y., KOJIMA, M., MATSUO, H., KANGAWA, K., MATSUKURA, S. A role for ghrelin in the central regulation of feeding. *Nature*, v. 409, p.194-198, 2001.



- NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION- NCBI. GenBank.[2001]. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)
- NEUENSCHWANDER, S., RETTENBERGER, G., MEIJERINK, E., JÖRG, H., STRANZINGER, G. Partial characterization of porcine obesity gene (OBS) and its localization to chromosome 18 by somatic cell hybrids. *Animal Genetics*, v.27, p.275-278, 1996.
- NORTH, M.A. advances in the molecular genetics of obesity. *Current Opinion in Genetics & Development*, v.9, p.283-288, 1999.
- PARROTT, R.F., HEAVENS, R.P., BALDWIN, B.A. Stimulation of feeding in the satiated pig intracerebro-ventricular injection of neuropeptide Y. *Physiology & Behavior*, v.36, p.523-525, 1986.
- PELLEYMOUNTER, M.A., CULLEN, M.J., BAKER, M.B., HECHT, R., WINTERS, D., BOONE, T., COLLINS, F. Effects of the obese gene product on body weight regulation in ob/ob mice. *Science*, v.269, p.540-543, 1995.
- QIAN, H., AZAIN, M.J., COMPTON, M.M., HARTZELL, D.L., HAUSMAN, G.J., BAILE, C.A. Brain administration of leptin causes deletion of adipocytes by apoptosis. *Endocrinology*, v.139, p.791-794, 1998.
- RAMSAY, T.G., YAN, X., MORRISON, C. The obesity gene in swine: sequence and expression of porcine leptin. *The Journal of Animal Science*, v.76, p.484-490, 1998.
- RAMSAY, T.G. Porcine leptin alters insulin inhibition of lipolysis in porcine adipocytes in vitro. *The Journal of Animal Science*, v.79, p.653-657, 2001.
- RINK, T.J. In search of a satiety factor. *Nature*, v.372, p.406-407, 1994.
- ROBERT, C., PALIN, M-F., COULOMBE, N., ROBERGE, C., SILVERSIDES, F.G., BENKEL, B.F., MCKAY, R.M., PELLETIER, G. Backfat thickness in pigs is positively associated with leptin mRNA levels. *Canadian Journal of Animal Science*, v.78, p.473-482, 1998.
- SAHU, A. Evidence suggesting that galanin (GAL), melanin-concentrating hormone (MCH), neurotensin (NT), proopiomelanocortin (POMC) and neuropeptide Y (NPY) are targets of leptin signaling in the hypothalamus. *Endocrinology*, v.139, p.795-798, 1998.
- SALADIN, R., DE VOS, P., GUERRE-MILLO, M., LETURQUE, A., GIRARD, J., STAELS, B., AUWERX, J. Transient increase in obese gene expression after food intake or insulin administration. *Nature*, v.377, p.527-529, 1995.
- SASAKI, S., CLUTTER, A.C., POMP, D. Assignment of the porcine obese (leptin) gene to chromosome 18 by linkage analysis of a new PCR-based polymorphism. *Mammalian Genome*, v.7, p.471-472, 1996.
- SCARPACE, P.J., NICOLSON, M., MATHENY, M. UCP2, UCP3 and leptin gene expression: modulation by food restriction and leptin. *Journal of Endocrinology*, v.159, p.349-357, 1998.
- SCHWARTZ, M.W., SEELEY, R.J., CAMPFIELD, L.A., BURN, P., BASKIN, D.G. Identification of targets of leptin action in rat hypothalamus. *The Journal of Clinical Investigation*, v.98, p.1101-1106, 1996.
- SIEGRIST-KAISER, C.A., PAULI, V., JUGE-AUBRY, C.E., BOSS, O., PERNIN, A., CHIN, W.W., CUSIN, I., ROHNER-JEANRENAUD, F., BURGER, A.G., ZAPF, J., MEIER, C.A. Direct effects of leptin on brown and white adipose tissue. *The Journal of Clinical Investigation*, v.100, p.2858-2864, 1997.
- SIERRA-HONIGMANN, M.R., NATH, A.K., MURAKAMI, C., GARCÍA-CARDEÑA, G., PAPAPETROPOULOS, A., SESSA, W.C., MADGE, L.A., SCHECHNER, J.S., SCHWABB, M.B., POLVERINI, P.J., FLORES-RIVEROS, J.R. Biologic action of leptin as an angiogenic factor. *Science*, v.281, p.1683-1685, 1998.
- SINHA, M.K., OPENTANOVA, I., OHANNESIAN, J.P., KOLACZYNSKI, J.W., HEIMAN, M.L., HALE, J., BECKER, G.W., BOWSHER, R.R., STEPHENS, T.W., CARO, J.F. Evidence of free and bound leptin in human circulation. Studies in lean and obese subjects and during short-term fasting. *The Journal of Clinical Investigation*, v.98, n.6, p.1277-1282, 1996.
- SLIEKER, L.J., SLOOP, K.W., SURFACE, P.L., KRIAUCIUNAS, A., LAQUIER, F., MANETTA, J., BUEVALLESKEY, J., STEPHENS, T.W. Regulation of expression of ob mRNA and protein by glucocorticoids and cAMP. *The Journal of Biological Chemistry*, v.271, n.10, p.5301-5304, 1996.
- SPURLOCK, M.E., FRANK, G.R., CORNELIUS, S.G., JI, S., WILLIS, G.M., BIDWELL, C.A. Obese gene expression in porcine adipose tissue is reduced by food deprivation but not by maintenance or submaintenance intake. *The Journal of Nutrition*, v.128, p.677-682, 1998.
- SOARES, M.A.M. Estudo do gene da obesidade e de seu receptor em suínos. Tese de doutoramento apresentada à Universidade Federal de Viçosa. 108 pp. Viçosa MG. 2001
- STEPHENS, T.W., BASINSKI, M., BRISTOW, P.K., BUE-VALLESKEY, J. M., BURGETT, S.G., CRAFT, L., HALE, J., HOFFMANN, J., HSIUNG, H.M., KRIAUCIUNAS, A., MACKELLAR, W., ROSTECK Jr, P.R., SCHONER, B., SMITH, D., TINSLEY, F. C., ZHANG, X.-Y. and HEIMAN, M. The role of neuropeptide Y in the antiobesity action of the obese gene product. *Nature*, v.377, p.530-534, 1995.

- STRATIL, A., PEELMAN, L., POUCKE, M.V., CEPICA, S. A HinfI PCR-RFLP at the porcine leptin (LEP) gene. *Animal Genetics*, v.28, p.371-372, 1997.
- TARTAGLIA, L.A., DEMBSKI, M., WENG, X., DENG, N., CULPEPPER, J., DEVOS, R., RICHARDS, G.J., CAMPFIELD, L.A., CLARK, F.T., DEEDS, J., MUIR, C., SANKER, S., MORIARTY, A., MOORE, K.J., SMUTKO, J.S., MAYS, E.A., WOOLF, E.A., MONROE, C.A., TEPPER, R.I. Identification and expression cloning of a leptin receptor, OB-R. *Cell*, v.83, p.1263-1271, 1995.
- TRAYHURN, P., THOMAS, M.E.A., DUNCAN, J.S., RAYNER, D.V. Effects of fasting and refeeding on ob gene expression in white adipose tissue of lean and obese (ob/ob) mice. *FEBS Letters*, v.368, p.488-490, 1995.
- TRAYHURN, P., DUNCAN, J.S., RAYNER, D.V., HARDIE, L.J. Rapid inhibition of ob gene expression and circulating leptin levels in lean mice by the b3-adrenoceptor agonists BRL 35135A and ZD2079. *Biochemical and biophysical research communications*, v.228, n.2, p.605-610, 1996.
- VAISSE, C., HALAAS, J., HORVATH, C.M., DARNEL Jr., J.E., STOFFEL, M., FRIEDMAN, J.M. Leptin activation of Stat3 in the hypothalamus of wild-type and ob/ob mice not db/db mice. *Nature Genetics*, v.14, p.95-97, 1996.
- VILÀ, R., ADÁN, C., RAFECAS, I., FERNÁNDEZ-LOPES, J.A., REMESAR, X., ALEMANY, M. Plasma leptin turnover rates in lean and obese Zucker rats. *Endocrinology*, v.139, p.4466-4469, 1998.
- ZHANG, F., BASINSKI, BEALS, J.M., BRIGGS, S.L., CHURGAY, L.M., CLAWSON, D.K., DIMARCHI, R.D., FURMAN, T.C., HALE, J.E., HSIUNG, H.M., SCHONER, B.E., SMITH, D.P., ZHANG, X.Y., WERY, J.-P., SCHEVITZ, R.W. Crystal structure of the obese protein leptin-E100. *Nature*, v.387, p.206-209, 1997.
- ZHANG, Y., PROENÇA, R., MAFFEI, M., BARONE, M., LEOPOLD, L., FRIEDMAN, J.M. Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature*, v. 372, p.425-432, 1994.

# NUTRIENTES, HORMÔNIOS E GENES: EXEMPLOS DA REGULAÇÃO E OPORTUNIDADES PARA ALTERAR A SÍNTESE DE GORDURA.

Dante Pazzanese D. Lanna      Amanda Hayashi      Andrea A. F. B.V. José

Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP  
Av. Pádua Dias, 11. Piracicaba - SP dplanna@esalq.usp.br

## Resumo

Em organismos unicelulares, o comando do metabolismo é função das características do meio externo que regulam quando, por qual via e com que velocidade os nutrientes são utilizados. De forma diferente, células de animais superiores recebem sinais não apenas do ambiente, mas também de hormônios e outras substâncias produzidas em outros tecidos do organismo. Portanto, os nutrientes e os hormônios interagem para regular a expressão gênica em nível de transcrição/tradução, bem como na ativação ou desativação (pós-tradução) dos genes reguladores do uso de nutrientes. O conhecimento da "tecnologia da informação" utilizada pelas células e da natureza das interações determinantes das respostas dos tecidos aos parâmetros nutricionais e hormonais são fundamentais para a compreensão do metabolismo animal.

A descoberta de um grande número de ferramentas de biologia molecular permitiu a avaliação da expressão de diversos genes. O fato de que sinais (e.g. hormônios) produzidos em um tecido levam informações para outro tecido demonstra um grau de coordenação do uso dos nutrientes absorvidos. Certos hormônios são capazes de alterar o estado fisiológico do animal, orquestrando o fluxo (deposição e mobilização) dos compostos ingeridos. Este trabalho procura discutir alguns aspectos desta regulação do metabolismo, que geralmente envolve alterações de longo prazo com mudanças na expressão gênica. Esta coordenação do uso de nutrientes é chamada de homeorrese.

É fundamental compreender a regulação das enzimas importantes nas vias de síntese e mobilização de lipídios. Os mecanismos básicos responsáveis por alterações da expressão gênica de enzimas limitantes nas vias bioquímicas de síntese e hidrólise de macromoléculas tem sido intensivamente estudados. Nutrientes como carboidratos, ácidos graxos poliinsaturados, ácido linoléico conjugado e metabólitos intermediários como o malonil-CoA são importantes reguladores da expressão gênica ou da atividade enzimática. Entretanto, hormônios são capazes de alterar as respostas dos tecidos aos nutrientes. Mais importante, alguns hormônios são também capazes de alterar a resposta dos tecidos, tanto aos nutrientes quanto a outros hormônios.

É neste contexto que são conduzidos os esforços no sentido de manipular as taxas de crescimento dos tecidos, a composição corporal e, conseqüentemente a qualidade da carcaça.

---

<sup>0</sup>Parte deste material foi apresentado na Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

**Palavras chaves:** Enzimas lipogênicas, hormônios, nutrientes, regulação gênica, tecido adiposo.

## 1 Introdução

No século XVIII, Joseph Priestley, a quem Lavoisier chamava afetuosamente de "o herege honesto" fugiu para a América do Norte em busca de liberdade de religião e pensamento, e ali acabou por se estabelecer como um formidável pioneiro nos campos da fisiologia e da química (Kleiber, 1961). Priestley observou que: a) uma vela torna o ar de um recipiente impróprio para uma vela; b) um rato torna o ar de um recipiente impróprio para um rato; c) uma vela torna o ar impróprio para um rato; d) um rato torna o ar impróprio para uma vela; e finalmente, e) em um mesmo recipiente, a vela se extingue ao mesmo tempo em que o rato morre. Caberia a Lavoisier descobrir e descrever os processos envolvidos. Sua conclusão foi que "a vida é um processo de oxidação".

Em seu livro "The Fire of Life", Kleiber retoma as observações de Lavoisier, mas lembra que a vida é mais do que "uma combustão" pois, animais vivos, diferentemente do fogo, crescem. Na verdade a oxidação é apenas a condição necessária para a ocorrência do processo de crescimento, ou seja, do processo de síntese e ordenação de macromoléculas. Tanto o processo oxidativo, quanto a síntese de macromoléculas, envolvem grande número de vias bioquímicas. Estas vias bioquímicas são controladas tanto pela concentração de substratos quanto pela quantidade e atividade específica das enzimas. Pontos em uma via metabólica onde o fluxo do substrato é controlado, são verdadeiros "gargalos" metabólicos, chamados de **reações limitantes** cuja velocidade da reação é controlada pelas chamadas **enzimas reguladoras**.

Em animais com acesso a alimentos, a capacidade metabólica de um tecido parece ser determinada mais pela atividade enzimática do que pela concentração de substratos (Mackle et al., 2000). Na maioria dos casos, isto significa que o metabolismo controla a ingestão de alimentos e não vice-versa.

É claro que os mecanismos de controle da atividade das enzimas reguladoras da síntese e mobilização de lipídios no tecido adiposo são determinantes da composição e qualidade da carne suína. Exemplos dos efeitos de nutrientes e de seus metabólitos (e.g. glucose e ácido linoléico conjugado) e de hormônios (e.g. somatotropina e insulina) são discutidos no contexto dos estudos clássicos de nutrição e bioquímica, bem como no contexto dos estudos do genoma e proteoma.

## 2 Regulação da atividade enzimática

Em organismos unicelulares como as bactérias, as respostas metabólicas ocorrem em função das condições do meio externo. Em animais superiores, a homeostase faz com que as células tenham menos informações sobre o meio externo. Nestes organismos, as células recebem informações não só a partir dos nutrientes que entram na corrente sanguínea, mas também de substâncias sinalizadoras como os hormônios.

A atividade da enzima reguladora de uma determinada via bioquímica é controlada por mecanismos de curto e longo prazo. Níveis circulantes de diversos hormônios e nutrientes estão envolvidos na regulação de curto prazo da atividade de enzimas, principalmente pela disponibilidade de substratos e por mecanismos alostéricos.

As alterações de longo prazo na capacidade metabólica dos tecidos, denominada homeorrese, foram descritas por Bauman & Currie (1980), e podem ser definidas como "mudanças coordenadas no metabolismo dos diferentes tecidos com o objetivo de dar suporte a um estado fisiológico dominante".

Consistente com a hipótese original sobre homeorrese, os mecanismos homeostáticos de curto prazo (segundos ou minutos) continuam a funcionar em qualquer estado fisiológico. Entretanto, mudanças de longo prazo (horas ou dias) fazem com que os tecidos tenham respostas diferenciadas a estes mecanismos de regulação homeostáticos e, conseqüentemente, os nutrientes são preferencialmente direcionados para um determinado tecido.

Diversos mecanismos envolvidos nas adaptações homeorréticas do metabolismo foram descritos. Em suínos a somatotropina (ST) altera a atividade e abundância das enzimas sintase de ácidos graxos (FAS) e lipase sensível a hormônio (HSL) (José, 2000; Souza, 2001). Quanto aos nutrientes, o efeito repartidor de nutrientes do ácido linoléico conjugado (CLA) e a sua capacidade de alterar a atividade e abundância da FAS em suínos, ratos e bovinos vem sendo estudada (Hayashi & Lanna, não publicado; Medeiros et al., 2000). Estes trabalhos demonstram o potencial de se manipular o crescimento e a qualidade da carne de suínos.

### 3 Síntese de lipídios e expressão gênica

As bases fisiológicas das diferenças entre animais, quanto à eficiência de crescimento estão relacionadas ao potencial de produção do animal e, principalmente, à partição dos nutrientes entre os processos de deposição de proteína muscular e de lipídios.

As reservas energéticas corporais são armazenadas no tecido adiposo na forma de triglicerídios. A deposição líquida de lipídios representa o balanço entre a síntese (lipogênese) e mobilização (lipólise) de gordura. A importância relativa dos processos de lipogênese ou lipólise é dependente do balanço energético dos animais, sendo a lipogênese mais importante em animais em crescimento (i.e. balanço energético positivo).

A síntese de gordura pode ocorrer por duas vias bioquímicas diferentes: 1) reesterificação de ácidos graxos pré-formados; 2) síntese de *novo*. A primeira envolve a síntese de triglicerídios realizada através da reesterificação do glicerol e de mono ou diglicerídios com ácidos graxos pré-formados provenientes da dieta. A segunda via envolve a síntese de ácidos graxos, que no caso de suínos, ocorre em sua maior parte a partir dos carboidratos da dieta.

Nos animais domésticos (exceto em aves), a síntese *de novo* de lipídios ocorre no próprio tecido adiposo (Bauman & Davis, 1975) e envolve as enzimas lipogênicas acetil coenzima-A carboxilase (ACC) e FAS. Dentre outras enzimas presentes nos adipócitos, estas são consideradas regulatórias pois mudanças nas suas atividades são paralelas às mudanças nas taxas de síntese de ácidos graxos (Sinnott-Smith et al.,

1979). Isto sugere que sejam capazes de controlar o fluxo da via bioquímica de síntese dos ácidos graxos (Towle et al., 1997). Por sua vez, a concentração de enzimas lipogênicas neste tecido parece ser, em grande parte, determinada pela quantidade dos mRNAs que as codificam (Clarke, 1993).

É importante lembrar que o tecido adiposo não é apenas uma reserva de energia. Avanços no conhecimento da biologia do tecido adiposo identificam o adipócito como um importante mediador de muitos processos fisiológicos ligados ao metabolismo energético (Morrison & Farmer, 2000). A recente descoberta de que o tecido adiposo produz a leptina, um importante hormônio regulador do consumo (Zhang et al., 1994), demonstra o papel ativo do tecido adiposo na regulação do metabolismo. Outra substância endócrina importante liberada pelo adipócito é o fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ). Consequentemente, o tecido adiposo é hoje reconhecido como um importante órgão endócrino, desempenhando papel central em muitas patologias associadas com a obesidade, resposta imune e diabetes entre outros.

### 3.1 Regulação da expressão gênica de enzimas lipogênicas

#### 3.1.1 Carboidratos

A maior parte das enzimas envolvidas no metabolismo de carboidratos e lipídios são reguladas na transcrição do mRNA. Esta regulação ocorre tanto em função da presença de carboidratos quanto da presença de hormônios, notadamente da insulina. Segundo Girard et al. (1997) e Towle et al. (1997), dietas com alta quantidade de carboidratos e baixa de gorduras conduzem a um aumento na transcrição de um conjunto de enzimas envolvidas na glicólise e lipogênese.

Recentemente, estudos têm mostrado o papel central do citrato e do malonil-CoA na regulação do metabolismo e ingestão de alimentos, tanto nos tecidos periféricos quanto intracerebralmente (Ruderman et al., 1999). Estes autores sugerem que o malonil-CoA seja um metabólito central na sinalização da disponibilidade de combustíveis para as células. Altas concentrações de malonil-CoA indicariam um bom suprimento de combustíveis e seriam importantes para controlar alostericamente a atividade da palmitoil acil transferase, uma enzima limitante na via de oxidação de lipídios. O malonil-CoA também controlaria a concentração de ácidos graxos de cadeia longa e diacilglicerol e, secundariamente, das diferentes isoformas da proteína quinase C. Ainda que estas hipóteses tenham que ser confirmadas experimentalmente, resultados interessantes têm sido obtidos em trabalhos onde a atividade da FAS e a concentração de malonil-CoA foram alteradas tanto nos tecidos periféricos quanto no cérebro (Kuhajda et al., 2000; Thupari et al., 2001).

Em suínos em crescimento 80% da síntese de gordura é feita pela via *de novo*, utilizando glucose como substrato que, em suínos, ocorre no próprio tecido adiposo (Etherton et al., 1995). Apenas 20% da gordura sintetizada tem sua origem na gordura presente na dieta, função de baixa proporção das calorias (8%) na forma de ácidos graxos pré-formados em dietas convencionais. Dunshea et al. (1992), em estudos in vivo utilizando glucose marcada, mostraram que mais de 40% do "turnover" de glucose em um suíno de 80 kg é usado no tecido adiposo para a lipogênese.

Como a membrana do adipócito é pouco permeável a glucose, estas células dependem da difusão facilitada para a entrada deste nutriente. Portanto, além da

atividade das enzimas como ACC e FAS, outro sistema que pode ser alterado é o de transportadores de glucose na membrana celular, mecanismo este controlado por hormônios homeorréticos e homeostáticos (Bauman & Vernon, 1993). Entretanto, estudos recentes sugerem que o transporte de glucose talvez não seja o fator limitante à síntese de lipídios (Etherton, 2000), particularmente quanto ao efeito do hormônio do crescimento e da insulina.

### 3.1.2 Ácidos graxos de cadeia longa

Ácidos graxos de cadeia longa inibem a síntese de gordura a partir de mecanismos de curto e longo prazo. Tais ácidos graxos são conhecidos inibidores alostéricos da atividade da ACC (curto prazo) e em ratos em crescimento, dietas ricas em **ácidos graxos poliinsaturados (PUFA)** reduzem a expressão da FAS (longo prazo).

A supressão da abundância de mRNA da FAS e S14 em tecido hepático causada pela ingestão de PUFA, pode ser resultado de uma inibição da transcrição gênica, interferência com a maturação dos transcritos nascentes e/ou uma aceleração nas taxas de degradação de mRNA (Clarke & Jump, 1993). Segundo estes autores, a supressão da transcrição dos genes que codificam enzimas da via de síntese de ácidos graxos é consistente com a menor necessidade de síntese de gordura pela via *de novo* em animais que já apresentam altas taxas de síntese de gordura a partir de ácidos graxos pré-formados.

Diversos mecanismos são apontados como responsáveis pela regulação, pelos ácidos graxos, da expressão gênica. Entre eles os fatores de transcrição denominados SREBP (Brown & Goldstein, 1999).

### 3.1.3 SREBP

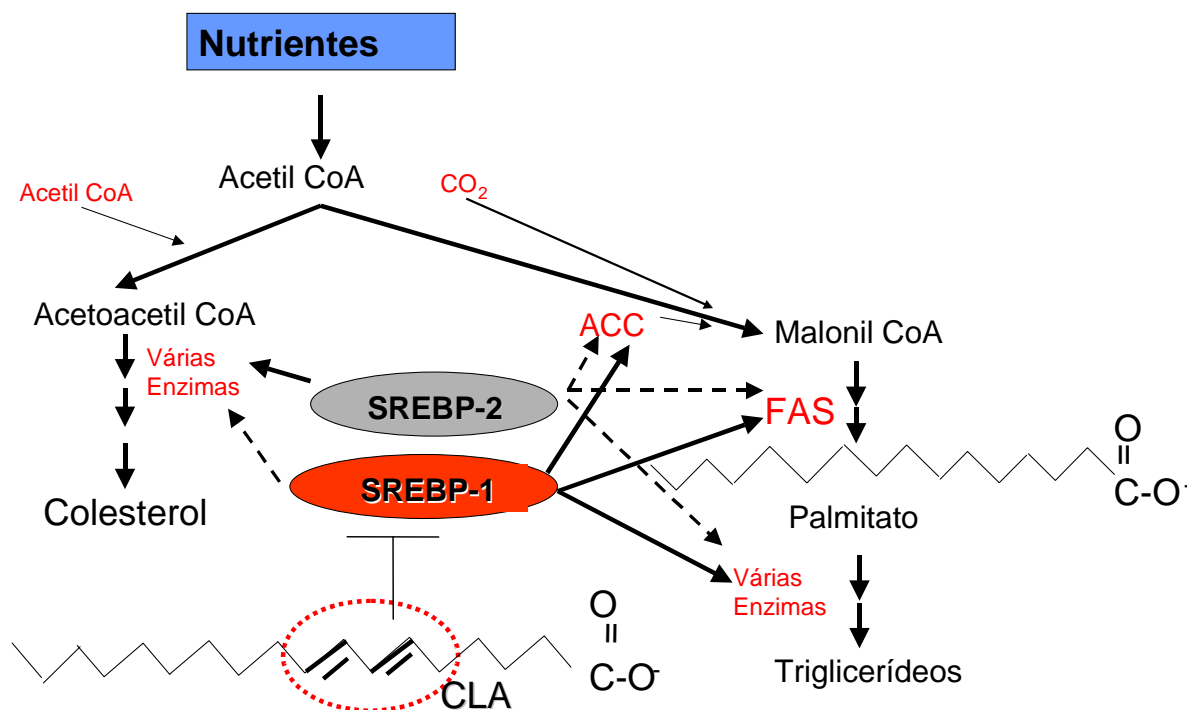
O controle exercido pelos PUFA nestas mudanças metabólicas ocorre em duas vias: uma que induz a transcrição de genes codificando proteínas envolvidas na oxidação lipídica (e.g. carnitina palmitoiltransferase e acil-CoA oxidase) e a segunda pela supressão de genes codificando proteínas envolvidas na síntese lipídica (e.g. FAS e ACC). Estes ácidos graxos parecem coordenar, em ratos, a inibição da transcrição de genes envolvidos na lipogênese no fígado, por rapidamente reduzir o conteúdo nuclear de fatores transcricionais lipogênicos denominados de proteínas ligantes aos elementos regulados por esteróides (SREBP - sterol regulatory element binding protein).

Na composição dos fosfolipídios, o balanço entre as proporções de colesterol, de ácidos graxos insaturados e de ácidos graxos saturados é importante para definir as propriedades e para manutenção da integridade das membranas celulares. Esta composição parece ser controlada pelos SREBPs (Brown & Goldstein, 1999, Xu et al., 2001). Existem três membros da família de SREBPs: 1a, 1c e 2. O SREBP-1 parece ser mais envolvido com a regulação dos genes envolvidos na lipogênese, enquanto o SREBP-2 parece ter maior influência na regulação da expressão dos genes colesterogênicos.

Estudos recentes sugerem que o teor de colesterol da célula adiposa é alterado com o aumento no tamanho da célula. Com a hipertrofia do adipócito o teor de colesterol nas membranas é reduzido e o teor no interior da célula é aumentado.

Estas alterações poderiam estar associadas às mudanças na atividade metabólica dos adipócitos em função do seu tamanho, particularmente do metabolismo de glucose (Le Lay et al., 2001).

Os mecanismos de ação dos SREBPs, na ativação ou supressão de rotas metabólicas de colesterolgênese e lipogênese estão descritos abaixo. Os PUFA estariam envolvidos em uma redução da concentração do SREBP-1. Conseqüentemente, reduziriam a quantidade da ACC e FAS (Figura 1). Como será visto adiante, o CLA parece ter um efeito mais pronunciado em relação a outros PUFAs na redução da concentração de mRNA do SREBP-1 (Tsuboyama-Kasaoka et al., 2000).



**Figura 1** — Mecanismo proposto para efeito do ácidos graxos, por meio do SREBPs, na regulação de enzimas chave da lipogênese (setas cheias indicam efeito maior, enquanto setas pontilhadas indicam menor efeito).

### 3.1.4 Ácido linoléico conjugado

Embora a inibição da síntese de gordura *de novo* por ácidos graxos de cadeia longa seja conhecida há muitos anos, apenas recentemente determinou-se que um isômero específico (18:2 trans10, cis12) de ácido linoléico conjugado (CLA) têm uma maior capacidade de inibir a síntese de gordura tanto na glândula mamária quanto no tecido adiposo.

Este ácido graxo capaz de inibir a síntese *de novo* de gordura, faz parte de um grupo de moléculas denominadas ácidos linoléicos conjugados, presentes principalmente na gordura de ruminantes. O termo CLA, embora normalmente descrito no singular, refere-se ao conjunto de isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecadienóico com duplas ligações conjugadas, isto é, separadas por uma ligação simples (McGuire et al., 1997). Estas ligações conjugadas podem ser



encontradas nas posições dos carbonos 7 e 9, 9 e 11, 10 e 12, entre outros, e podem assumir as diferentes configurações espaciais *cis* e *trans*.

O CLA é formado naturalmente no rúmen pela biohidrogenação incompleta de ácidos graxos poliinsaturados presentes na dieta (Griinari & Bauman, 1999) ou ainda endogenamente, através da dessaturação do ácido graxo C18:1 *trans*-11 pela enzima delta 9 dessaturase presente na glândula mamária (Corl et al., 2000). O CLA pode ser sintetizado, também em monogástricos, pela dessaturação do *trans* C18:1 pela ação da mesma enzima, sendo que nestes animais a contribuição dos microorganismos é relativamente menor.

O isômero de CLA com duplas ligações nas posições *cis*-9, *trans*-11 tem recebido grande atenção, pois diversos estudos em modelos animais *in vivo* e *in vitro* demonstraram, para diversos tecidos, sua propriedade em inibir o crescimento de diferentes tipos de tumores (Ip, 1994; Ip et al., 1997; Parodi, 1997). A National Academy of Sciences americana considera este composto a única gordura que inequivocamente protege seres humanos contra o câncer. Um dos objetivos dos trabalhos com CLA, é aumentar o teor deste isômero no leite e na carne para obtenção de um alimento funcional.

O isômero 18:2 *cis*-9, *trans*-11, além de seus comprovados efeitos anticarcinogênicos, também parece estar envolvido em estimular a taxa de crescimento em ratos. Este isômero estimula, de forma específica, a taxa de crescimento do tecido magro.

Efeitos distintos do *cis*9, *trans*11 tem sido observados para o isômero do CLA 18:2 *trans*-10, *cis*-12. Baumgard et al. (2000) demonstraram que este isômero e potencialmente um segundo isômero (*cis*-8, *trans*-10) são os responsáveis pela inibição da síntese de gordura na glândula mamária. Da mesma forma este isômero estaria ligado à redução na síntese e deposição de gordura no tecido adiposo e no fígado. Aparentemente, isômeros de CLA ou seus metabólitos que contenham uma dupla ligação de configuração *trans* na posição 10 da cadeia de ácido graxo parecem ter um efeito inibitório sobre a síntese de gordura do leite (NRC, 2001).

Recentemente, obtivemos uma redução de 25% no teor de gordura do leite de vacas suplementadas com sais de cálcio de CLA contendo diferentes isômeros, dentre os quais o *trans*-10, *cis*-12 (Medeiros et al., 2000). Neste mesmo estudo conseguimos dobrar a concentração do isômero 18:2 *cis*9, *trans*11, que contém propriedades anticarcinogênicas.

O mecanismo exato pelo qual o CLA atua no metabolismo de lipídios não está totalmente elucidado. Segundo Tsuboyama-Kasaoka et al., (2000) ratos suplementados com CLA por 5 meses mostraram um decréscimo na concentração de leptina plasmática e diminuição 88% e 72% na atividade da FAS e ACC, respectivamente, e a abundância de mRNA de SREBP-1 também tendeu a diminuir. Como proposto na figura 1, a redução de SREBP-1 seria o mecanismo envolvido na redução de ACC e FAS. É possível supor que a diminuição de leptina plasmática pode contribuir para um quadro de resistência à insulina (Tsuboyama-Kasaoka et al., 2000), porém estes resultados estão ligados a alterações da massa adiposa e do próprio tamanho da célula.

Em suínos em crescimento recebendo dietas suplementadas com quantidades crescentes de uma mistura de CLÃS, contendo 30,5% de *trans*10, *cis*12 e 24,5% de *cis*9, *trans*11, Ostrowska et al. (1999) examinaram a composição da carcaça e as taxas de acréscimo de gordura, proteína, água e matéria mineral, e, observaram,

que na dosagem de 1% de CLA na dieta ocorria um aumento na deposição de tecido magro e decrescia a deposição de gordura em aproximadamente 31%.

Estes resultados com simultâneo aumento da deposição de músculo e redução da deposição de gordura parecem requerer uma mistura de CLAs contendo o cis9, trans11 e o trans10, cis12. Mais estudos serão necessários para identificar as doses ideais de cada um destes isômeros para maximizar o ganho (efeito anabólico sobre a musculatura) e a eficiência de conversão (redução do teor de gordura por um efeito de redução do anabolismo de lipídios).

O pronunciado efeito de redução do teor de gordura subcutânea com uso do CLA demonstra o potencial de utilização deste composto, na prática, com o objetivo de alterar a composição e a qualidade da carcaça. Utilizando os resultados de Ostrowska et al. (1999) podemos prever que o CLA permitiria o abate de animais com maior teor de músculo em menor tempo. Outra possibilidade seria utilizar o produto para abater os animais mais pesados, mas com carcaças de mesma composição. A elevação do peso de abate pode trazer ganhos econômicos independente da sua composição em gordura e músculo.

Thiel-Cooper et al. (2001) verificaram que suínos recebendo uma mistura de CLA na dieta (contendo 14% do isômero 18:2 trans10, cis12 e 12,3% do isômero 18:2 cis9, trans11), aumentaram o ganho médio diário linearmente com o aumento da concentração de CLA na dieta. Houve um aumento na área de olho de lombo apenas para a dosagem mais baixa. Este aumento da taxa de ganho e na deposição do *Longissimus* parece consistente com os efeitos observados em ratos para o 18:2 cis9, trans11. Também se observou uma redução na espessura de gordura subcutânea em relação ao grupo controle de 13,1%, consistente com os resultados anteriores obtidos por Ostrowska et al. (1999). Como o consumo de alimentos não foi alterado, houve uma melhora da eficiência, de acordo com a redução do teor de gordura.

Bee (2000), observou que a adição de CLA (2%, 0,43% de 18:2 trans10, cis12) na dieta de porcas em lactação aumentou o ganho de peso e ingestão dos leitões no período pós-desmama em relação às mães que receberam somente ácido linoléico (2%), independente da dieta inicial que os leitões receberam. A presença de CLA na dieta inicial dos leitões aumentou a atividade da glucose-6 fosfato desidrogenase e enzima málica no tecido adiposo, mas não houve mudanças na atividade da FAS. Estes resultados, difíceis de interpretar, sugerem que novos trabalhos devam ser conduzidos. Os resultados também sugerem que nossa compreensão do efeito dos diferentes isômeros de CLA, em diferentes dosagens e em diferentes épocas da vida produtiva dos animais, é ainda incipiente.

Os resultados disponíveis demonstram que o CLA representa uma nova possibilidade de agente repartidor. Entretanto, diferentemente de beta-adrenérgicos e do hormônio do crescimento, a restrição da sociedade ao CLA deve ser bem menor. Trata-se de um nutriente já presente na gordura e para o qual foram demonstradas importantes propriedades benéficas à saúde do consumidor.

### 3.1.5 Hormônio do crescimento

A somatotropina ou hormônio do crescimento parece ter papel importante na coordenação do uso de nutrientes por diversos tecidos, papel este desempenhado

através de inúmeros mecanismos, incluindo a modulação da expressão de diversos genes (Bauman & Vernon, 1993).

Grande ênfase tem sido dada à ação da somatotropina nos adipócitos. Estas células contém receptores para a ST que atua de forma crônica, inibindo a síntese de lipídios e/ou facilitando a lipólise, dependendo do estado nutricional do animal. A redução na lipogênese é o principal efeito observado em animais em balanço positivo de energia, enquanto maiores taxas de lipólise são observadas em animais em balanço neutro ou negativo de energia (Lanna et al., 1995a). A somatotropina inibe a expressão das enzimas limitantes da via de síntese de gordura (Magri et al., 1990; Harris et al., 1990; Lanna et al., 1994, 1995a).

Wang et al. (1999) observaram, em culturas de tecido adiposo de suínos, que a habilidade da somatotropina em inibir a síntese de lipídios requer mais de 4 horas para ser observada. Este intervalo parece refletir o tempo requerido para a somatotropina alterar a abundância de mRNAs envolvidos na lipogênese, uma vez que a actinomicina D bloqueia estes efeitos da ST (Bauman & Vernon, 1993).

Diversos trabalhos demonstraram redução na atividade enzimática da FAS com tratamento com ST (Mildner & Clarke, 1991; Harris et al., 1993; Lanna et al., 1994; Lanna et al., 1995a; Donkin et al., 1996; Wang et al., 1999). Mildner e Clarke (1991) observaram também redução na concentração de mRNA da FAS em tecido adiposo de suínos tratado com ST. Utilizando a técnica de QC-RT-PCR, em culturas de tecido adiposo de suínos tratadas com pST por 48 horas, observamos redução de 40% na abundância de mRNA da FAS (José, 2000). Resultados obtidos por Donkin et al. (1996) também sugerem que a estabilidade do mRNA da FAS seja reduzida pela ST.

Lanna et al. (1994) e José (2000) observaram pequenas reduções na quantidade total da FAS após incubação de tecido adiposo com ST por 48 horas. Estes resultados são consistentes com a literatura, pois alterações maiores na atividade da FAS não deveriam ser esperadas em razão da meia vida desta enzima ser de aproximadamente 48 horas (Nakanishi & Numa, 1970). Embora ocorra uma rápida redução na abundância de mRNA desta enzima limitante, a redução da quantidade de proteína (e atividade) da FAS no tecido adiposo requer mais tempo. Portanto, a redução na lipogênese observada em tecido adiposo *in vitro* no curto prazo (4-8 horas) sugere que outros mecanismos devem estar envolvidos. Talvez estes dados sejam um indicativo de que as reduções na transcrição dos genes destas enzimas podem ser consequência e não a causa da inibição da lipogênese.

### 3.2 ST × Insulina

Outro importante hormônio de efeitos pleiotrópicos, a insulina, age como regulador do metabolismo e como promotor do crescimento, agindo nas células alterando a expressão de diversos genes e ativando enzimas e processos de transporte. Como discutido anteriormente, quando animais bem nutridos são tratados com somatotropina ocorre uma acentuada queda na deposição de gordura, acompanhada de uma sensível redução na sensibilidade do tecido adiposo ao estímulo da lipogênese pela insulina (Walton & Etherton, 1986; Lanna et al., 1994, Etherton & Bauman, 1998).

Resultados obtidos no nosso laboratório com tecido adiposo de ratos demonstram que a ST reduz a quantidade do IRS-1 e IRS-3 e da PI-3K, bem como da quantidade de IRSs associadas com a PI-3K ou da quantidade de IRS-3 fosforilada (Castro, 2001).

Estes resultados são consistentes com estudos do efeito da ST sobre a resposta à insulina no fígado e no músculo observadas por Thirone et al. (1997). Apesar de outros sistemas serem alterados, inclusive a PKC, estes resultados parecem consistentes com um efeito da ST já nas primeiras etapas da transdução do sinal insulínico.

### 3.3 Lipólise

A ação da somatotropina em estimular o catabolismo das gorduras foi sugerida primeiramente por Greenbaum (1953), citado por Etherton & Louveau, (1992). Desde então um enorme esforço de pesquisa foi direcionado à compreensão deste sistema. Apesar do grande número de trabalhos conduzidos desde a década de 60, resultados recentes, particularmente de estudos com camundongos transgênicos com "knock-out" das lipases endógenas (Osuga et al., 2000), demonstram que estamos longe de esclarecer os mecanismos envolvidos.

A lipase sensível a hormônio (HSL) é uma lipase endógena considerada a enzima limitante na via de hidrólise dos triglicerídios (Belfrage, 1984). Aumentos da ordem de 20 a 40% na atividade desta enzima tem sido observados com tratamentos com ST em adipócitos 3T3-F442A (Dietz & Schwartz, 1991) e ratas lactantes (Vernon et al., 1993). Lanna et al. (1995b) demonstraram modestos aumentos na atividade total da HSL (enzima ativada), sendo estes efeitos muito inferiores aos aumentos na taxa de lipólise da ordem de 500% observados in vivo (Sechen et al., 1989).

Lanna et al. (1995b) e Vernon et al. (1993) concluíram que apesar de efeitos modestos na quantidade da HSL terem sido consistentemente observados, os maiores efeitos parecem ser na alteração do mecanismo intracelular de ativação da HSL pelo sistema da adenilato ciclase. Inicialmente, imaginou-se que o aumento da lipólise era função de um aumento direto na resposta a beta-adrenérgicos, provavelmente em função de aumentos no número destes receptores (Watt et al., 1991). Posteriormente, demonstramos (Lanna et al., 1995a; Lanna & Bauman, 1999) que este aumento é função de uma menor resposta a adenosina (um agente autócrino/parácrino) e uma menor atividade da proteína G inibitória (Housecknecht & Bauman, 1997). Estes efeitos da ST em reduzir a resposta a adenosina são notavelmente semelhantes àqueles observados durante períodos de subnutrição em ratos (Chohan et al., 1984).

Em culturas crônicas (48 horas) de tecido adiposo demonstramos um aumento na quantidade de mRNA da HSL em explantes tratados com ST (Souza, 2001). Este aumento em nível de transcrição é consistente em magnitude com o aumento demonstrado para a atividade da HSL. Entretanto os resultados com animais transgênicos com "knock-out" do gene da HSL parecem demonstrar que existem outras lipases no tecido adiposo envolvidas na mobilização das reservas (Osuga et al., 2000). Nos camundongos com inativação do gene da HSL os ratos não só apresentavam lipólise basal como respondiam a beta-adrenérgicos.

## 4 Conclusões

O objetivo desta revisão foi discutir alguns mecanismos que regulam a síntese e a mobilização de lipídios. Avanços do conhecimento nesta área requerem o estudo de

vários mecanismos complexos que controlam a resposta metabólica, entre eles: a expressão gênica de enzimas/transportadores; a ativação das enzimas/transportadores; outras modificações pós-traducionais. Mecanismos de regulação de curto e longo prazo envolvem as informações transmitidas por hormônios, por sinalizadores parácrinos e pelos nutrientes, bem como a interação entre estes.

O ácido linoléico conjugado, apesar de ser um nutriente, apresenta alguns isômeros capazes de notáveis efeitos sobre a síntese de gorduras e sobre a taxa de ganho. Conseqüentemente, o CLA pode ser utilizado para alterar a composição e a qualidade das carcaças.

O avanço no conhecimento da via de transdução do sinal insulínico tem permitido compreender os mecanismos pelos quais a ST reduz a resposta ao efeito lipogênico da insulina.

Os efeitos da ST sobre a lipólise devem ser reavaliados, função dos novos conhecimentos sobre a importância relativa da lipase sensível a hormônio.

## 5 Referências

- BAUMAN, D. E. and R. G. VERNON. 1993. Effects of Exogenous Bovine Somatotropin On Lactation. *Annu.Rev.Nutr.* 13,437-461.
- BAUMAN, D. E. and CURRIE, W. B. 1980. Partitioning of Nutrients During Pregnancy And Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis And Homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, 63, 1514-1529.
- BAUMAN, D. E. and DAVIS, C. L. 1975. Regulation of Lipid Metabolism. In: *Digestion And Metabolism In The Ruminant*. Eds: I.W. McDonald And A.C.I Warner. Butterworths, London, 67-83.
- BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D. E., 2000. Identification Of The Conjugated Linoleic Acid Isomer That Inhibits Milk Fat Synthesis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 278(1), 179.
- BEE, G., 2000. Dietary conjugated Linoleic acid consumption during pregnancy and lactation influences growth and tissue composition in weaned pigs. *Journal Nutrition*, 130, 2981-2989.
- BELFRAGE, P. 1984. Hormonal Control of Lipid Degradation. In: *New Perspectives In Adipose Tissue: Structure, Function And Development*. Eds. A. Cryer And R.L.R. Van, Butterwoths, London. Pp. 121-144.
- BROWN, M. S. AND GOLDSTEIN, J. L., 1999. A proteolytic pathway that controls the cholesterol content of membranes, cells, and blood. *Proc. Natl. Acad. Sci USA*, 96, 11041-11048.
- CHOHAN, P., C. CARPENTER And E. D. SAGGERSON. 1984. Changes In The Antilipolytic Action And Binding To Plasma Membranes of N6-Phehylisopropyladenosine In Adipocytes From Starved And Hypothyroid Rats. *Biochem. J.* 223, 53-59.
- CLARKE, S. D. 1993. Regulation of Fatty Acid Synthase Gene Expression: An Approach For Reducing Fat Accumulation. *Journal of Animal Science*, 71, 1957-1965.
- CLARKE, S. D. and JUMP, D. B. 1993. Regulation of Gene Transcription By Polyunsaturated Fatty Acids. *Progress On Lipids Research*, 32, 139-149.

- CORL, B. A.; L. H. BAUMGARD; D. A. DWYER; J. M. GRIINARI, B. S. PHILIPS; BAUMAN, D. E. 2000. The Role of Delta-9-Desaturase In The Production Of Cis-9, Trans-11 CLA And Other Delta-9 Desaturated Fatty Acids In Milk Fat. *J. Dairy Sci.* 83 (Suppl. 1): 164.
- DIETZ, J. and J. SCHWARTZ. 1991. Growth Hormone Alters Lipolysis And Hormone-Sensitive Lipase Activity In 3T3-F442A Adipocytes. *Metabolism* 40(8):800-806.
- DONKIN, S. S.; CHIU, P. Y.; YIN, D.; LOUVEAU, I.; SWENCKI, B.; VOCKROTH, J.; EVOCK-CLOVER, C. M.; PETERS, J. L.; ETHERTON, T. D. 1996. Porcine Somatotropin Differentially Down-Regulates Expression of The GLUT4 And Fatty Acid Synthase Genes In Pig Adipose Tissue. *Journal Nutrition*, 126, 2568-2577.
- DUNSHEA, F. R.; HARRIS, D. M.; BAUMAN, D. E.; BOYD, R. D.; BELL, A. W. 1992. Effect of Porcine Somatotropin On In Vivo Glucose Kinetics And Lipogenesis In Growing Pigs. *Journal Of Animal Science*, 70, 141-151.
- ETHERTON, T. D. 2000. The Biology of Somatotropin In Adipose Tissue Growth And Nutrient Partitioning. *Journal of Nutrition*, 130, 2623-2625.
- ETHERTON, T. D. and LOUVEAU, I. 1992. Manipulation of Adiposity By Somatotropin And b-Adrenergic Agonists: A Comparison of Their Mechanisms Of Action. *Proceedings of The Nutrition Society*, 51, 419-431.
- ETHERTON, T. D., DONKIN, S. S. and BAUMAN, D. E. 1995. Mechanisms by which porcine somatotropin (pST) decreases adipose tissue growth in growing pigs. In: SMITH, S.B.; SMITH, D.R.; CHAMPAIGN, IL. *The Biology of Fat in Meat Animals*. Am. Soc. Anim. Sci., 53-69.
- GIRARD, J.; CHATELAIN, F., BOILLOT, J.; PRIP-BUUS, C.; THUMELIN, S.; PÉGORIER, JP.; FOUFELLE, F.; FÉRRE, P. 1997. Nutrient Regulation of Gene Expression. *Journal of Animal Science*, 75, 46-57.
- GRIINARI, J. M. and BAUMAN, D. E. 1999. Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid And Its Incorporation Into Meat And Milk In Ruminants. In: *Conjugated Linoleic Acid: Biochemical And Nutrition Clinical, Cancer, And Methodological Aspects*, Ed. AOCS Press, Champaign.
- HARRIS, D. M., DUNSHEA, F. R., BAUMAN, D. E., BOYD, R. D.. 1990. Effect of In Vivo Porcine Somatotropin (Pst) Treatment on In Vitro Lipogenesis of Porcine Adipose Tissue. *FASEB J.* 4:A505.(Abstr.)
- HARRIS, D. M., DUNSHEA, F. R., BAUMAN, D. E., BOYD, R. D., WANG, S.-Y., JOHNSON, P. A., CLARKE, S. D. 1993. Effect of Vivo Somatotropin Treatment of Growing Pigs on Adipose Tissue Lipogenesis. *J.Anim.Sci.* 71, 3293-3300.
- HOUSEKNECHT, K. L., and D. E. BAUMAN. 1997. Regulation of Lipolysis By Somatotropin: Functional Alteration of Adrenergic And Adenosine Signaling In Bovine Adipose Tissue. *J. of Endocrinology* 152, 465-475.
- IP, C., JIANG, C., THOMPSON, H. J., Et Al. 1997. Retention of Conjugated Linoleic Acid In The Mammary Gland Is Associated With Tumor Inhibition During The Post-Initiation Phase of Carcinogenesis. *Carcinogenesis*. 18, 755-759, 1997.
- IP, C. 1994. Conjugated Linoleic Acid In Cancer Prevention Research: A Report of Current Status And Issues. *Research Report N. 100-4*; The National Livestock And Meat Board, Chicago, IL.

- JOSÉ, A. A. F. B. V. Efeito Do Hormônio Do Crescimento Na Expressão Gênica Da Sintetase De Ácidos Graxos Em Animais Em Crescimento. Piracicaba, 2000. 65p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior De Agricultura "Luiz De Queiroz", Universidade de São Paulo.
- KLEIBER, M. The Fire of Life: An Introduction To Animal Energetics. Joh Wiley & Sons, 1961, P. 454.
- KUHAJDA, F. P.; PIZER, E. S.; LI, J. N.; MANI, N. S.; FREHYWOT, G. L.; TOWNSEND, C. A., 2000. Synthesis and Antitumor Activity of An Inhibitor Of Fatty Acid Synthase. Proceedings of National Academy Science, 97, 3450-3454.
- LANNA, D. P. and BAUMAN, D. E., 1999. Effect of Somatotropin, Insulin, And Glucocorticoid on Lipolysis In Chronic Cultures of Adipose Tissue From Lactating Cows. J Dairy Sci., 82(1),60-8.
- LANNA, D. P. D.; HOUSEKNECHT, K. L.; HARRIS, D. M.; BAUMAN, D. E., 1995a. Effects of Somatotropin Treatment on Lipogenesis, Lipolysis and Related Cellular Mechanisms In Adipose Tissue of Lactating Cows. Journal of Dairy Science, 78(8), 1703-1712,
- LANNA, D. P. D., HOUSEKNECHT, K. L., BAUMAN, D. E., 1995b. "Efeito da Somatotropina (Bst) E b-Adrenérgicos Sobre a Lipólise e Lipase Sensível A Hormônio em Vacas Em Lactação". Pesquisa Agropecuária Brasileira. 30(12):2175-2182.
- LANNA, D. P. D., DWYER, D. A. BAUMAN, D. E., 1994. "Somatotropin and The Control of Lipogenesis By Insulin And Adenosine In Pig Adipose Tissue". Journal of Animal Science 72(Suppl. 1):161.
- LE LAY, S. KRIEF, S., FARNIER, C. LEFRERE, I, LE LIEPVRE, X., BAZIN, R., FERRE, P E DUGAIL, I. Cholesterol, a Cell Size-Dependent Signal that Regulates Glucose Metabolism and Gene Expression in Adipocytes. Journal of Biological Chemistry, 276(20):16904-16910.
- MACKLE, T. R.; DYER, D. A.; INGVARTSEN, K. L.; CHOUINARD, P. Y.; ROSS, D. A.; BAUMAN, D. E., 2000. Evaluation of Whole Blood And Plasma In The Interorgan Supply of Free Amino Acids for The Mammary Gland of Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci., 83, 1300-1300.
- MAGRI, K. A., ADAMO, M.; LEROITH, D.; ETHEERTON, T.D., 1990. The Inhibition of Insulin Action and Glucose Metabolism By Porcine Growth Hormone In Porcine Adipocytes Is Not The Result of Any Decrease In Insulin Binding or Insulin Receptor Kinase Activity. Biochem. J. 266,107-113.
- McGUIRE, M. A; McGUIRE, M. K.; McGUIRE, M. S.; GRIINARI, J. M., 1997. Bovine Acid: The Natural CLA. Cornell Nutrition Conference For Feed Manufacturers, Oct., 217-226.
- MEDEIROS, S. R.; OLIVEIRA, D. E.; AROEIRA, L. J. M.; McGUIRE, M.; BAUMAN, D. E.; LANNA, D. P. D., 2000 The Effect Of Long-Term Supplementation Of Conjugated Linoleic Acid (CLA) To Dairy Cows Grazing Tropical Pasture. Journal of Animal Science, 78: Suppl. 1.
- MILDNER, A. M. and CLARKE, S. D. 1991. Porcine Fatty Acid Synthase: Cloning of A Complementary DNA, Tissue Distribution of Its Mrna And Supression Of Expression By Somatotropin And Dietary Protein. Journal Nutrition, 121, 900-907.
- MORRISON, F. and FARMER, S. R., 2000. Hormonal Signalling and Transcriptional Control of Adipocyte Differentiaion. Journal of Nutrition, 130, 3116S-3121S.

- NAKANISHI, S. and NUMA, S. 1970. Purification of Rat Liver Acetyl Coenzyme A Carboxylase and Immunochemical Studies on Its Synthesis And Degradation. *Eur.J.Biochem.* 16,161-173.
- NRC (Nutrient Requirements of Dairy Cattle 2001 7th ed. National Academic Press, Washington D.C. -352pg
- OSTROWSKA, E.; MURALITHARAN, M.; CROSS, R. F.; BAUMAN, D. E.; DUNSHEA, F. R., 1999. Dietary Conjugated Linoleic Acids Increase Lean Tissue And Decrease Fat Deposition In Growing Pigs. *Journal of Nutrition*, 129, 2037-2042.
- OSUGA, J. J.; OKA, S. I. T.; YAGYU, H.; TOZAWA, R.; FUJIMOTO, A.; SHIONOIRI, F.; YAHAGI, N.; KRAEMER, F.B.; Tsutsumi, O.; Yamada, N., 2000. Targeted disruption of hormone-sensitive lipase results in male sterility and adipocyte hypertrophy, but not in obesity. *Medical Sci.*, 97, 787-792.
- PARODI, P. W. 1997. Cows' milk Fat Components As Potential Anticarcinogenic Agents. *J. Nutr.*, 127, 1055-1060.
- RUDERMAN, N. B.; SAHA, A. K.; VAVVAS, D.; WITTERS, L. A., 1999. Malonyl-Coa, Fuel Sensing, And Insulin Resistance. *Am. J. Physiol.*, 276: E1-E18.
- SECHEN, S. J., BAUMAN, D. E., TYRRELL, H. F.; REYNOLDS, P. J., 1989. Effect of Somatotropin on Kinetics of Nonesterified Fatty Acids And Partition of Energy, Carbon, And Nitrogen In Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 72:59-67.
- SINNETT-SMITH, P. A.; VERNON, R. G.; MAYER, R. J., 1979. Fatty Acid Synthesis And The Activities of Fatty Acid Synthesizing In Rat Adipose Tissue During Pregnancy And Lactation. *Biochemical Society Transactions*, 7(2), 388-389.
- SOUZA, E. P. M. Efeito Do Hormônio Do Crescimento No Sistema Lipolítico Em Bovinos: Avaliação da Atividade Da Lipase Sensível A Hormônio E Da Concentração de Rnam da Lipase e da Proteína G Inibitória. Piracicaba, 2001. 73p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz De Queiroz", Universidade De São Paulo.
- THIEL-COOPER, R. L.; PARRISH, F. C.; SPARKS, J. C.; Wiegand, B. R., EWAN, R. R., 2001. Conjugated Linoleic Acid Changes Swine Performance And Carcass Composition. *Journal of Biological Chemistry*, 276, 9800-9807.
- THIRONE, A. C., CARVALHO, C. R. BRENELLI, S. L.; et al. 1997. Phosphorylation hormone treatment on insulin signal transduction in rat tissues. *Molecular and Cellular endocrinology* 130: 33-42.
- THUPARI, J. N.; PINN, M. L.; KUHAJDA, F. P., 2001. Fatty acid synthase inhibition in human breast cancer cells leads to malonyl-CoA-induced inhibition of fatty acid oxidation and cytotoxicity. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 285, 217-23.
- TOWLE, H. C.; KAYTOR, E. N.; SHIH, H., 1997. Regulation of The Expression of Lipogenic Enzyme Genes By Carbohydrate. *Annual Review of Nutrition*, 17, 405-433.
- TSUBOYAMA-KASAOKA, N.; TAKAHASHI, M.; TANEMURA, K.; KIM, H.-J.; TANGE, T.; OKUYAMA, H.; KASAI, M.; IKEMOTO, S.; EZAKI, O., 2000. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes*, 46, 1534-1542.
- VERNON, R. G., PIPEROVA, L., WATT, P. W., FINLEY, E., LINDSAY-WATT, S., 1993. Mechanisms Involved In The Adaptations of The Adipocyte Adrenergic Signal-Transduction System And Their Modulation By Growth Hormone During The Lactation Cycle In The Rat. *Bioch. J.*, 289, 845-851.



- WALTON, P. E. AND ETHERTON, T. D., 1986. Stimulation of Lipogenesis By Insulin In Swine Adipose Tissue: Antagonism By Porcine Growth Hormone. *J. Anim. Sci.* 62, 1584-1595.
- WATT, P. W., FINLEY, E. CORK, S., CLEGG, R. A., VERNON, R. G., 1991. Chronic Control of The  $\beta$ ? And A2?Adrenergic Systems Of Sheep Adipose Tissue By Growth Hormone And Insulin. *Biochem. J.* 273,39-42.
- WANG, Y.; FRIED, S. K.; PETERSEN, R. N.; SCHOKNECHT, P. A. 1999. Somatotropin Regulates Adipose Tissue Metabolism In Neonatal Swine. *Journal of Nutrition*, 129, 139-145.
- XU, J.; TERAN-GARCIA, M.; PARK, J. H. I.; NAKAMURA, M. T.; CLARKE, S.D., 2001. Polyunsaturated fatty acids suppress hepatic sterol regulatory element-binding protein-1 expression by accelerating transcript decay. *Journal of Nutrition*, 129, 139-145.
- YIN, D.; CLARKE, S. D.; PETERS, J. L.; ETHERTON, T. D., 1998. Somatotropin-Dependent Decrease In Fatty Acid Synthase Mrna Abundance In 3T3-F442A Adipocytes Is The Result of A Decrease In Both Gene Transcription And Mrna Stability. *Biochemical Journal*, 331, 815-820.
- ZHANG, Y. ET al. *Nature* 372, 425-432. 1994.

# RETROSPECTIVA E PERSPECTIVA DA MELHORIA GENÉTICA DA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Renato Irgang

Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil  
e-mail: rirgang@cca.ufsc.br

## 1 Retrospectiva

Os suínos têm servido à humanidade como fonte de alimentos proteicos e energéticos desde há muitos séculos. Flint (1883) observou que "os suínos são fáceis de criar e de engordar e proporcionam um meio fácil e rentável de converter resíduos de baixo custo da agricultura em produtos comercializáveis ... e são criados para a produção de carne, sendo o principal objetivo dos criadores o de produzir um tipo de animal que renda a maior quantidade possível de carne e de banha".

O conceito do suíno como fonte de alimentos proteicos e energéticos foi muito importante na primeira metade do século passado, quando ocorreram duas guerras mundiais. De acordo com Jones (1998), durante aquele período os suínos eram a fonte principal de carne em muitos países devido ao seu alto conteúdo de gordura. A presença de grandes quantidades de toucinho em suínos era comum em diversos genótipos. No Brasil, 50 mm de espessura de toucinho (ET) em suínos abatidos com 90 kg de peso vivo era comum em raças nativas, como a Piau, e em raças estrangeiras (Moreira et al., 1976; Irgang et al., 1991); na China, algumas raças ainda apresentam 40 mm ou mais de ET (Cheng, 1984), e nos Estados Unidos da América do Norte (EUA), de acordo com Jones (1998), é comum a média de 30 mm de ET, na altura da décima costela, em suínos da raças Berkshire e Spotted.

Após a II Guerra Mundial, verificou-se uma grande mudança na genética dos suínos. A banha, ou toucinho, que até então era usada para fritar carne e preparar outros alimentos, passou a ser substituída pelo óleos vegetais, principalmente de soja. Campanhas contra o consumo de carne de suínos passaram a ser feitas, sugerindo que causava dano à saúde humana, devido ao seu alto teor de gordura. Esse fato, no entanto, foi o ponto a partir do qual os criadores de suínos resolveram mudar seus objetivos de seleção, passando a dar mais importância e a criar animais com mais carne e menos gordura, visando atender a demanda e preferências dos consumidores.

Na Dinamarca, um programa de seleção para melhorar geneticamente a qualidade da carcaça dos suínos foi iniciado em 1896, antes mesmo da primeira grande guerra mundial. O programa incluiu as duas raças de pelagem branca, Large White e Landrace (Pedersen et al., 1984; Jones, 1998). O objetivo dos criadores dinamarqueses era de aumentar a quantidade de carne magra para exportar carcaças de suínos para a Inglaterra (Jones, 1998). Para isso usaram a redução da ET subcutânea como critério de seleção. Em seu artigo sobre limites da seleção em suínos, Fredeen (1984) apresentou um gráfico com dados publicados por Clausen em 1972, indicando que a ET média na progênie de animais testados na Dinamarca foi de

41 mm em 1926/1927 (amplitude de 28 a 56 mm), 34 mm em 1946/1947 (amplitude de 24 a 48 mm), e 22 a 23 mm em 1970/1971 (amplitude de 14 a 34 mm), ilustrando os ganhos genéticos obtidos pelo programa de seleção.

No Reino Unido, no século passado, também foram obtidos ganhos genéticos significativos na redução da ET e no aumento da quantidade de carne magra na carcaça de suínos. De acordo com Wood (1984), a ET diminuiu de 21 mm em 1975 para 15 mm em 1982. Devido a essa melhoria, machos e fêmeas Large White e Landrace da Dinamarca e do Reino Unido foram comercializados para diversos países europeus e da América do Norte (Jones, 1998). No período de 1960 a 1980, criadores brasileiros de suínos importaram reprodutores Landrace e Large White de diversos países europeus. Além de Landrace e Large White, trouxeram Duroc dos EUA e do Canadá, e Pietrain da Alemanha e Inglaterra, com o objetivo de substituir os genótipos locais e de melhorar geneticamente o plantel já existente, para produzir carcaças com mais carne e menos gordura. As conseqüências das mudanças nos genótipos foram consideráveis. Enquanto que suínos mestiços, do cruzamento de Duroc, Landrace e Large White, criados no início da década de 1980 e abatidos com 100 kg de peso vivo, apresentavam 26 mm de ET e 46,3% de rendimento de carne (Irgang e Protas, 1986), suínos mestiços do cruzamento daquelas três raças e de Pietrain, criados em 1996 e abatidos com peso idêntico, apresentavam 17 a 18 mm de ET e 56% de rendimento de carne (Irgang et al., 1997).

O melhoramento genético dos suínos durante os últimos 50 anos estava centrado na redução da idade de abate, no aumento do rendimento de carne na carcaça, e na melhoria da conversão alimentar. Isso foi possível devido à intensa testagem de machos e fêmeas em Estações Centrais e nas granjas, usando-se o aumento da taxa de crescimento e redução da ET como critérios de seleção (Sather and Fredeen, 1978). Devido à variação genética aditiva disponível, e às correlações genéticas favoráveis entre as características selecionadas e os objetivos da seleção, obtiveram-se ganhos genéticos significativos que resultaram na redução da idade de abate para um determinado peso, no aumento do rendimento de carne e na redução da quantidade de ração consumida por kg de ganho em peso. Como resultado, passou-se a produzir animais mais jovens e com menos gordura na carcaça.

Diversos genes com efeitos maiores foram descobertos durante os 20 a 30 últimos anos. No entanto, nenhum teve tanto impacto na suinocultura como o gene halothano Hal<sup>n</sup>, devido ao seu efeito no aumento da quantidade de carne nas carcaças. A possibilidade de se obter ganhos consideráveis no rendimento de carne nas carcaças em curto espaço de tempo, fez com que o gene Hal<sup>n</sup> fosse intensamente utilizado. Linhas diferentes de machos cruzados ou compostos foram desenvolvidas, geralmente utilizando-se genes de Pietrain e / ou Landrace Alemão e / ou Landrace Belga, para a produção de suínos de abate. De acordo com Sellier (1998a), a vantagem de suínos Hal<sup>nn</sup> em relação aos Hal<sup>NN</sup> em rendimento de carne é de um desvio padrão, em média (3,4%), e de 0,4 desvio padrão a vantagem (1,2%) dos Hal<sup>Nn</sup> sobre os Hal<sup>NN</sup>. Fávero et al. (1997) observaram aumento de um ponto percentual no rendimento de carne de machos cruzados para cópia adicional do gene Hal<sup>n</sup>, enquanto que Webb (1998) relatou diferenças de 1 a 3% no rendimento de carne de leitões Hal<sup>Nn</sup> sobre os Hal<sup>NN</sup> da mesma leitegada.

Enquanto que a seleção em suínos nos últimos 50 anos foi dedicada ao aumento da quantidade de carne nas carcaças, pouca atenção foi dada à melhoria da qualidade

da carne. A ocorrência de correlações genéticas adversas entre conteúdo e qualidade da carne causou mudanças significativas em algumas características. Barton-Gade (1990) relatou redução no conteúdo de pigmentos, redução da % de gordura intramuscular (GIM) e aumento na resistência ao corte da carne, porém menor incidência de carne PSE e ausência de mudança no pH final (pH<sub>U</sub>) da carne de suínos Landrace, Large White, Duroc e Hampshire criados na Dinamarca de 1983 a 1988. Goodwin (1997) resumiu informações da literatura e mostrou que a GIM do lombo de suínos Duroc e Large White / Yorkshire foi, respectivamente, de 7,44% e 4,32% em 1965, de 6,30% e 2,90% em 1987, e de 2,89% e 1,62% em 1993. Essa redução da GIM beneficiou certos produtos tais como presunto cozido, que requer baixo conteúdo de GIM, (de Vries et al., 1998), mas piorou a qualidade da carne de suínos para consumo "in natura" e para produção de presunto defumado, que requerem maiores conteúdos de GIM bem distribuída na carne.

O melhoramento genético aplicado aos suínos nas últimas décadas foi muito bem sucedido e resultou em genótipos eficientes na produção de carne. É possível afirmar-se que sustentou a produção de carcaças com mais carne e com menos gordura, de acordo com a demanda e a satisfação dos consumidores.

## 2 Perspectivas

Queixas de que a seleção aumentou excessivamente a quantidade de carne e diminuiu a quantidade de gordura na carcaça dos suínos são ouvidas com frequência. Na indústria, a associação de carcaças com mais carne com carne PSE resultou em maior perda de água por exudação ou gotejamento, e em carne mais pálida e mole, numa piora da qualidade dos produtos e numa falta de uniformidade na produção de presuntos (Bañon et al., 1997).

Possivelmente as características que mais sofreram os efeitos adversos do gene Hal<sup>n</sup> foram aquelas que receberam menos atenção em relação à qualidade da carne. O debate sobre a manutenção ou erradicação do gene halothano das populações de suínos tem sido intenso durante os últimos anos. Parece não haver dúvidas de que o gene deve ser erradicado de linhas maternas (de Vries et al., 1998), mas a discussão sobre sua presença ou ausência nos suínos de abate ainda não está concluída. Enquanto que Christian (1997) recomendou eliminar totalmente o gene de populações de suínos, e Webb (1998) foi a favor de sua completa eliminação pelo fato de se poder restaurar o conteúdo de carne magra nas carcaças pela seleção de genes com efeito menor na quantidade de carne, Meadus (1998) sugeriu que a carne de suínos Pietrain deveria ser comercializada na forma de cortes com baixo conteúdo calórico, e Sellier (1998a) e de Vries et al. (1998) argüiram de que não se pode tomar uma conclusão geral sobre o gene pelo fato da decisão correta depender de fatores como manejo pré-abate, sistema de pagamento de carcaças (tipificação) e formas de consumo da carne (cozida vs defumada vs fresca). Outra razão a considerar é o fato de que, acordo com Kauffman e Warner (1993), nem todos os músculos estão sujeitos a grandes variações na qualidade, com os da paleta não apresentando a condição PSE, enquanto que os do lombo e do pernil são muito sensíveis à mesma condição. Enquanto existem evidências indicando que o gene Hal<sup>n</sup> tem efeitos genéticos aditivos favoráveis sobre o rendimento de carne, existem evidências de que o mesmo gene tem

efeitos genéticos aditivos adversos sobre a qualidade da carne (Sellier, 1998b). O que se espera é que, em futuro breve, a genética molecular, o sequenciamento do DNA e outras técnicas possam responder a questão, proporcionando então o destino mais adequado ao gene.

Outras características de qualidade da carne também mudaram nas últimas décadas, como resultado da seleção para aumento do rendimento de carne em suínos. A cor da carne, por exemplo, é mais pálida hoje do que era no passado, como consequência da produção de animais mais precoces e do gene halothano. Independente do gene halothano e de seus efeitos, porém, a cor da carne tem sido uma característica bastante importante em alguns mercados, como o norte-americano, onde a carne de suínos foi bastante divulgada como "a outra carne branca". Aparência, maciez, suculência e sabor ou aroma estão relacionadas à palatabilidade e qualidade da carne, que são importantes para os consumidores (Ellis and McKeith, 1993). De acordo com esses autores, maciez e suculência estão correlacionados com GIM, e, de acordo com Sellier (1998b), maiores níveis de GIM e de  $pH_u$  estão associados geneticamente, de forma moderada a alta, com aceitação geral da carne de suínos ( $r_g = 0,59$  to  $0,61$ ). Tentativas para definir um valor limite para GIM têm sido feitas por Ellis and McKeith (1993, 2,5%), Honikel (1993, > 1,5%), Oliver (1994, 2,0%), Meadus (1998, = ou > 2,0%) e outros, sabendo-se já, por meio desses e de outros autores, que as médias de GIM na carne suína estão abaixo dos valores limites propostos, a não ser quando genes de Duroc estão envolvidos na produção dos suínos para o abate (Barton-Gate, 1990; Irgang et al., 1997; Sellier, 1998a). Sobre o  $pH_u$ , pode-se afirmar que a suas estimativas de herdabilidade são consistentes, em torno 0,21 (Hovenier et al., 1992, 1993; Goodwin, 1997; Sellier, 1998b), e que tem correlação genética favorável com outras características de qualidade da carne tais como perda de água por exudação (- 0,71), capacidade de retenção de água (+ 0,45), cor (reflectância, - 0,53), perda no cozimento (-0,68), rendimento de produto tecnológico do pernil (+ 0,70), maciez (+ 0,49) e aceitação geral da carne (+ 0,59), que, de modo geral, são maiores do que qualquer outra característica de qualidade da carne (Sellier, 1998b).

A melhoria genética da qualidade da carne de suínos por meio de características tais como GIM,  $pH_{45}$ ,  $pH_u$ , condutividade elétrica, capacidade de retenção de água, perda de água por gotejamento ou outra qualquer, não é simples. Em primeiro lugar, porque as medidas devem ser feitas na carcaça de animais aparentados, ou então em amostras coletadas por biópsia, e, em segundo lugar, porque os níveis adequados de cada característica podem variar de acordo com o peso de abate, com o corte de carne, destino final do produto e mercado onde será distribuído. Uma vez que as informações coletadas nos animais aparentados estiverem disponíveis, elas podem ser avaliadas utilizando-se a metodologia de BLUP, junto com outras características dos animais sob avaliação, coletadas nas granjas. A outra opção seria a de utilizar genes detectados em suínos, com efeitos conhecidos sobre a qualidade da carne, na produção de suínos de abate com destino industrial previamente conhecido.

Uma questão que não é nova, mas que está recebendo atenção crescente na suinocultura, é a de que se um nível adequado de gordura subcutânea na carcaça de suínos já foi alcançado, não devendo-se selecionar mais para aumentar o rendimento de carne nas carcaças, ou se ainda existe espaço para aumentar o rendimento de carne magra na carcaça? Enquanto que em alguns mercados a demanda de produtos

cárneos de suínos pelos consumidores é bem conhecida, em outros a demanda dos consumidores não é conhecida com exatidão, o que torna muito difícil a tomada de decisões genéticas. Em um artigo publicado há 17 anos, Wood (1984) escreveu que "alguns negociadores estão sugerindo que mais atenção deve ser dada à qualidade da carne de suínos, e alguns poucos afirmam inclusive que a tendência atual de redução da ET deve ser eliminada ou no mínimo reduzida. Entretanto, as pesquisas de intenção dos consumidores continuam apontando que a demanda nos pontos de venda é de um produto com menor proporção de gordura em relação à carne". É interessante observar que naquela época a ET média no ponto P<sub>2</sub> em suínos do tipo bacon, abatidos com 90 kg de peso vivo, já era de apenas 15 mm no Reino Unido. O mesmo autor escreveu na época que os países da Comunidade Européia estavam cientes que a tendência da qualidade da gordura era de piorar à medida que aumentasse a quantidade de carne magra nas carcaças, e que 10 mm de ET foi considerado como o ponto abaixo do qual as queixas sobre a qualidade da gordura aumentariam sensivelmente".

O nível adequado de quantidade de carne magra nas carcaças de suínos depende do tipo de produto a ser obtido, do destino final e método de processamento da carne, e do mercado onde os produtos serão distribuídos. As preferências dos consumidores norte-americanos certamente são diferentes daquelas dos consumidores do Reino Unido, que são diferentes das preferências dos consumidores da Espanha e Itália, que são diferentes das preferências dos consumidores da China e do Japão, e assim por diante. Mesmo tendo mercados similares para produtos suínos, ou seja, 75% de carne processada e 25% de carne "in natura", os tipos de produtos suínos consumidos no Brasil são diferentes dos consumidos nos EUA (Ellis and McKeith, 1993; Zydek, 1997). Portanto, as decisões de programas de melhoramento genético de suínos devem ser tomadas de acordo com a demanda dos consumidores e dos mercados onde os produtos finais serão comercializados.

Entendemos que, para continuar proporcionando aos consumidores brasileiros de carne suína produtos de boa qualidade, os programas de melhoramento genético que objetivam a produção de carne para produção de presunto cozido devem selecionar animais para aumento da quantidade de carne na carcaça, com baixo teor de GIM, e com limites máximo de 60 a 62% de carne e mínimo de 0,8% e máximo de 1,4% de GIM, dependendo do gosto e método de processamento; isto implica em abater suínos com 100 a 110 kg de peso vivo, com mínimo de 10 a 12 mm de ET medida no abatedouro, na altura da última costela, e a 6 cm da linha dorsal mediana; com relação à produção de carne para consumo "in natura", e para produção de salsichas e salames diversos, suínos abatidos com 100 a 110 kg de peso vivo não devem ter menos do que 15 e mais do que 20 mm de ET, com atenção especial para o lombo, para consumo "in natura", devido ao seu baixo conteúdo de GIM.

A possibilidade de combinar informações de suínos coletadas no mercado, na indústria de abate e de processamento industrial, nas granjas de produção e da genética molecular, sugere que o melhoramento genético de suínos irá continuar proporcionando aos consumidores produtos com preço acessível, saudáveis, apetitosos e com qualidade nutricional, nos anos por vir.

### 3 Bibliografia

- BAÑÓN, S.; GRANADOS, M. V.; LENCINA, J. And GARRIDO, M. D. Meat quality control for dry-cured ham processing. *Fleischwirtschaft International*. n. 6, p. 14-17, 1997.
- BARTON-GATE, P. A. Danish experience in meat quality improvement. In: Proc. 4th. World Congress Applied to Livestock Production. v. 15, p. 511-520, 1990.
- CHENG, P. A highly prolific pig breed of China -The Taihu pig. *Pig News and Information*. v. 5, n.1, p. 13-18, 1984.
- CHRISTIAN, L. L. Effect of the stress gene on quality. In:Quality Summit, Des Moines, Iowa, July 8-9, 1997. p. 35-48, 1997.
- ELLIS, M. and McKEITH, F. K. Factors affecting the eating quality of pork. In: Hollis, G.R. Growth of the pig. Wallingford, Cab International, p. 215-239, 1993.
- FÁVERO, J. A.; COUTINHO, L. L. e IRGANG, R. Influência do gene halothano sobre o desempenho produtivo de suínos. In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 8. p. 395-396, 1997.
- FLINT, L. C. The American Farmer, v. II. Hartford, Ralph H. Park & Co. Hartford, p. 359, 1883.
- FREDEEN, H. T. Selection limits: have they been reached with pigs ? *Can. J. Anim. Sci.* v. 64, p. 223-234, 1984.
- GOODWIN, R. Genetic effects on pork quality. In:Quality Summit, Des Moines, Iowa, July 8-9, 1997. p. 25-34, 1997.
- HONIKEL, K. O. Quality of fresh pork - review. In: Puolanne, D.I. et al. Pork Quality: Genetic and Metabolic Factors. Helsinki, Cab International, p. 203-216, 1993.
- HOVENIER, R.; KANIS, E.; van ASSELDONK, Th. and WESTERINK, N.G. Genetic parameters of pig meat quality traits in a halothane-negative population. *Livestock production Science*. V. 32, p.309-321, 1992.
- \_\_\_\_\_ Breeding for meat quality in halothane-negative populations - review. *Pig News and Information*. v. 14, p. 17N-25N, 1993.
- IRGANG, R.; MONTICELLI, C. J.; DALA COSTA, O. e FÁVERO, J. A. Rendimento e qualidade da carcaça de suínos Piau e mestiços LandracexPiau. In:Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 28. p. 617, 1991.
- IRGANG, R.; PELOSO, J. V.; ZANUZZO, A. J. e LORANDI, A. Rendimento e qualidade da carne de suínos machos castrados e fêmeas de diferentes genótipos paternos. In: In: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 8. p. 401-402, 1997.
- IRGANG, R. E PROTAS, J. F. S. Peso ótimo de abate de suínos II. Resultados de carcaça. *Pesq. Agropec. Bras.* v. 21, n. 12, p. 1337-1345, 1986.
- JONES, G. F. Genetic aspects of domestication, common breeds and their origin. In: Rothschild, M.F. and Ruvinsky, A. (ed.) The genetics of the pig. Cab International, Wallingford. p. 17-50, 1998.
- KAUFFMAN, R. G. and WARNER, R. D. Evaluating pork carcasses for composition and quality. In: Hollis, G.R. Growth of the pig. Wallingford, Cab International, p. 141-166, 1993.
- MEADUS, J. W. Molecular techniques used in the search for genetic determinants to improve meat quality. *Can. J. Anim. Sci.* v.78, p. 483-492, 1998.

- MOREIRA, A. C. S.; PELOSO, V. P. M.; ALVARENGA, J. C.; LIMA, T. A. O.; ROCHA, M. A.; COSTA, F. A. e VILLAR, M. C. C. Performance e características da carcaça de suínos Piau. *Pesq. Agropec. Bras., Série Zootecnia*. v. 11, p. 1-6, 1976.
- OLIVER, M. A. La calidad de la carne de cerdo y su relación con la demanda de los consumidores. *Eurocarne*, n. 25, p.37-43, 1994.
- PEDERSEN, O. K.; STAUN, H. and NIELSEN, H. E. Pig breeding in Denmark. *Pig News and Information*. v. 5, n. 3, p. 229-236, 1984.
- SATHER, A. P. and FREDEEN, H. T. Effect of selection for lean growth rate upon feed utilization by the market hog. *Can. J. Anim. Sci.* v. 58, p. 285-289, 1978.
- SELLIER, P. Major genes and crossbreeding with reference to pork quality. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. v. 7/48, n. 4 (S), p. 77-89, 1998a.
- SELLIER, P. Genetics of meat and carcass traits. In: Rothschild, M.F. and Ruvinsky, A. (ed.) *The genetics of the pig*. Cab International, Wallingford. p. 463-509, 1998b.
- de VRIES, A. G.; SOSNICKI, A.; GARNIER, J. P. and PLASTOW, G. S. The role of major genes and DNA technology in selection for meat quality in pigs. *Meat Science*, v. 49. N. 1, s245-s255, 1998.
- WEBB, A. J. Objectives and strategies in pig improvement: an applied perspective. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 2, p. 36-46, 1998.
- WOOD, J. D. Meat quality in lean pigs. *Pig News and Information*. v. 5, n. 3, p.199-204, 1984.
- ZYDEK, E. J. Rumos na industrialização de suínos. In: *Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos*, 8. p. 60-62, 1997.



# **GENÉTICA PARA DIFERENTES CLIMAS, SISTEMAS DE PRODUÇÃO E PESOS DE ABATE. ÊNFASE NA QUALIDADE DA CARÇAÇA E CARNE**

Robson Carlos Antunes

Geneticista da Dalland do Brasil Agropecuária LTDA.  
Rua Gustavo Ambrust, 56 CEP 13092-060 - Campinas (SP) - Brasil

## **1 Introdução**

No Brasil, há atualmente um grande número de empresas de melhoramento genético de suínos de diversas origens. Dentre estas, as maiores, pode-se dizer que são as de origem inglesa, holandesa, belga, dinamarquesa, francesa e canadense. Todas atuam em diferentes países e conseqüentemente devem atender as exigências dos mercados locais de cada país. Isto faz com que essas empresas mantenham estoques de genes distribuídos em diferentes linhas genéticas que atendam estas diferenças de mercado. Para se ter uma idéia das diferenças entre os mercados, pode-se abordar o mercado, com relação ao aspecto peso de abate. De uma maneira bastante generalista, pode-se dizer que o mercado do Norte e oeste Europeu preferem suínos com peso de abate entre 85 e 105 Kg, com exceção dos suínos destinados a produção de bacon. O leste europeu também prefere suínos com peso com a mesma variação citada anteriormente. No entanto, o sul da Europa trabalha com pesos de 75 a 95 kg, com exceção dos suínos abatidos para produção de presunto maturado cru; por exemplo, o tipo Parma, que exige o abate de suínos mais pesados, normalmente com 160 a 180 kg. O mercado da América do Norte, em geral, prefere suínos abatidos com peso entre 85 a 110 kg, enquanto na América do Sul a preferência é por suínos abatidos com peso entre 75 e 95 kg. No mercado da Ásia e de alguns países da África, que possuem suinocultura tecnificada, a preferência é por suínos mais leves que nos outros mercados, algo em torno de 70 a 90 kg. Considerando-se a diversidade de ambientes e as diferenças dos mercados locais e sistemas de produção, torna-se imprescindível que as empresas de melhoramento genético desenvolvam programas com características peculiares para cada país ou conjunto de países com características semelhantes. O artigo aqui apresentado visa discorrer sobre a experiência de produzir material genético voltado para o mercado brasileiro, do ponto de vista de uma empresa originalmente holandesa, mas mundialmente distribuída.

## **2 História de uma empresa de melhoramento global**

Antes de se discorrer sobre o mercado brasileiro de produção de suínos é interessante fazer uma retrospectiva da introdução da empresa de melhoramento genético Dalland no país, já que o assunto aqui abordado, na sua maior parte,

é narrado sob a visão e experiência desta empresa de melhoramento genético de suínos. A Dalland do Brasil é uma empresa do grupo TOPIGS que iniciou a produção de material genético no país em 1995, após dois anos de estudo do mercado nacional e importação do material genético mais adequado à realidade brasileira em 1994, tendo atualmente 14 granjas multiplicadoras e três granjas núcleos localizadas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. A Dalland foi fundada por frigoríficos da Unilever em 1963. Em 1967 iniciou o programa de melhoramento genético voltado para o atendimento das necessidades deste frigorífico. Em 1970 começou a vender material genético para o mercado aberto holandês e em 1978, finalmente, abriu a venda de material genético no mercado internacional. Em 1989, já estava produzindo em granjas SPF e exportando para diversos países. Em 1996 fundiu-se com outra empresa de melhoramento genético de suínos, também holandesa, do grupo Stamboek, formando o grupo CVZ. Em 1999 evoluiu para a criação do grupo TOPIGS que foi formado pela integração de três grandes programas de melhoramento genético holandeses: o programa de melhoramento genético da Dalland, o programa de melhoramento genético da Fomeva e o programa de melhoramento genético da Stamboek. Desta maneira, o Grupo TOPIGS tornou-se o segundo maior do mundo em melhoramento genético de suínos, com um plantel de 100.000 avós distribuídas em nove diferentes linhas genéticas, proporcionando a produção de 35.000.000 de carcaças por ano. Atualmente o Grupo TOPIGS está presente em 30 países, incluindo Holanda, Itália, Alemanha, Portugal, Espanha, Canadá, Filipinas, África do Sul, México, China e Brasil. Da necessidade de atender 30 diferentes países com diferentes exigências de mercado, o grupo TOPIGS mantém seis diferentes linhas maternas e cinco diferentes linhas paternas, que combinadas entre si, podem atender os diferentes mercados.

### **3 Diferentes linhas para diferentes mercados**

As empresas de melhoramento genético de suínos devem estudar constantemente o mercado de atuação, pois, as mudanças, atualmente, ocorrem de maneira muito rápida e às vezes, com uma velocidade que supera a capacidade de adaptação, destas mesmas empresas. Falando de mudanças de mercado, o que ocorreu com o mercado de frangos de corte no Brasil, recentemente, serve como um exemplo bastante interessante da velocidade de mudanças dos mercados. Na década de 80 e início da década de 90, a exigência do mercado nacional, com relação à qualidade de carcaça de frangos de corte, era muito baixa e, portanto as linhagens de frango de corte, que proporcionavam maior produção de pintos, por ave matriz alojada, dominavam o mercado, mesmo produzindo carcaças com excesso de gordura abdominal e menor rendimento de partes nobres. Mas, em meados e final da década de 90 o mercado mudou rapidamente e a exigência de linhagens que proporcionassem um maior rendimento de cortes nobres e menor deposição de gordura abdominal nas carcaças de frango de corte fez com que novas linhagens passassem a ganhar importância no mercado nacional. E, assim aconteceu também com as linhagens de suínos em alguns países. Na Bélgica, por exemplo, a raça mais importante no final da década de 80 era a Landrace Belga, totalmente susceptível à síndrome do

estresse suíno. Durante a última década, entretanto, a raça Landrace Belga, quase desapareceu. Foi substituída gradativamente por raças resistentes a síndrome do estresse ou raças cruzadas com Pietrain susceptível ao estresse, mas que resultam na produção de animais heterozigotos, para a síndrome do estresse suíno (Geysen et al., 2000). No entanto, na Polônia, uma das raças que melhor atende as exigências do mercado local é a raça Landrace Belga na linha paterna cruzada com linhas maternas contendo Large White polonês, em detrimento dos cruzamentos com Hampshire e Duroc nas linhas paternas (Michalska et al., 2000). Portanto, fica patente, que as características de cada mercado é que determinam quais as melhores raças ou linhagens de suínos que atendem cada país. E, especificamente no caso do Brasil, há variações grandes no mercado, demandando adaptações por parte das empresas de melhoramento genético para atender as diferentes exigências de cada mercado específico.

Pode-se dizer que basicamente há dois grandes nichos de mercado no Brasil, aquele formado pelas grandes empresas de integração verticalizadas, mas que às vezes compram parte da produção de produtores independentes e aquele formado apenas por produtores independentes que vendem sua produção para diferentes compradores. As empresas verticalizadas tem a vantagem de poder industrializar a produção e, portanto fazem um melhor uso do toucinho na produção de embutidos. Isto justifica a atual tendência destas empresas de buscar o aumento do peso de abate dos suínos entregues, aliado ao fato de que, suínos abatidos, com maior peso de abate, proporcionam uma diluição do custo fixo. Já, os produtores independentes, normalmente, vendem sua produção para pequenos açougueiros que preferem carcaças com peso menor, pois, não industrializam e têm dificuldade de vender peças muito grandes e pesadas. Percebe-se que há no mercado nacional, dois nichos bastante específicos. Mas, independente das características peculiares de cada um destes mercados, o sistema de produção do Brasil é praticamente totalmente confinado e o clima no país, com exceção dos estados do sul, é na maior parte do ano muito quente. Baseado neste fato a Dalland fez um estudo das linhas que melhor poderiam atender estas peculiaridades do mercado brasileiro. Na Tabela abaixo pode-se observar uma classificação relativa, entre as diferentes linhas disponíveis, dentro do programa de melhoramento genético do Grupo TOPIGS:

Após estudar as características do mercado de suínos do Brasil o Grupo TOPIGS optou por colocar no país duas linhas fêmeas livres do gene da síndrome do estresse suíno e que não tem problema de consumo de ração na maternidade, já que pela experiência adquirida pelo grupo, em outras regiões de clima quente, o consumo de ração na maternidade sempre foi um ponto de estrangulamento nestas regiões. Assim optou-se por trabalhar o melhoramento genético local de duas linhas fêmeas e atender as diferenças dos dois principais nichos de mercado trabalhando com três machos terminais diferentes: um voltado para velocidade de crescimento, outro para produção de carcaças com alto percentual de carne magra e um terceiro bastante equilibrado, com boa velocidade de crescimento e boa produção de carcaças com bom percentual de carne magra. Um acompanhamento de filhos, de dois dos machos utilizados no Brasil, conduzido na Holanda, mostra bem o potencial de produção destes machos, como pode-se observar na Tabela abaixo:

Outra triagem conduzida na Holanda com progênies do macho de alta velocidade de crescimento em comparação com o macho de alta produção de carne magra foi

**Tabela 1** — Comparação relativa das diferentes linhas genéticas maternas do Programa de Melhoramento Genético do Grupo TOPIGS

Características/Linhas	A	B	C	D	E	F	G* (DxE)	H* (AxB)	I* (FxD)
Número de leitões nascidos / parto	++	+	+++	++	+++	+	+++	++	+
Habilidade materna	+	+	++	+++	++	+	+++	++	+
Sobrevivência	++	++	++	++	++	+++	++	++	++
Intervalo desmame cio	+++	+++	++	+	++	++	++	+++	++
Constituição óssea	+++	++	+	+	+	+++	+	+++	+++
Ganho de peso médio diário	+++	++	+	+	++	++	+	+++	++
Porcentagem de carne magra na carcaça	+	+++	+	+	++	+	++	++	+
Consumo de ração	++++	++	+	+	++	+++	+	+++	++

\* Linhas maternas híbridadas.

\*\* O Programa de melhoramento Genético de Suínos do Grupo TOPIGS trabalha com as raças Landrace Finlandês, Landrace Holandês, dois tipos de Large White, Pietrain livre do gene da síndrome do estresse e Duroc.

**Tabela 2** — Comparação de dados de produção da progênie de dois machos híbridos do Programa de Melhoramento Genético TOPIGS entre 1998 e 1999 na Holanda (Dados completos).

	Macho 1 (Alta Velocidade de crescimento)	Macho 2 (Equilibrado)	Diferença (1-2)
Número de animais acompanhados	58.235	39.925	
Ganho de peso médio (gramas / dia)	812	792	-20
Conversão Alimentar (Kg/Kg)	2,62	2,60	-0,02
Mortalidade (%)	1,8	1,8	0
Porcentagem de carne magra	55,6	56,4	+0,8
Peso de abate (Kg)	89,2	89,0	+0,2

constatado que a progênie do macho de alta produção de carne magra teve 4,1 mm a mais de profundidade de músculo, medido na última costela sobre o Longyssimus dorsi, 1,3 mm a menos de espessura de toucinho, 1,6% a mais de porcentagem de carne magra, 24,6% a mais de carcaças classificadas como excelentes, menores índices de reflexão na pistola HGP, mas apresentou menor pH 24 horas nos músculos Longyssimus dorsi e Semimembranosus e um ligeiro aumento de perda exudativa medida através do método do papel de filtro, como pode-se verificar na Tabela 3. Essa triagem foi conduzida no Frigorífico Smits, em Emmen, e a análise dos resultados foi conduzida pelo “Institute for Animal Science and Health” (ID-DLO), que fica em Lelystad. Entre outras coisas pode-se constatar que de todas as características analisadas mostram que a carne dos animais Dalland é relativamente rósea e tem uma alta capacidade de retenção de água. Provavelmente a cor mais escura dos animais filhos dos machos de alta produção de carne magra se deve ao menor percentual de gordura intra-muscular e maior quantidade de pigmento, pois, a velocidade de crescimento é menor nestes animais.

**Tabela 3** — Comparação de dados de carcaça e qualidade de carne da progênie de dois machos híbridos do Programa de Melhoramento Genético TOPIGS

Característica avaliada	Macho 1 (Alta Velocidade de crescimento)	Macho 3 (Alta produção de carne magra)	Diferença (3-1)
Profundidade do músculo Longyssimus dorsi	54,6	58,7	4,1
Espessura de toucinho	17,4	16,1	-1,3
Porcentagem de carne magra	55,2	56,8	1,6
%carcaças AA + A	91,8	94,5	
HGP (reflexão)	52,2	48,2	-4,0
pH 24 horas Longyssimus dorsi	5,83	5,79	-0,04
pH 24 horas Semimembranosus	5,78	5,72	-0,06
Papel de filtro	0,89	1,27	+0,38
Minolta L	56,5	55,1	-1,4
Minolta a	15,4	16,2	+0,80
Minolta b	7,13	6,90	-0,23
Cor pelo padrão Japonês	1,93	2,04	+0,11

No Brasil também foi conduzida uma triagem para se medir a qualidade das carcaças e da carne dos animais Dalland, filhos de machos de alta velocidade de crescimento, em comparação a outras genéticas comercializadas em um frigorífico do estado de São Paulo. Esta triagem foi conduzida pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em 1999, e, um resumo dos dados pode-se visualizar na Tabela 4.

Para que um programa de melhoramento genético realmente atenda as exigências dos diferentes mercados, um requisito básico que deve ser atendido é fazer melhoramento das linhas mais indicadas para o determinado mercado nas condições do país em questão. Neste contexto, o Programa de Melhoramento Genético da Dalland do Brasil caminha na direção certa, já que todas as linhas utilizadas, maternas ou paternas, estão sob melhoramento genético nas granjas núcleos do Brasil, mas obedecendo as características do Programa de Melhoramento Genético do Grupo

**Tabela 4** — Dados comparativos de qualidade de carcaça, gordura intra-muscular e capacidade de retenção de água de terminados Dalland e de outra genética

Características avaliadas	Dalland (1)	Outra Genética (2)	Diferença (1-2)
Número de cevados	25	57	
Peso da Carcaça Quente	75,4 Kg	66,7 Kg	8,7 kg
Espessura de músculo	52,5 mm	47,1 mm	5,4 mm
Espessura de toucinho	15,4 mm	19,7 mm	-4,3 mm
% gordura intra-muscular do pernil	2,48%	2,28%	0,20%
% de gordura intra-muscular do carré	2,26%	2,22%	0,04%
% de umidade total do pernil	75,4%	75,8%	-0,4%
% de umidade total do carré	74,3%	74,7%	-0,4%
Capacidade de retenção de água pernil (*)	0,133	0,112	0,021
Capacidade de retenção de água carré (*)	0,131	0,113	0,018

\* Valores maiores são mais desejados.

TOPIGS e beneficiando-se das ferramentas deste programa, como pode-se verificar a seguir, no breve resumo das principais características deste programa.

## 4 Programa de Melhoramento Genético Dalland

Para entender como a Dalland busca atender as diferentes exigências entre os diferentes mercados que atua, é interessante discorrer sobre as características do programa de melhoramento, que são inerentes a qualquer programa, quer seja ele voltado para a seleção de animais adaptados aos trópicos ou ao clima temperado. A principal característica de todo programa de melhoramento é que, atualmente, nos países tradicionais na criação de suínos da Europa, nos Estados Unidos e no Canadá, tem-se dado mais ênfase ao teste de animais nas próprias granjas, com rebanhos fechados, com vistas a assegurar melhor nível sanitário e aumentar o número de indivíduos testados (Lopes, 1994). Por toda a cadeia de produção de suínos a sanidade dos plantéis é extremamente importante e deve ser analisada através dos vários ângulos de interesse: aspectos relacionados à saúde humana, aspectos relacionados ao bem estar animal, aspectos relacionados à vantagem de produção inerente ao alto grau sanitário e oportunidades no progresso da genética internacional (Groenland, 2000). Nos programas de melhoramento de suínos o teste de granja é a base do programa, a partir do qual devem ser definidas as características a serem incluídas no programa de seleção, assim como estabelecido um eficiente método de seleção. Diversas técnicas de avaliação genética de suínos têm sido propostas. A primeira delas foi descrita, ainda, na década de 30 e denominada “quadrados mínimos de Yates”. Em seguida, na década de 40, foi descrita a dos “índices de seleção de Smith e Hazel”. Finalmente, na década de 50, Henderson descreveu a metodologia de modelos mistos para obtenção da melhor predição linear não-viesada (BLUP-“best linear unbiased prediction”) dos valores genéticos dos

animais. Na verdade, o BLUP é uma combinação das duas técnicas anteriores e consiste, como no índice de seleção, em predizer os valores genéticos dos animais, tomados como aleatórios, e ajustar os dados, à semelhança dos quadrados mínimos, para efeitos fixos e para número desigual de informações nas subclasses, por meio da metodologia de modelos mistos. Outro aspecto importante desta metodologia foi a definição, na década de 80, por Quaas e Pollack, da Universidade de Cornell, do modelo animal (AM), em que a observação de cada característica medida no indivíduo resulta em uma equação; assim o total de equações a serem resolvidas corresponde ao produto do número de animais pelo número de características. Dessa maneira, o modelo animal possibilita a inclusão, numa mesma avaliação, de observações de reprodutores, de fêmeas e de progênies. A utilização do modelo animal traz como inconveniência o grande número de equações, a serem resolvidas simultaneamente. Entretanto, a partir dos anos 80, com o aumento da capacidade de armazenamento e processamento dos computadores e com o avanço das técnicas computacionais, tornou-se viável a utilização desse modelo e dessa metodologia. Algumas vantagens da metodologia BLUP, comparadas às dos demais métodos de seleção, são: inclusão da informação completa de família por meio da matriz de parentesco; comparação de indivíduos de diferentes níveis de efeitos fixos; avaliação de indivíduos sem observações, com observações perdidas e ainda com observação em apenas em algumas características; avaliação simultânea de reprodutores, de fêmeas, e de progênies; avaliação de características múltiplas; avaliação de medidas repetidas; utilização de diferentes modelos para as características; e utilização de modelos com heterogeneidade de variância e com interação genótipo-ambiente, podendo-se usar todas essas opções ou algumas delas, simultaneamente (Lopes, 1994). O grupo Topigs, ao qual pertence a Dalland do Brasil Agropecuária, faz uso desta importante ferramenta de melhoramento genético associada a algumas outras ferramentas complementares, exclusivas do grupo TOPIGS, o “Combined Crossbred Pure Bred Selection” (CCPS), o “TOPIGS Satellite Nucleous System” (TSNS) e a utilização de marcadores moleculares de DNA.

#### **4.1 CCPS**

Normalmente, nos programas de melhoramento genético, a seleção dos animais sempre ocorre dentro das linhas puras. No sistema CCPS os dados e informações de animais cruzados, bem como quanto os dados e informações de animais de linhas puras, são usados. Este método de seleção leva a um rápido melhoramento ao nível dos extratos de multiplicação e comercial, onde efeitos genéticos que só podem ser mensurados em animais cruzados são incluídos na seleção (por exemplo: heterose e complementariedade entre raças). Isto significa que o programa de melhoramento é parcialmente dirigido pelo produto final, já que os valores genéticos dos animais são calculados com base no desempenho das raças puras, nas estações de testagem, bem como nas informações de animais cruzados.

#### **4.2 TSNS**

O TSNS é o nome para designar a estrutura de melhoramento genético dentro do grupo TOPIGS que utiliza o ambiente da World Wide. Esta estrutura consiste

de granjas espalhadas ao redor do mundo, que produzem cachaaos para núcleos de melhoramento. Genes são transferidos e trocados entre estas granjas sob um criterioso protocolo veterinário, por meio de sêmen congelado ou embriões. Todas as granjas pertencentes ao TSNS trabalham dentro de um protocolo padronizado de acordo com os procedimentos TOPIGS. O TSNS têm quatro objetivos:

1. Rápida disseminação de genes através da pirâmide de produção.
2. Aumentar a segurança em termos sanitários através do aumento de número de granjas ao redor do mundo que servem como banco de genes para uma eventual repopulação de granjas que possam vir a se contaminar.
3. Diminuir o risco de introdução de doenças nas granjas onde estão os principais bancos de material genético.
4. Possibilitar as seleções para características de fertilidade, por possibilitar a confecção de um banco de dados com um volume de informações incomparável. O banco de dados do grupo TOPIGS possui informações de mais de 10 milhões de animais.

### **4.3 Marcadores Moleculares**

O grupo TOPIGS tem também investido em Biotecnologia. Isto significa identificar genes que possuam uma expressão extra para uma certa característica considerada importante ou influenciada por genes de efeito maiores (Vriesekoop, 2.000). O gene amplamente conhecido e que faz parte do Programa de Melhoramento Genético do Grupo TOPIGS é o gene Hal. A presença de um alelo deste gene aumenta em 1,5% o percentual de carne magra na carcaça (Antunes, 1997). Mas, o grupo TOPIGS, através de Marked Assisted Selection (MAS), retirou esse gene das linhas fêmeas do programa de melhoramento, porque o mesmo tem influência negativa sobre a qualidade da carne. O grupo TOPIGS anunciou recentemente a descoberta de cinco genes que influenciam a qualidade da carne e da gordura. Desses, quatro são genes imprintáveis. Isto significa que esses genes só se expressam quando são provenientes do pai ou da mãe. As primeiras evidências da existência de imprinting genômico em mamíferos vieram de experimentos de transferências nuclear em camundongos, onde foi possível a criação de embriões com dois conjuntos de cromossomos originados de apenas um progenitor. Observou-se um desenvolvimento anormal desses embriões. Aqueles que tinham um conjunto diplóide materno (genogenotos) desenvolviam-se com poucas anomalias, porém os tecidos extraembrionários eram atrofiados; enquanto que embriões com conjunto diplóide paterno (androgenotos) eram extremamente aberrantes, mas apresentavam tecidos extraembrionários praticamente normais. Notou-se, dessa maneira, a importância da presença de um lote cromossômico materno e de outro paterno para o desenvolvimento normal. O processo de imprinting parece envolver três fases distintas: estabelecimento de uma “marcação” do DNA nos gametas; sua manutenção durante a embriogênese e em tecidos somáticos no adulto e seu cancelamento no início da gametogênese. (Fridman, 1997). O desenvolvimento e a introdução de marcadores imprintáveis dentro do Programa de Melhoramento Genético do Grupo



TOPIGS abre novas perspectivas de melhoramento. Outra importante diferença do Programa de Melhoramento Genético do Grupo TOPIGS é o uso da seleção para vitalidade dos leitões. Isto faz com que os leitões Dalland procurem mamar colostro o mais rápido possível após o nascimento, pois são leitões que possuem maior conteúdo de glicogênio muscular e hepático e maior produção de corticosteroides ao nascer, sendo mais viáveis e morrendo menos na maternidade. (Knol, 2001). As características citadas acima fazem do Programa de Melhoramento Genético do Grupo TOPIGS um programa de melhoramento diferente e único com características próprias e bem definidas, podendo atender as diferentes exigências dos diferentes mercados a nível mundial e nacional.

## 5 Referências Bibliográficas

- ANTUNES, R. C. 1997. O efeito do gene Hal sobre o rendimento de carne magra em partes da carcaça de suínos cruzados. Tese de Mestrado-Universidade Federal de Uberlândia-Departamento de Genética e Bioquímica-98p.
- KNOL, E. 2001. Genetic aspects of piglet survival. Tese de Doutorado. Universidade de Wageningen. 121p.
- LOPES, P. S. 1994. Avaliação genética de suínos utilizando metodologia de modelos mistos. Tese de Doutorado-Universidade Federal de Viçosa-97p.
- FRIDMAN, C. 1997. Síndrome de Prader-Willi e Síndrome de Angelman: Imprinting genômico na espécie humana. Sociedade Brasileira de Genética. Série Monografias-nº5, 1-56.
- GEYSEN, D, JANSSENS, S and VANDEPITTE, W. (2000). Genetic parameters for fattening traits in the Belgian Pietrain population. 51<sup>th</sup> Annual meeting of the European Association for Animal Production, August 21<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> 2000, The Hague, the Netherlands, Comission on Pig Production, Session P2.3, 1-5.
- MICHALSKA, G, NOWACHOWICZ, J, RAK, B and KAPELANSKI, W. (2000). Genetic parameters for fattening traits in the Belgian Pietrain population. 51<sup>th</sup> Annual meeting of the European Association for Animal Production, August 21<sup>th</sup>-24<sup>th</sup>2000, The Hague, the Netherlands, Comission on Pig Production.
- van GROENLAND, G. 2.000. Difusão de material genético: um novo enfoque com garantia de sanidade. Anais do Congresso TOPIGS 2.000, 78 - 87.
- VRIESKOOP, P. 2.000. Tendências no melhoramento genético de suínos. Anais do Congresso TOPIGS 2.000, 88 - 95.

# PRODUÇÃO PERSONALIZADA DE CARNE SUÍNA ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DA GENÉTICA E DE CONTROLE DE PROCESSO

Ronald E. Klont<sup>1</sup>      Andrzej A. Sosnicki<sup>1</sup>      João D. Nascimento<sup>2</sup>  
Fernando Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PIC Americas, P.O. Box 348 Franklin, KY 42135, USA.  
sosnicki@pic.com

<sup>2</sup>Agroceres PIC, C.P. 472 , 38702-052 Patos de Minas, MG.  
donisete@agroceres.com.br

<sup>3</sup>Agroceres PIC, C.P. 400, 13500-970 Rio Claro, SP.  
fernando@agroceres.com.br

## Resumo

A indústria de carnes e a academia reconhecem que foi atingido um status quo entre a quantidade e a qualidade da produção de carne, e que as novas direções do setor estão sendo claramente definidos por tendências de consumo. Como resultado, a indústria precisa, mais do que nunca, ser capaz de prever e controlar a quantidade e a qualidade de carne. Isto é necessário para assegurar que se obtenha progresso contínuo na produção eficiente de produtos de alta qualidade para diferentes usuários finais/consumidores. Para atingir esta meta, a cadeia de fornecimento de carne suína precisa desenvolver e implementar mais ferramentas de medição e uma metodologia diferente para prever a quantidade e a qualidade de carne. O rápido avanço em biologia, isto é, em biologia muscular, genômica funcional, proteômica e aplicativos computadorizados eletrônicos/robótica vão gerar novas ferramentas fisiológicas, bioquímicas, de biologia molecular e de engenharia. A implementação de sistemas estatísticos de controle de processo que podem utilizar estas novas ferramentas de medição vão ajudar muito a controlar e otimizar fatores da cadeia fornecedora de carne suína que influenciam a quantidade e a qualidade de carne suína (magra). Conseqüentemente, o enfoque da cadeia vai mudar para "a produção de melhor custo de produtos de qualidade para o cliente/consumidor" economicamente mais equilibrada, e os novos sistemas de produção vão fundir o valor econômico e publicitário de "Qualidade Magra". Esta abordagem da cadeia de fornecimento baseada em feedback - de sistemas de produção personalizada de genética/animais vivos para produtos personalizados para o consumidor e retornando à genética personalizada, vai garantir um futuro sustentável para a suinocultura em todo o mundo. Os futuros sistemas de produção vão melhorar, controlar e monitorar constantemente toda a cadeia de produção que vai por fim reduzir a necessidade de medições específicas, meticulosas e trabalhosas de diferentes características para um tamanho de amostra pequeno, estatisticamente justificado e baseado em controle de processo.

**Palavras-chave:** composição de carcaça, qualidade de carne suína, biologia muscular e controle de processos

# 1 Introdução

A indústria mundial de carne, como outros setores agrícolas e não-agrícolas, passa constantemente por mudanças. A mudança mais importante dos últimos anos é a consolidação, levando a entidades industriais maiores e mais complexas, de integração e/ou coordenação vertical. Além disso, na maioria dos países, a percentagem de carne processada está aumentando às custas do consumo de carne fresca. Usuários finais, como empresas de processamento de carne/alimentos, embora tendam a considerar a carne "apenas" como matéria prima, ou mais precisamente como fonte de proteína, estão mais conscientes de que estas "proteínas" cruas devem ter características de qualidade/funcionalidade consistentes e específicas. Os varejos e os serviços de alimentação também estão ficando mais interessados em produtos "prontos" de tamanho consistente, variedades mais magras e de melhor sabor, e cortes de carne que sejam adequados para as exigências atuais de cozimento pelo consumidor, inclusive de não precisarem ser cozidos. Ao mesmo tempo, há uma crescente preocupação do consumidor quanto à qualidade de carne e sua produção. Não há dúvida que o consumidor é hoje o centro de um grande turbilhão envolvendo toda a cadeia de fornecimento de alimentos. As crises de segurança alimentar e as epizootias animais abalaram a confiança política e dos consumidores em ciência animal/alimentos, e na cadeia da carne em geral. A lista de Harrington (1994) das preocupações do consumidor: ética, segurança alimentar, nutrição e gordura, bem-estar animal, "terceiro mundo", o ambiente e a engenharia genética permanece atual.

A produção de carne tem sido um negócio baseado em commodities. As características de quantidade de carne costumavam impulsionar o principal valor econômico de diferentes cadeias de produção de carne devido os meios relativamente fáceis para medir o peso da carcaça e a percentagem/rendimento de carne magra depois do abate (Diestre et al., 1989; Gresham et al., 1994; Madsen e Thodberg, 1994; Allen, 1995). No entanto, as últimas exigências do consumidor levaram à diferenciação de produtor e a uma maior pressão sobre o valor dos parâmetros de qualidade de carne (Hofmann, 1994). As empresas processadoras de carne também estão ficando mais conscientes da necessidade de compreender e controlar características específicas da qualidade de carne que beneficiam a economia dos seus sistemas de produção (Hoen, 1996; Swatland, 1992). Estes desenvolvimentos aumentaram o interesse na medição e na predição da qualidade de carne precocemente e/ou 24 horas após o abate. As questões de segurança alimentar aceleraram a introdução de diferentes sistemas de controle e garantia de qualidade no setor de carnes, como a Análise de Riscos e Pontos Críticos de Controle (HACCP), as Práticas Gerais de Fabricação (GMP), Qualidade Total (TQM), Organização de Padrões Internacionais (ISO) ou Seis-Sigma (Wood et al. 1998; [www.6-sigma.com](http://www.6-sigma.com)). É importante observar vários pontos críticos de controle de segurança alimentar se aplicam aos processos de controle de qualidade de carne (Van Logtestijn, 1993; Sosnicki et al., 1998). No entanto, várias das ferramentas necessárias para obter um fornecimento contínuo de carne/produtos de alta qualidade que satisfaçam as demandas do consumidor ainda não estão disponíveis.

Uma de uma série de ferramentas muito promissora que está se tornando disponível é a genômica funcional e a proteômica (análise o teor de proteína de

uma amostra) de animais produtores de carne. Além disso, o rápido crescimento do conhecimento do genoma humano e de outras espécies está sendo utilizado em pesquisas de animais de produção (genômica comparativa), levando a aplicações na predição e produção de qualidades desejáveis da carne magra. Um exemplo desta nova tecnologia de engenharia na-genética de DNA para controlar a qualidade de carne é a identificação do gene receptor da melanocortina-4, que está associado com deposição de gordura, crescimento e consumo de ração em suínos (Seeley et al., 1997; Marsh et al., 1999; Kim et al., 2000). Assim, o desenvolvimento da biologia, incluindo biologia muscular, tecnologia de DNA e automação, vai aumentar a possibilidade de predição da quantidade e da qualidade de carne (qualidade magra) em animais vivos (De Vries et al., 1998; Rothschild e Plastow, 1999; Vissler et al., 2000). A integração deste conhecimento a sistemas de controle de processo estatístico, tecnológico, de engenharia e operado por robôs com o objetivo de monitorar e melhorar toda a cadeia de produção vai acabar por reduzir a necessidade de medições trabalhosas de diferentes características a um tamanho de amostra pequeno.

Este artigo não a intenção de ser exclusivo da cadeia de fornecimento de carne suína e descreve abordagens práticas e científicas que também se aplicam a outras espécies produtoras de carne. Nos concentramos em discutir oportunidades para desenvolvimentos futuros da biologia e a implementação de resultados via sistemas de controle de processo. Também examinamos o papel do consumidor e, em menor extensão, as tendências tecnológicas para a predição e a produção eficiente de qualidades desejáveis da carne magra.

## **2 Situação atual da suinocultura**

Ao analisarmos a situação atual da suinocultura devemos fazer perguntas como: o setor produz consistentemente produtos de qualidade exigidos pelos consumidores? Estamos pensando ainda em cadeias de produção que começam com o produtor em vez de focar os produtos de carne em primeiro lugar? Como a indústria pode implementar a estratégia de "produtos de qualidade ao consumidor de melhor custo de produção" considerando que várias das cadeias existentes de fornecimento empregam vários centros de lucro que não estão alinhados com a qualidade do produto final?

Como afirmado acima, a suinocultura mundial concentra-se principalmente na produção de carne magra. Como resposta direta a esta necessidade particular, as empresas genéticas produziram melhorias significativas em espessura de toucinho, percentagem de carne magra, ganho diário e conversão alimentar. A base destas melhoras tem sido o desenvolvimento de métodos estatísticos cada vez mais sofisticados para analisar dados de testes de desempenho baseados no modelo infinitesimal de genes, que pressupões um número infinito de genes, cada um com um pequeno efeito, mas afetando aditivamente características quantitativas (McLaren e Schultz, 1992; Short et al., 1997; Knapp et al., 1997). Também se reconhece que a indústria chegou aparentemente a um teto para teor de tecido magro na carcaça, i.e., 56-58% nos EUA a aproximadamente 120 kg de peso vivo; 58-62% na Europa a aproximadamente 100 kg de peso vivo, mas não está claro se isso é um ponto

final fixo de quantidade de carcaça ou um estrangulamento evolutivo. Os benefícios econômicos ditam a continuação da prioridade para ganho médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) e as novas ferramentas fisiológicas e genômicas vão apenas acelerar a taxa de melhora destas características. Por outro lado, ter como meta taxa de crescimento muscular sem compreender seu impacto potencial sobre a qualidade de carne e uso nutricional pode ser prejudicial.

Se reconhece que a qualidade de carne é uma característica difícil de ser avaliada, pois vários aspectos objetivos e subjetivos compõem a característica geral (Hofmann, 1994). Alguns sistemas/mercados exigem características específicas de qualidade, como alto teor de gordura intramuscular ou cor escura, i.e., produção de presunto curado ou o mercado japonês. Vários mercados começaram a exigir diferentes pesos de abate. Por exemplo, no Reino Unido, para minimizar o odor de cachaço em machos intactos e para comercializar cortes de tamanho controlado. Estas exigências afetaram a economia da produção de qualidade magra. Um maior aumento da diversificação dos produtos vai estimular o crescimento de nichos de mercado com diferentes exigências de matérias primas e produtor de marca prontos para cozinhar e prontos para comer. No entanto, cada um destes mercados ainda se dedicará a produzir uma grande proporção de produtos comercializáveis por carcaça, que satisfaça as exigências do mercado de commodities e dos nichos.

Então, o que está sendo feito atualmente pela indústria para abordar algumas destas questões? Como resposta à crescente conscientização quanto a qualidade de carne do consumidor, indústria da carne suína está tomando várias medidas para melhorar (ou manter) a qualidade da carne e, ao mesmo tempo, para melhorar o desempenho e qualidade da carcaça. Há várias medidas relativamente baratas da qualidade de carne suína, como pH inicial e final do músculo, que foram incluídas com sucesso em alguns programas genéticos (Eikelenboom et al., 1995; Sosnicki et al., 1998). O melhoramento genético da qualidade de carne também começou a ser obtido via genética molecular (seleção assistida por marcador ou MAS; veja abaixo; Webb, 1993; De Vries et al. 1998). Além disso, como mencionado acima, o campo em rápido desenvolvimento da genômica e da proteômica de animais domésticos já gerou e logo vai gerar muitas informações úteis permitindo o melhoramento e controle simultâneo de crescimento eficiente de tecido magro e alta qualidade de carne (veja abaixo).

### **3 Benefícios potenciais de compreender os mecanismos de controle da diferenciação e crescimento do músculo esquelético**

A principal questão que abordamos nesta questão é: como a pesquisa no campo da biologia do músculo e da ciência da carne pode ajudar mais no desenvolvimento de novas ferramentas de controle de qualidade? Antes de tentar responder a ela, apresentamos um resumo deste campo.

O controle do músculo envolve muitos genes e uma grande variedade de fatores de transcrição. Cada etapa da miogênese envolve mudanças específicas na expressão dos genes. A diferenciação miogênica terminal caracteriza-se pela expressão de

quatro fatores de transcrição que são membros da família do fator de determinação miogênica (MDF): miogenina, MyoD, Myf5 e MRF4 (Mulvaney, 1994; Molkentin e Olson, 1996; e and Winter, 1998; Te Pas et al., 2000). Individualmente, estes membros básicos da família hélice-alça-hélice (bHLH) podem ativar a miogênese em células não-musculares, mas a análise de expressão embrionária e estudos de knockout mostram que cada um tem uma função única na miogênese (Arnold e Braun, 1996). Outros fatores de transcrição, especialmente a família MEF2, cooperam com os MDF para ativar a transcrição específica de genes de músculo. A isoforma MEF2C parece ser a mais importante na regulação para cima dos fatores de transcrição MDF (Black e Olson, 1998). Também foi verificado que um terceiro grupo de fatores de transcrição, chamado NFAT (abreviação de Fator Nuclear de células T Ativadas) afeta a transcrição de certos genes (Ridgeway et al., 2000). Foram identificadas pelo menos cinco isoformas diferentes de NFAT (NFAT1-5), sendo que NFAT2 e NFAT4 estão presente em maiores quantidades no músculo esquelético (Hoey et al., 1995).

A miogênese é seguida de hipertrofia e maturação para produzir fibras musculares adultas (Swatland, 1973; Lengerken et al., 1994). O perfil bioquímico do músculo adulto influencia muito suas respostas metabólicas durante o manuseio pré-abate e, subsequentemente, a conversão post mortem de músculo em carne e qualidade de carne. Um dos principais fatores que determinam as vias bioquímicas musculares é a composição do tipo de fibra: o músculo esquelético é composto de diferentes tipos de fibras, que são resultado da expressão coordenada de diferentes conjuntos de proteína estruturais e enzimas metabólicas (Pette e Staron, 1990; Musaro et al., 1995; Schiaffino e Reggiani, 1996). Os tipos de fibra geralmente são definidos pelas isoformas presentes da cadeia pesada de miosina (MyHC). Há quatro tipos principais de fibras no músculo suíno pós-natal, caracterizadas pela expressão das isoformas genéticas MyHC lenta/I/βb, 2a, 2x e 2b, também conhecidas como de oxidação lenta e de glicólise rápida, respectivamente, representam dois extremos de perfil metabólico. As fibras 2a e 2x são fibras oxidativas/glicolíticas intermediárias (Chang e Fernandes, 1997; Greaser et al., 2001). Além disso, o tipo de fibra é afetado por vários fatores ambientais, como por exemplo, a dieta ou atividade física (Karlsson et al., 1993; Klont et al., 1998; Petersen et al., 1998; Karlsson et al., 1999).

Assim, quais são as potenciais implicações sobre a qualidade de carne magra dos mecanismos conhecidos de controle muscular? Foi relatado que a composição da fibra muscular afeta o crescimento e o teor de tecido magro no suíno e que ela é específica de raça/linhagem específico (Essen-Gustavsson e Fjekjer-Modig; 1985; Warnants et al., 1993; Degens and Veerkamp, 1994; Lefaucheur et al., 1995; Ruusunen et al., 1996; Larzul et al., 1997; Tanabe et al., 1997). Por exemplo, suínos de crescimento rápido parecem possuir mais fibras, mas menores que suínos de crescimento lento do mesmo peso. Também foi verificado que o número total de fibras musculares no músculo longissimus dorsi (lombo) está mais relacionado com a massa muscular que com o diâmetro da fibra, apesar de ter sido encontrada uma correlação positiva entre a percentagem de fibras Tipo IIb e a área transversal (CSA) do músculo longissimus. Um exemplo da composição de fibras musculares específica de raças é que a CSA das fibras tipo I são menores e a CSA de fibras do tipo IIb são maiores no Landrace em comparação ao Yorkshire (Lefaucheur et al., 1997).

O impacto do tipo de composição de fibra muscular sobre a qualidade de carne magra é ainda menos compreendido, apesar de um volume relativamente alto de fibras

do Tipo IIb ter sido relacionado com baixa qualidade de carne (Sosnicki, 1987; Brocks et al., 1998; Fiedler et al., 1999). Por exemplo, uma pesquisa da PIC/Universidade de Purdue mostrou que a abundância de miosina Tipo IIb está negativamente relacionada ao pH 45 minutos post mortem ( $r=0,50$ ) em suínos positivos e portadores do gene Hal ( $r=-0,50$ ; Gerrard, comunicação pessoal). Também foi relatado que a percentagem de desta fibra teve relação positiva com o pH 30 minutos post mortem, positiva com o potencial glicolítico e positiva com o brilho da cor (Essen-Gustavsson e Fjekjer-Modig; 1985; Lefaucheur et al., 1995; Ruusunen et al., 1996; Larzul et al., 1997). As herdabilidades ( $h^2$ ) publicadas de características da fibra muscular são moderadas a altas,  $h^2$  da CSA da fibra Tipo I = 0,59;  $h^2$  da percentagem de fibra Tipo I = 0,46;  $h^2$  da percentagem de fibra Tipo IIb = 0,58 (Larzul et al., 1997). As correlações genéticas (rg) publicadas indicam que as percentagens de fibras Tipo I e IIb são negativamente relacionadas (rg = -0,85; Gerrard e Sosnicki, 1997; Larzul et al., 1997). Esta correlação genética em especial indica que a seleção para maior percentagem de fibras do Tipo I poderia diminuir a proporção de fibras do Tipo IIb, melhorando assim direcionalmente a qualidade de carne sem afetar negativamente a percentagem de fibras do Tipo IIa e IIx ( $r_e = 0,16$ ) ou CSA média da fibra (rg = -0,15). Esta abordagem permitiria a seleção para rápido crescimento de tecido magro sem afetar negativamente a qualidade de carne (Larzul et al., 1997; Klont et al., 1998).

A interação entre músculo esquelético e estresse ambiental antes do abate complica ainda mais a compreensão, a medição e o controle de importantes variações na qualidade de carne magra. A magnitude das respostas ao estresse depende das características individuais do animal, i.e., a diferença individual em comportamento e fisiologia podem ter conseqüências para a capacidade do suíno suportar estímulos desconhecidos como o estresse pré-abate (Benus et al., 1987; Tarrant, 1989; Lawrence et al., 1991; Hessing et al., 1994). Os dois principais sistemas neuro-endócrinos envolvidos na adaptação fisiológica e na regulação metabólica são o eixo hipotálamos-pituitária-adrenal (HPA) e o sistema nervoso autônomo (Harbuz e Lightman, 1992). As conhecidas diferenças genéticas no funcionamento básico destes sistemas neuro-endócrinos ou em sua resposta ao estresse precisam ser mais explorados (Benus et al., 1991).

A magnitude da variação das características discutidas acima e sua relação com características de produção e de qualidade de carne magra ainda devem ser quantificadas e implementadas nos sistemas de produção "granja à mesa". No entanto, é possível que o entendimento total das interações genéticas, fisiológicas e ambientais permita, no futuro, o melhoramento simultâneo do crescimento muscular, da resistência ao estresse e, conseqüentemente, da qualidade de carne.

## **4 Implementação de marcadores de DNA como forma de "projetar", medir e controlar a qualidade de carne**

A quantidade e a qualidade de carne são determinadas por uma combinação de fatores genéticos, nutricionais, ambientais e suas interações (para uma revisão, veja Cassens et al., 1975; Tarrant, 1989; Cameron, 1990; Sosnicki et al., 1998). Os efeitos genéticos têm um papel fundamental no "projeto" da composição e na qualidade da carcaça suína. Embora a qualidade de carne suína seja menos influenciada por

fatores genéticos do que a quantidade, em geral, entre 10-30% da variação nas características de qualidade de carne são determinados pela base genética do animal (De Vries et al., 1994; Sosnicki et al., 1998). O uso de genética quantitativa, índices de seleção e valores estimados de reprodução (EBV) para qualidade de carne elevaram a suinocultura para a sua posição atual. A base desta melhoria é o desenvolvimento de métodos estatísticos cada vez mais sofisticados. O progresso nesta área continua (Hill, 1999), estimulado por oportunidades dadas pela biotecnologia em termos de coleta de dados e disseminação do melhoramento genético. Por exemplo, a técnica de "Contribuição Genética Ótima" pode aumentar o melhoramento genético em 10 a 20% (Woolliams et al, 1999, Hanenberg & Merks, 2000). Os EBV de algumas empresas genéticas incluem características de qualidade de carne, além produção eficiente de tecido magro na carcaça (De Vries et al., 1998). A identificação de marcadores genéticos e genes candidatos para características de qualidade de carne em combinação com programas de Seleção Assistida por Marcador (MAS) também vai aumentar o melhoramento genético para qualidade de carne, sem comprometer a percentagem de tecido magro (Meuwissen e Goddard, 1996). A suinocultura já está usando ativamente estratégias de MAS para melhorar a produção de suínos (Short et al., 1997, Rothschild e Plastow, 1999). Estima-se que o desenvolvimento de tecnologias genômicas aumentem o número de marcadores que podem ser usados em MAS, de forma que a seleção para qualidade de carne possa ser realizada em animais vivos. A Tabela 1 mostra alguns dos genes candidatos identificados e potenciais marcadores para quantidade e qualidade de carne suína.

O conhecimento do genoma e o estabelecimento de mapas genéticos são fundamentais para isolar e caracterizar os genes de interesse. Nos últimos anos, o linkage e os mapas físicos do genoma suínos se desenvolveram consideravelmente (para revisão, veja see Rothschild e Plastow 1999). Estes mapas têm sido explorados em busca que genes que influenciam características comercialmente importantes. Vários scans de loci de características quantitativas (QTL) e análises de genes candidatos identificaram importantes regiões cromossômicas e genes associados com características de interesse econômico no suíno. Incluem QTL para crescimento e espessura de toucinho (cromossomas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14), características de qualidade de carne (cromossomas 2, 3, 4, 6, 7, 12, 15) e reprodução (cromossomas 4, 6, 7, 8). Foram identificadas mutações que causam síndrome do estresse suíno (HAL ou CRC1) e cor da pelagem. Os resultados obtidos com genes candidatos também parecem muito promissores (p. ex., ESR e PRLR para tamanho de leitegada, FABP de coração e adipócito para qualidade de carne e FUT1 para resistência a doenças).

O uso de marcadores de DNA em programas de seleção também vai ajudar a reduzir a variação na composição e nas características de qualidade de carne. Além disso, a exploração de novos marcadores (fisiológicos e de DNA) em combinação com condições ambientais controladas vai permitir a personalização de programas de cruzamento e, portanto, diferenciação de suínos/carcaças para mercados específicos. Por exemplo, é necessário alto teor de gordura intramuscular (IMF) para certos tipos de presunto curado, enquanto que vários tipos de presunto cozido requerem baixos teores de IMF. Assim, no futuro, processadores e varejistas vão especificar toda uma série de genes que devem estar presentes ou ausentes em cada produto/linha de produto. A ênfase científica será descobrir múltiplos genes que determinam uma característica específica de qualidade. Tecnologias como a genômica funcional



**Tabela 1** — Potenciais marcadores genéticos para qualidade de carcaça e de carne

Nome	Descrição	Referência
gene Hal-1843 <sup>R</sup>	Hipertemia maligna - syndrome do estresse suíno: ligado à carne PSE, teor de tecido magro na carcaça e massa muscular	Fuji et al. (1991)
gene RN	Carne suína ácida (Hampshire)	Milan et al. (2000)
MC4R	Apetite, teor de gordura e homogeneidade de carcaça	Kim et al. (2000)
BETTERgen <sup>TM</sup> /IGF2	Teor de carne magra de raças musculares	Nezer et al. (1999), Jeon et al. (1999)
FABPs	Nível de gordura intramuscular e espessura de toucinho (Duroc)	Gerbens et al. (1997, 1998)
Não-identificado (QTL)	Nível de gordura intramuscular e espessura de toucinho (Ibérico)	Ovilo et al. (2000)
Não-identificado (QTL)	Nível de gordura intramuscular (Meishan)	Janss et al. (1994, 1997)
Não-identificado (QTL)	Nível de gordura intramuscular (Duroc)	Monin et al. (1998)
Não-identificado (QTL)	Nível de gordura intramuscular (Meishan)	Renard & Mourrot (2000)
Calpain	Nível de calpain - maciez da carne suína	Parr et al. (1999)
MyoG (myf4)	Rendimento de músculo	Soumillion et al. (1997)
MyHC	Tipo de fibra - maciez da carne suína	Beuzen et al. (2000)
CAST	Nível de calpastatin - maciez da carne suína	Ernst et al. (1998)
Não-identificado (QTL)	Nível de androsterona - cheiro de cachaço	Fouilloux et al. (1997)
Não-identificado (QTL)	Teor de ácido linoleico da gordura suína	Pérez-Enricso et al. (2000)

usando micro-arrays de cDNA (contendo milhares de genes) e a proteômica (análise das proteínas de amostras) está tornando possível analisar a expressão gênica e os produtos gênicos no músculo e na carne e relacionar este conhecimento a rendimento de carne, palatabilidade e qualidade de processamento.

## 5 Conclusões

Que passos a suinocultura deve dar imediatamente para garantir que a carne suína não seja apenas magra, mas que também tenha uma aparência fresca, rosa-avermelhada, com alta capacidade de retenção de água e seja consistentemente macia e suculenta? Tenha em mente que competir com outras proteínas animais no mercado global, os produtores devem fornecer carne suína de qualidade a um custo mínimo (Tubbs, 1997). Para chegar a isso, (1) as empresas genéticas precisam conhecer o valor econômico destes atributos de qualidade para selecionar para carne suína de alta qualidade a um melhor custo; isto inclui pesquisas para compreender melhor a diferenciação do músculo esquelético, crescimento e deposição de proteína, e genômica funcional e proteômica; (2) devem ser estabelecidas e implementadas diretrizes para assegurar sempre manejo de produção na granja e procedimentos de bem-estar aceitáveis; (3) as empresas processadoras de carne suína devem implantar procedimentos estatísticos de controle de processo para o manuseio pré-abate e processamento pós-abate para minimizar a variação da qualidade e desenvolver equipamentos mais robustos para a medição da qualidade de carne na linha de abate; (4) devem ser implementados procedimentos eletrônicos para identificar e avaliar grupos individuais de suínos abatidos para peso de carcaça, teor de tecido magro na carcaça e qualidade de carne; esta informação deve ser incluída em relatórios de garantia de qualidade para monitorar continuamente variações na qualidade, de forma que as medidas adequadas possam ser tomadas para melhorar os rebanhos, a produção e o ambiente de processamento. Finalmente, o valor total pago pelos suínos de abate deve refletir diferenciais precisos de valor (determinados pela oferta-procura) entre quantidade e qualidade desejáveis de carne suína. Prevemos que, num futuro próximo, não será mais necessário medir a qualidade de carne em cada carcaça individualmente. Os processadores e os varejistas vão especificar uma série de genes, junto com controles ambientais, que deve estar presente ou ausente em cada produto. Este conjunto personalizado de genes será o ponto de partida do processo/sistema que permite a predição da quantidade e da qualidade de carne de produtos específicos. Medidas de qualidade de carne serão reduzidas a um tamanho de amostra pequeno, estabelecido estatisticamente, que será suficiente para assegurar que cada produto cumpra com as especificações de qualidade exigidas pelo usuário final e/ou pelo consumidor.

## 6 Referências Bibliográficas

- ALLEN, P. 1995. In: Conf. Proc. International developments in process efficiency and quality in the meat industry. November 16-17, Dublin, Ireland. Pp 33-45.  
ARNOLD, H. H. and B. WINTER. 1998. Curr. Opin. Genet. Dev. 8:539-44.

- ARNOLD, H. H., and T. BRAUN. 1996. *Int. Dev. Biol.* 40:345-363.
- BENUS, R. F., J. M. KOOLHAAS, and G. A. Van OOTMERSSEN. 1987. *Behav.* 100: 105-122.
- BENUS, R. F., B. BOHUS, J. M. KOOLHAAS, and G. A. Van OOTMERSSEN. 1991. *Experientia* 47: 1008-1019.
- BEUZEN, N. D., M. J. STEAR, and K. C. CHANG. 2000. *The Veterinary Journal*, 160: 42-52.
- BLACK, B. L., and E. N. OLSON. 1998. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 14:167-96.
- BROCKS, L., B. HULSEGG, and G. MERKUS. 1998. *Meat Sci.* 50:411-20.
- CAMERON, N. D. 1990. *Meat Sci.* 27: 227-247.
- CASSENS, R. G., D. N. MARPLE, and G. EIKELENBOOM. 1975. *Adv. Food Res.* 21: 71-155.
- CHANG, K. C. and K. FERNANDES. 1997. *DNA Cell Biol.* 16, 1429-1437.
- De VRIES, A. G., P. G. van der VAL, T. LONG, G. EIKELENBOOM, and J. W. M. MERKS. 1994. *Livestock Prod. Sci.* 40: 277-289.
- De VRIES, A. G., A. A. SOSNICKI, J. P. GARNIER, and G. S. PLASTOW. 1998. *Proc 44th ICoMST, Barcelona, Spain, 1998, Vol 1: 66.*
- DEGENS, H., and J. H. VEERKAMP. 1994. *Int. J. Biochem.* 267: 871-878.
- DIESTRE, A., M. GISPERT, and M. A. OLIVER. 1989. *Anim. Prod.* 48:443-448.
- EIKELENBOOM, G., P. G. van der WAL, A. G. de VRIES. 1995. *Proc. 41st ICoMST, San Antonio, USA . pp. 654-655.*
- ERNST, C. W., A. ROBIC, M. YERLE, L. WANG, and M. F. Rothschild. 1998. *Anim. Gen.*, 29: 212-215.
- ESSEN-GUSTAVSSON, B., and S. FJELKNER-MODIG. 1985. *Meat Sci.* 13: 33-42.
- FIEDLER, I., K. ENDER, M. WICKE, S. MAAK, G. V. LENGERKEN, and W. MEYER. 1999. *Meat Sci.* 53:9-15.
- FOUILLOUX, M. N., P. LE ROY, J. GRUAND, C. RENARD, P. SELLIER, and M. BONNEAU. 1997. *Genetics Selection Evolution*, 29: 357-366.
- FUJI, J., K. OTSU, F. ZORZATO, S. DE LEON, V. K. KHANNA, J. A. WEILER, P.J. O'BRIEN, and D. H McLENNAN. 1991. *Science*, 253: 448-451.
- GERBENS, F., G. RETTENBERGER, J. A. LENSTRA, J. H. VEERKAMP, and M. F. W. TE PAS. 1997. *Mammalian Genome*, 8: 328-332.
- GERBENS, F., A. JANSEN, A. J. M. Van ERP, F. HARDERS, T. H. E. MEUWISSEN, G. RETTENBERGER, J. H. VEERKAMP, and M. W. F. TE PAS. 1998. *Mammalian Genome*, 9: 1022-1026.
- GERRARD, D. E., and A. A. SOSNICKI. 1997. Purdue University (unpublished information).
- GREASER, M. L. , H. OKOCHI, and A. S. SOSNICKI. 2001. *Proc. ICoMST, 2001.*
- GRESHAM, J. D., S. R. McPEAKE, J. K. BERNARD, M. J. RIEMANN, R. W. WYATT, and H. H. Henderson. 1994. *J. Anim. Sci.* 72: 1409-1416.
- HANENBERG E. H. A. T., and J. W. M. MERKS. 2000. *J. Anim. Sci.* 78 S1, 68.
- HARBUZ, M. S., and S. L. LIGHTMAN. 1992. *J. Endocrinol.* 134: 327-339.
- HARINGTON, G. 1994. *Meat Sci.* 36:5-18.
- HESSING, M. J. C., A. M. HAGELSØ, W. P. G. SCHOUTEN, P. R. WIEPKEMA, and J. A. M. van BEEK. 1994. *Physiol. Behav.* 55: 39-46.

- HILL, W. G. 1999. In: J.C.M. Deckers, S.J. Lamont, M.F. Rothschild, Eds. From J.L. Lush to Genomics: Visions for Animal Breeding and Genetics, Iowa University Press, USA : 35-46.
- HOEN, O. 1996. In: Allen D. Leman Swine Conference Proceedings, pp. 45-50.
- HOEY T, SUN YL, WILLIAMSON K, XU X. 1995. Immunity 2:461-72.
- HOFMANN, K. 1994. Meat Focus Int. 2:73-82.
- JANSS, L. L. G., J. A. M. van ARENDONK, and E. W. BRASCAMP. 1994. Proc. 5th Congr. of Genetics Applied to Livestock Prod. 18: 361-364.
- JANSS, L. L. G., J. A. M. van ARENDONK, and E. W. BRASCAMP. 1997. Genetics, 145: 395-408.
- JEON, J. T., O. CARLBORG, A. TORNSTEN, E. GIUFFRA, V. AMARGER, P. CHARDON, L. ANDERSSON-EKLUND, K. ANDERSSON, I. HANSSON, K. LUNDSTROM, and L. ANDERSSON. 1999. Nature Genetics 21: 157-158.
- KARLSSON, A., A. C. ENFÄLT, B. ESSÉN-GUSTAVSON, K. LUNDSTRÖM, L. RYDHMER, S. Stern. 1993. J.Anim. Sci. 71, 930-938.
- KARLSSON, A. H., R. E. KLONT, AND X. FERNANDEZ. 1999. Livestock Prod. Sci. 60:255-269.
- KIM, K. S., N. LARSEN, T. SHORT, G. PLASTOW, and M. F. ROTSCCHILD. 2000. Mammalian Genome 11: 131-135.
- KLONT, R. E., L. BROCKS, and G. EIKELENBOOM. 1998. Meat Sci. 49: S219-S229.
- KNAPP, P., A. WILLAM, and J. SOLKNER. 1997. Livest. Prod. Sci. 52: 69-73.
- LARZUL, C., L. LEFAUCHEUR, P. ECOLAN, J. GOGUE, A. TALMANT, P. SELLIER, and G. MONIN. 1997. J. Anim. Sci. 75: 3126-3137.
- LAWRENCE, A., E. TERLOUW, and A. ILLIUS. 1991. Appl. Anim. Behav. Sci. 30: 73-86.
- LEFAUCHEUR, L., F. EDOM, P. ECOLAN, and, G. S. BUTLER-BROWNE. 1995. Develop. Dynamics. 203-27-41.
- LENGERKEN, G. Von, S. MAAK, M. WICKE, I. FIEDLER, and K. ENDER. 1994. Arch. Tierz. Dummerstorf, 37: 133-143.
- MADSEN, N. T., and H. H. THODBERG. 1994. Proc. 40th Int. Congr. Meat Sci. Technol., The Hague, The Netherlands.
- MARSH, D. J., G. HOLLOPETER, D. HUSZAR, R. LAUFER, K. A. YAGALOFF, et al. 1999. Nature Genetics 21: 119-122.
- McLAREN, D. G. and C. M. SCHULTZ. 1992. Proc. Reciproc. Meat Conf. 45: 115-121.
- MEUWISSEN, T. and M. E. GODDARD. 1996. Genet. Sel. Evol. 28: 161-176.
- MILAN, D., J. T. JEON, C. LOOFT, V. AMAGER, M. THELANDER, A. ROBIC, C. ROBEL-GAILLARD, S. PAUL, N. IANNUCELLI, L. RASK, H. RONNE, K. LUNDSTRÖM, N. REINSCH, J. GELLIN, E. KALM, P. LE ROY, P. CHARDON, and L. ANDERSSON. 2000. Science 288: 1248-1251.
- MOLKENTIN, J. D., and E. OLSON. 1996. Curr. Opin. Genet. Dev. 6:445-453.
- MONIN, G., P. SELLIER, and M. BONNEAU. 1998. Journées de la Recherche Porcine en France, 30: 13-27.
- MULVANEY, D. R. 1994. Reciproc. Meat Conf. Proc. 47:119-131.
- MUSARO, A., M. G. CUSELLA DE ANGELIS, A. GERMANI, C. CICCARELLI, M. MOLINARO, and B. M. Zani. 1995. Exp. Cell Res. 221: 241-248.

- NEZER, C., I. MOREAU, L. KARIM, B. BROUWERS, W. COPPIETERS, J. DETILLEUX, R. HANSET, A. KVASZ, P. LEROY, and M. GEORGE. 1999. *Nature Genetics*, 21: 155-156.
- OVILO, C., M. PÉREZ-ENCISO, C. BARRAGAN, A. CLOP, C. RODRIGUEZ, M. A. OLIVER, M.A. TORO, and J. L. NOGUERA. 2000. *Mammalian Genome* 11: 344-346.
- PARR, T., P. L. SENSKY, G. P. SCOTHERN, R. G. BARDSLEY, P. J. BUTTERY, J. D. WOOD, and C. WARKUP. 1999. *J. Anim. Sci.*, 77: 661-668.
- PÉREZ-ENCISO, M., A. CLOP, J.L. NOGUERA, C. ÓVILO, A. COLL, J.M. FOLCH, D. BABOT, J. ESTANY, M.A. OLIVER, I. DÍAZ, and A. SÁNCHEZ. 2000. *J. Anim. Sci.* 78: 2525-2531.
- PETERSEN, J. S., P. HENCKEL, N. OKSBJERG, and M. T. SORENSEN. 1998. *Animal Sci.* 66, 733-740.
- PETTE, D., and R. S. STARON. 1990. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.*, 116: 1-76.
- RENARD, C., and J. MOUROT. 2000. *INRA Productions Animales*, número hors-serie «Génétique Moléculaire: Principes et Application aux Productions Animales» : 161-163.
- RIDGEWAY A. G., S. WILTON, and I. S. SKERJANC. 2000. *J. Biol. Chem.* 275:41-46.
- ROTHSCHILD, M. F., and G. S. PLASTOW. 1999. *AgBiotechNet*, 10: 1-8.
- RUUSUNEN, M., M. SEVON, M. AIMONEN, and E. POULANEE. 1996. *Agr. Food Sci. Finl.* 5: 593-600.
- SCHIAFFINO, S. and C. REGGIANI. 1996. *Physiol.Rev.* 76, 371-423.
- SEELEY, R. J., K. A. YAGALOFF, S. L. FISHER, P. BURN, T. E. THIELE, et al. 1997. *Nature*, 390: 349.
- SHORT, T. H., M. F. ROTHSCCHILD, O. I. SOUTHWOOD, D. G. MCLAREN, A. DE VRIES, H. van der STEEN, G. R. ECKARDT, C. K. TUGGLE, J. HELM, D. A. VASKE, A. J. MILEHAM, and G.S. PLASTOW. 1997. *J. Anim. Sci.* 75:3138-3142.
- SOSNICKI, A. A. 1987. *J. Anim. Sci.* 64:1412-1422.
- SOSNICKI, A. A., E. R. WILSON, E. B. SHEISS, and A. de VRIES. 1998. *Proc. Reciproc. Meat Conf.* 51:11
- SOU MILLION, A., J. H. ERKENS, J. A. LENSTRA, G. RETTENBERGER, and M. F. W. TE PAS. 1997. *Mammalian Genome*, 8: 564-568.
- SWATLAND, H. J. 1973. *J. Anim. Sci.* 37 : 526-535.
- TANABE, R., S. MURROYA, K. CHIKUNI, and H. NAKI. 1997. *ICoMST*, G2:31: 606-607.
- TARRANT, P. J. V. 1989. *Ir. J. Food Sci. Technol.* 13: 79-107.
- TE PAS, M. F. W., F. J. VERBURG, C. L. M. GERRITSEN, and K. H. de GREEF. 2000. *J. Anim. Sci.* 78:69-77.
- Van LOGTESTIJN, J. G. 1993. *Meat Focus Internat.* 2:123-128.
- VISSHER, P., R. PONG-WONG, C. WHITTEMORE, and C. HALEY. *Livest. Prod. Sci.* 65:57-70.
- WARNANTS, N., W. EECKHOUT, and C. BOUCQUE. 1993. *J. Anim. Breed. Genet.* 110: 357-362.
- WEBB, J. 1993. *Meat Focus Int.* Feb. pp. 78-85.
- WOOD, J. D., J. S. HOLDER, and D. C. J. MAIN. 1998. *Proc. 44th Inter. Congr. Meat Sci. Technol.* Vol. I, Barcelona, Spain, 206-215.
- WOOLLIAMS, J. A., P. BIJMA, and B. VILLANUEVA. 1999. *Genetics.* 153: 1009-1020.

# EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E QUALIDADE DE CARÇAÇA DE SUÍNOS DE DIFERENTES SEXOS

Juarez Lopes Donzele<sup>1</sup>      Márvio Lobão Teixeira de Abreu<sup>2</sup>  
Uislei Antonio Dias Orlando<sup>2</sup>

Departamento de Zootecnia Universidade Federal de Viçosa  
36.571-000 - Viçosa - MG

<sup>1</sup>Professor do Departamento de Zootecnia - UFV:  
donzele@mail.ufv.br

<sup>2</sup>Doutorando em Zootecnia: mabreu@ufpi.br;  
uislei@lycos.com

## 1 Introdução

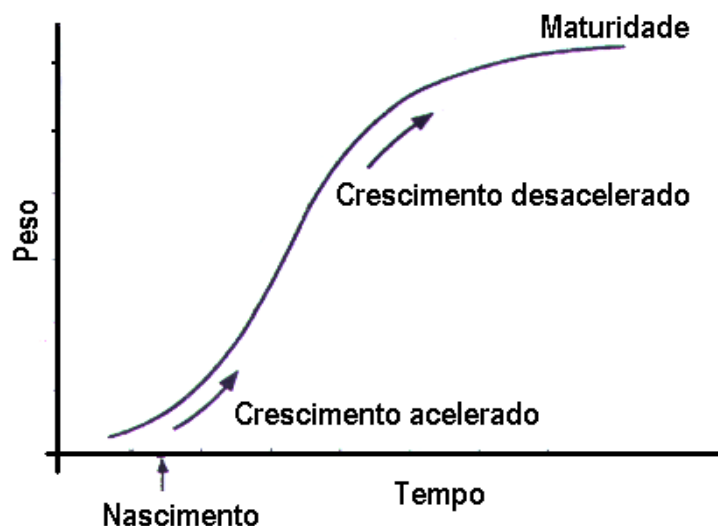
A indústria frigorífica dos dias atuais trabalha para atender as constantes mudanças no perfil do consumidor, cada vez mais exigente por produtos de suínos com maior proporção de carne, menor deposição de gordura e de qualidades nutricional e sanitária garantidas. Neste sentido, as empresas frigoríficas, preocupadas com a qualidade da carcaça, pressionam os produtores de suínos, seus parceiros comerciais, a aumentarem a porcentagem de carne magra na carcaça de seus animais. Em muitos países isto levou à introdução do sistema de pagamento por meio da tipificação de carcaças e valorização daquelas com maior proporção de tecido magro.

Várias são as características citadas na literatura para mensurar a qualidade da carcaça suína. Entretanto, de uma maneira geral, todas se relacionam com o aumento da porcentagem de carne magra. Os suinocultores podem atuar em três áreas para aumentar a porcentagem de carne magra na carcaça dos suínos, a saber: genética, nutrição e a utilização de modificadores de carcaça. Para melhor entendimento dos vários fatores que devem ser considerados dentro de cada uma das áreas, é importante a compreensão dos aspectos relacionados ao crescimento e composição corporal dos suínos e como eles são influenciados pelo potencial genético e sexo dos animais, entre e dentro das raças. Ainda, no plano nutricional, é necessário compreender porque animais de diferentes raças, padrões genéticos e sexo apresentam exigências nutricionais distintas e como definir nutricionalmente estas exigências para obtenção de animais com carcaças de qualidade superior.

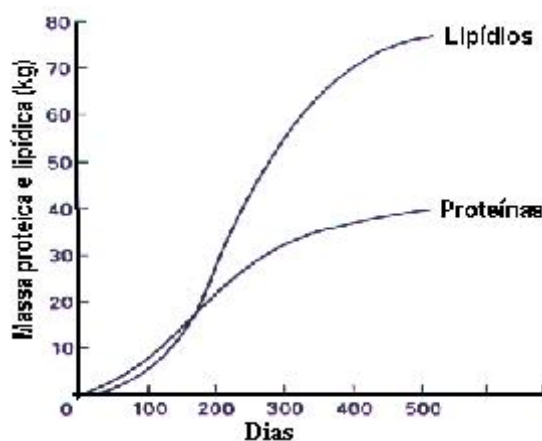
## 2 Crescimento e Composição Corporal de Suínos

O crescimento do suíno é o resultado de uma série de processos biológicos, sendo que o genótipo determina o nível máximo em que estes processos ocorrem. Por outro lado, fatores como: ambiente, nutrição e sanidade são determinantes do grau de manifestação do potencial genético.

O modelo de curva sigmóide é o mais aceito para explicar o crescimento dos suínos, em função da idade. Este comportamento está relacionado à capacidade que o animal tem de depositar, principalmente, proteína e lipídios (Figura 1). Fases de aceleração e desaceleração, unidas por período de crescimento linear antecedem um platô à maturidade. A deposição de proteína e lipídios, quando os animais têm em média 150 dias de idade, mantém uma relação de 1:1 aproximadamente até os 100 kg de peso. A partir daí, a massa de gordura excede à de proteína, o que tem justificado a idade de abate entre 130 e 170 dias de idade (Figura 2).



**Figura 1** — Ganho de peso corporal em razão da idade (WHITTEMORE, 1998).



**Figura 2** — Ganho de tecido muscular e lipídico de acordo com a idade (KYRIAZAKIS, 1999).

O momento em que a deposição de gordura se torna excessiva é altamente relacionado ao genótipo, sexo e nível de alimentação. Segundo De LANGE (1995), animais de menor aptidão para produção de carne magra em relação aos animais melhorados, atingem mais cedo este ponto.

Já a composição corporal (química ou histológica) dos suínos criados em granjas comerciais depende em primeiro lugar do sexo. NOBLET et al. (1994) verificaram que os machos inteiros apresentaram maior taxa de deposição de proteína do que as fêmeas e os machos castrados, enquanto os machos castrados depositaram mais gordura, seguidos pelas fêmeas e pelos machos inteiros (Figura 3). Estes mesmos autores, verificaram ainda diferenças entre machos Large White e machos de uma linhagem sintética para os mesmos parâmetros. Suínos machos, da linhagem sintética, apresentaram maior ganho de peso corporal, maior taxa de deposição de proteína diária e menor taxa de deposição diária de lipídios.

A composição corporal de um suíno em crescimento, dos 20 aos 100 kg de peso, pode ser expressa na forma de relações alométricas do tipo  $Y = aX^b$ , onde Y é o componente a ser estimado, X é o peso do suíno em jejum (peso vivo = 1,05 peso do suíno em jejum) e b é a taxa de crescimento do componente em questão (WHITTEMORE, 1998). A taxa de deposição de proteína é maior em machos inteiros do que nos castrados (Tabela 1), o inverso acontecendo com relação à taxa de deposição de gordura, com as marrãs ocupando posições intermediárias (WHITTEMORE, 1988, 1998; QUINIOU et al., 1999).

**Tabela 1** — Componentes químicos corporais do suíno em crescimento em relação ao peso do corpo vazio (peso vivo - conteúdo do trato digestivo), usando a relação  $Y = aX^b$ , onde Y é o componente e x o peso do corpo vazio (kg)

Componentes corporais	Machos inteiros			Machos castrados			Fêmeas		
	a	b	Y (X=100)	a	b	Y (X=100)	a	B	Y (X=100)
Proteína	0,193	0,963	16,30	0,281	0,850	14,10	0,210	0,927	15,00
Água	0,928	0,862	49,15	1,241	0,778	44,70	1,010	0,830	46,16
Lipídios	0,020	1,520	21,92	0,013	1,670	28,44	0,016	1,630	29,11
Cinzas	0,049	0,923	3,44	0,053	0,896	3,23	0,046	0,923	3,28

Adaptado de WHITTEMORE et al. (1988, 1998).

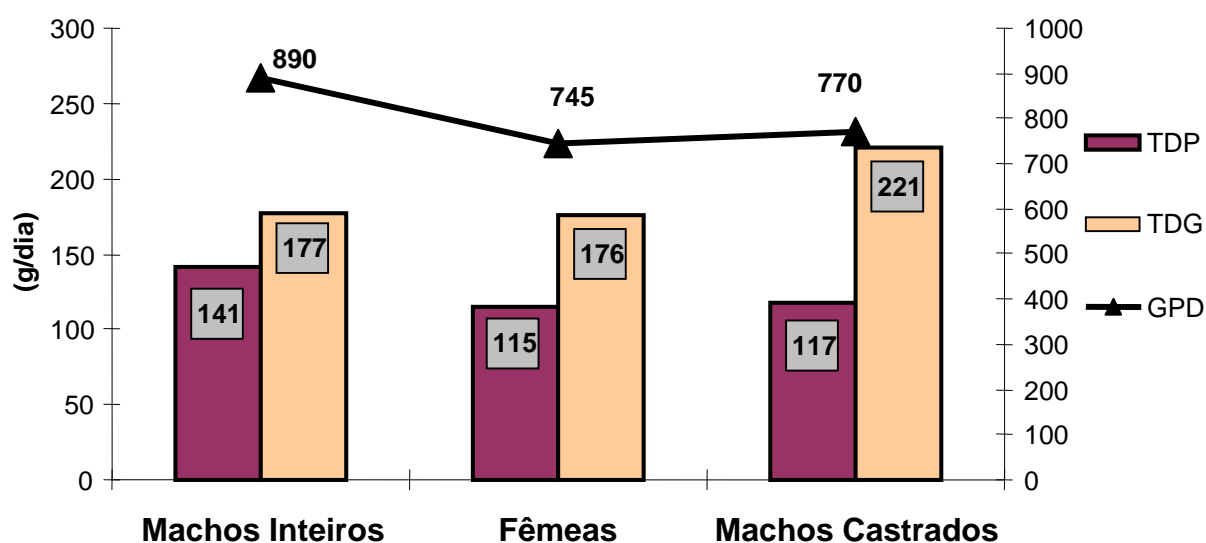
As diferenças sexuais quanto aos padrões de crescimento dos suínos dependem do estágio de desenvolvimento do animal, uma vez que elas resultam das mudanças endócrinas que acompanham o desenvolvimento sexual e o potencial de crescimento (FULLER, 1996).

Segundo PUPA et al. (2001), as diferenças que ocorrem entre os sexos são mais marcantes durante a fase de crescimento e terminação, especialmente nas fêmeas, que atingem o platô de sua capacidade de deposição de proteína mais cedo que os machos.

A regulação do crescimento dos suínos inclui a participação de um complexo hormonal, destacando o hormônio do crescimento (GH), insulina, fatores de crescimento ligados à insulina (IGF 1 e 2), hormônios da tireóide, glicocorticóides, adrenalina, andrógenos e estrógenos. Os principais efeitos destes hormônios sobre o crescimento, são apresentados na Tabela 2. Os IGFs estimulam e mediam muitos dos hormônios envolvidos na promoção do crescimento, especialmente o GH, e representam a principal influência hormonal sobre o ganho diário dos tecidos muscular e adiposo (WHITTEMORE, 1998).

A atuação destes hormônios pode explicar em parte as diferenças na taxa de deposição de proteína e lipídios entre os suínos.





**Figura 3** — Ganho de peso e taxas de deposição de proteína e gordura na carcaça de suínos de 25 a 90 kg segundo sexo, em linhagens convencionais (adaptado de NOBLET et al., 1994).

**Tabela 2** — Efeitos dos principais hormônios associados com o crescimento

	Tecido adiposo		Tecido muscular	
		Síntese	Degradação	Ganho líquido
GH	-	+		+
IGF's	+	+	-	+
Hormônios da Tireóide	-	+	+	+
Insulina	+	+	-	+
Catecolaminas	-	+	-	+
Estrógenos e andrógenos	+	+		+
Glicocorticóides	-	-	-	-
Absorção de nutrientes	+	+	-	+

WHITTEMORE (1998).

Estudos têm demonstrado diferenças, entre as categorias sexuais de suínos, quanto ao modo de ação dos hormônios envolvidos no crescimento, principalmente, do GH, dos IGFs e dos hormônios gonadais. A secreção de GH é, geralmente, maior em machos inteiros do que em fêmeas (FORD e KLINDT, 1989).

As concentrações plasmáticas de IGF-I em machos inteiros, castrados e fêmeas somente diferem a partir de uma determinada idade, a qual segundo CLAPPER et al. (2000) corresponde a 84 dias.

Anteriormente OWENS et al. (1999) haviam verificado concentrações plasmáticas de IGF-I maiores em machos inteiros do que em marrãs ou machos castrados a partir de treze semanas de idade, enquanto os níveis plasmáticos de IGF-II foram geralmente mais altos em machos castrados do que em machos inteiros ou marrãs.

Considerando que o IGF-I estimula a deposição de aminoácidos e glicose nos tecidos (TOMAS et al., 1992), concentrações plasmáticas diferentes deste hormônio explicam as diferenças na taxa de crescimento apresentadas por machos inteiros, machos castrados e fêmeas.

Andrógenos e estrógenos exercem seus efeitos anabólicos por diferentes mecanismos. Enquanto receptores específicos para andrógenos estão presentes no tecido muscular (Snochowski et al., 1981, citados por WEILER, 1994), receptores para estrógenos não têm sido registrados na musculatura esquelética suína, estando suas ações relacionadas ao efeito estimulante sobre a liberação de GH e, adicionalmente de IGF-1 (Claus et al., 1992, citados por WEILER, 1994).

A ausência destes hormônios sexuais em machos castrados, além de aumentar o consumo de alimento, causa uma menor capacidade de incorporação de aminoácidos aos tecidos musculares (XUE, 1997).

### **3 Exigências nutricionais de suínos segundo o sexo**

Três classes sexuais são consideradas em um sistema de produção de suínos: machos inteiros, machos castrados e marrãs. Diferenças são observadas no desempenho e nas características de carcaça entre as classes, e, conseqüentemente, nas exigências nutricionais.

Avaliando níveis de proteína bruta para suínos, (CRITSER et al., 1995) verificaram maior ganho de peso diário e eficiência alimentar para fêmeas do que para machos castrados em razão do seu aumento na ração. Estes resultados estão em acordo com os obtidos por outros autores (CHRISTIAN et al., 1980; CROMWELL et al., 1993).

A questão central na determinação das exigências dos suínos em crescimento é a taxa de deposição de carne magra que, junto com o crescimento de outros tecidos que contêm proteína, determinam as exigências individuais de cada animal em proteína e aminoácidos (ELLIS, 1998b).

A castração dos machos, que se traduz em redução na deposição diária de proteína e em aumento na lipídios quando alimentados *ad alibitum* (Tabela 3), tem como conseqüência a diminuição das necessidades diárias de lisina, o incremento das necessidades energéticas e a diminuição da relação Lisd/ED (NOBLET e QUINIOU, 2001).

Analisando dados disponíveis na literatura, QUINIOU et al. (1999) relataram que os machos inteiros tinham maior capacidade para depositar proteína corporal, em relação às fêmeas, que por sua vez eram mais eficientes que os machos castrados.

**Tabela 3** — Efeito da castração na estimação das necessidades de lisina digestível em suínos Pietrain x Large White entre 45 e 100 kg

Características	Sexo	
	Machos inteiros	Machos castrados
Consumo de ED (MJ/d)	36,6	38,7
Aumento de PV (g/dia)	1096	1014
Aumento de proteína (g/dia)	171	156
Aumento de lipídios (g/dia)	244	267
Necessidades de lisina		
g/dia	19,5	17,8
g/MJ de ED	0,53	0,46
% na ração	0,71	0,62

NOBLET e QUINIOU (2001)

Na literatura disponível encontram-se várias recomendações de níveis nutricionais para suínos segundo o sexo, que levam em consideração aspectos como fase da criação, potencial genético, estação do ano, etc (Tabela 4).

FRIESEN et al. (1994) sugeriram valores significativamente mais elevados de lisina digestível para marrãs com alto potencial para ganho de carne, em relação aos valores propostos pelo NRC (1998).

De modo geral, os diferentes grupos sexuais apresentam performances diferenciadas em razão da alimentação (EKSTROM, 1991), o que seria uma evidência de que as exigências nutricionais dos grupos sexuais são também diferentes. As diferenças sexuais quanto à performance não são evidenciadas antes dos 50 kg, sendo caracterizadas, no entanto, a partir dos 70 kg de peso (FULLER, 1996), o que pode ser comprovado na Tabela 4. De acordo com os resultados de CAMPBELL (1995), as exigências de lisina para máximo crescimento de machos inteiros e fêmeas são as mesmas entre 20 e 50 kg, sendo diferentes para a faixa de peso entre 50 e 90 kg, quando as fêmeas exigem 15% menos de lisina. BAKER et al. (1997) e MORETTO (1991) também verificaram que suínos machos inteiros e fêmeas até os 54 e 30 kg, respectivamente, tinham iguais exigências de aminoácidos.

Por outro lado, com base em revisão de literatura, XUE et al. (1997) relataram que machos inteiros apresentaram maiores exigências de proteína e lisina dietética quando comparados aos machos castrados. Para uma mesma faixa de peso, de 25 a 55 kg, os machos castrados e as marrãs exigem menores níveis de lisina do que os machos inteiros.

As exigências diárias de lisina devem ser estabelecidas com base no ganho diário de proteína ou tecido magro, pois existe uma dissociação importante entre o consumo de lisina e energia e seus efeitos sobre as deposições de proteína e lipídeos (KESSLER, 1998).

**Tabela 4** — Níveis dietéticos de aminoácidos para suínos machos castrados e fêmeas de baixo, médio e alto potencial genético para produção de carne magra

	Fase de Crescimento				Fase de Terminação			
	I		II		I		II	
	24 - 36 kg	36 - 59 kg	59 - 86 kg	86 - 113 kg	MC	F	MC	F
Alto potencial para produção de carne magra								
Lisina total	1,00	1,00	0,88	0,93	0,73	0,88	0,60	0,69
Lisina Digestível	0,81	0,81	0,71	0,75	0,58	0,71	0,47	0,54
Triptofano	0,19	0,19	0,17	0,18	0,15	0,18	0,12	0,14
Treonina	0,65	0,65	0,57	0,60	0,49	0,59	0,41	0,46
Metionina	0,27	0,27	0,24	0,25	0,20	0,24	0,16	0,19
Médio potencial para produção de carne magra								
Lisina total	0,95	0,95	0,83	0,87	0,69	0,83	0,56	0,64
Lisina Digestível	0,77	0,77	0,67	0,71	0,55	0,67	0,44	0,50
Triptofano	0,18	0,18	0,16	0,17	0,14	0,17	0,11	0,13
Treonina	0,61	0,61	0,54	0,57	0,47	0,56	0,38	0,43
Metionina	0,26	0,26	0,22	0,24	0,19	0,22	0,15	0,17
Baixo potencial para produção de carne magra								
Lisina total	0,90	0,90	0,79	0,83	0,66	0,79	0,51	0,58
Lisina Digestível	0,73	0,73	0,64	0,68	0,52	0,64	0,40	0,45
Triptofano	0,17	0,17	0,15	0,16	0,13	0,16	0,10	0,12
Treonina	0,58	0,58	0,51	0,54	0,44	0,53	0,34	0,39
Metionina	0,24	0,24	0,21	0,22	0,18	0,21	0,14	0,16

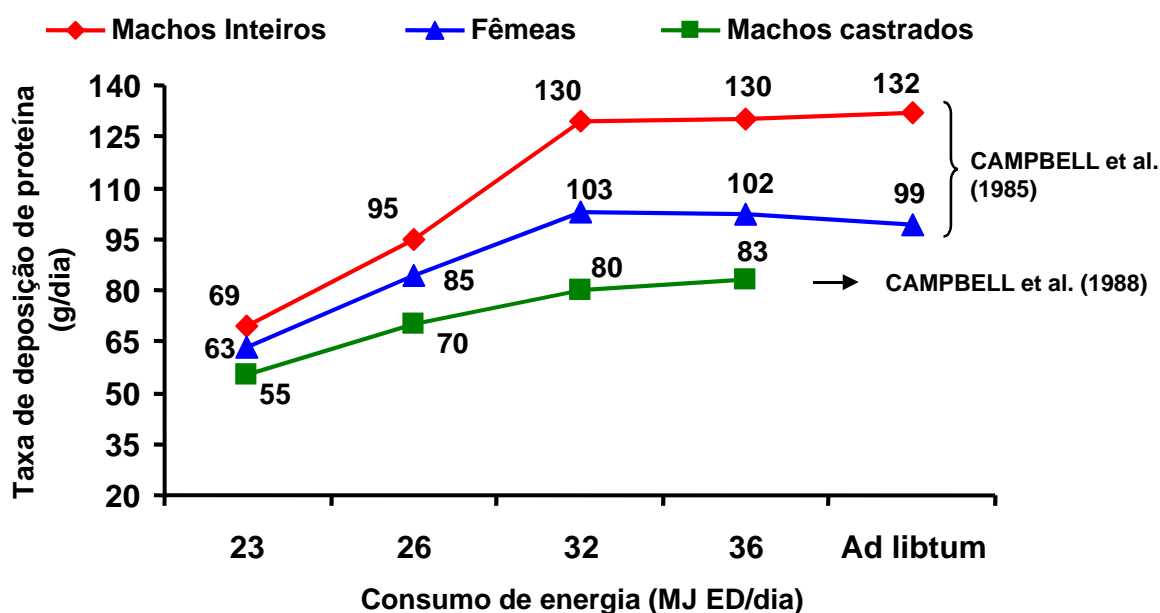
REESE et al. (1995).

Como está bem estabelecido que a deposição de proteína pode ser influenciada pelo consumo de energia, é necessário considerar, conjuntamente, as necessidades do suíno em proteína e energia, as quais podem ter valores variáveis dependendo das características do animal (peso, genótipo e sexo), das características climatológicas do meio ambiente e do estado sanitário (NOBLET e QUINIOU, 2001).

Animais com potencial para retenção protéica em torno dos 100 g/dia usualmente têm capacidade de ingestão de alimento e, conseqüentemente, de energia, superior às demandas para crescimento do tecido magro, o que resultaria em aumento na deposição de gordura corporal. Isto é mais evidente em machos castrados que, mesmo apresentando maior consumo de energia, apresentam taxas de retenção protéica similares às das fêmeas (KESSLER, 1998).

Dados de estudos de CAMPBELL et al. (1985) e CAMPBELL et al. (1988) com suínos de 48 a 90 kg revelaram que a taxa de deposição de proteína em razão do consumo de energia diário são menores para machos castrados e fêmeas quando comparados a machos inteiros (Figura 4). Embora a resposta seja inicialmente linear, ela permanece constante, a uma taxa de 130 g/dia e 102 g/dia, para machos inteiros e fêmeas, respectivamente, em resposta a consumos superiores a 32 MJ de ED/dia (CAMPBELL, 1995).

Suínos depositam proteína na carcaça em razão do consumo de energia até o máximo que o potencial genético permite. Assim, quando o limite genético de deposição de músculos é atingido, o consumo, em excesso, de energia irá promover a deposição de gordura na carcaça (BELLAYER e VIOLA, 1997).



**Figura 4** — Taxa de deposição diária de proteína na carcaça de suínos machos inteiros e fêmeas dos 48 aos 90 kg em função do consumo de energia (adaptado de CAMPBELL et al., 1985, CAMPBELL et al., 1988).

Nas tabelas de exigências nutricionais mais recentes, estrangeira (NRC, 1998) e nacional (ROSTAGNO et al., 2000), as exigências de lisina dos suínos estão estabelecidas de acordo com o potencial de ganho de carne magra e o sexo (Tabela 5).

**Tabela 5** — Níveis de lisina sugeridos para suínos de alto potencial genético para ganho de carne magra, segundo o sexo

Sexo	Categoria	Lisina total (%)	Lisina (%/Mcal de ED)	Fonte
Leitoas	50 a 80 kg	0,88	0,26	NRC (1998)
	80 a 120 kg	0,69	0,20	
Machos castrados	50 a 80 kg	0,77	0,23	
	80 a 120 kg	0,60	0,18	
Leitoas	6 a 15 kg	1,40	0,40	ROSTAGNO et al. (2000)
	15 a 30 kg	1,28	0,38	
	30 a 60 kg	1,18	0,35	
	60 a 100 kg	1,00	0,29	

A taxa de deposição de proteína, nos diferentes estágios de crescimento, também tem se constituído em um parâmetro no estabelecimento de equações (modelo fatorial), para estimativas das exigências de lisina dos suínos. Entre as equações propostas para a predição das exigências de lisina, tem-se a de BIKKER e BOSCH (1996), definida como:

$$LIS_{exg} = 0,036 \times PC^{0,75} + TDP \times 0,07 / 0,7$$

Onde:

- Lis<sub>exg</sub> = Exigência diária de lisina digestível (g/dia);
- PC = Peso corporal do suíno;
- TDP = Taxa de deposição de proteína (g/dia).

Na Tabela 6 encontram-se as estimativas de exigências de lisina digestível utilizando a equação de BIKKER e BOSCH (1996), com bases nos resultados de taxa de deposição de proteína na carcaça de suínos, determinados por diferentes autores.

**Tabela 6** — Níveis de lisina digestível estimados para suínos de diferentes categorias e sexo

Sexo	Categoria	CED (Mcal ED/dia)	TDP (g/dia) <sup>a</sup>	Lisina Digestível (g/Mcal de ED)	Fonte
Leitoas	20 a 45 kg	6,50	172 (A)	2,72	BIKKER (1994)
	45 a 85 kg	10,0	180 (A)	1,88	
Machos	45 kg	5,80	169 (B)	3,01	QUINIOU et al. (1995)
	65 kg	6,85	184 (B)	2,85	
	80 kg	7,98	194 (B)	2,55	
	95 kg	8,86	179 (B)	2,14	
Leitoas	15 a 30 kg	3,77	136 (A)	4,07	FONTES (1999)
	30 a 60 kg	6,10	173 (A)	3,47	

<sup>a</sup> Ganho de proteína usando abate comparativo (A) e balanço de nitrogênio (B).

## 4 Características e qualidade de carcaça de suínos de diferentes sexos

A exigência do consumidor por uma carne suína mais magra tem direcionado os programas nutricionais e de melhoramento, visando a produção de suínos com maior taxa de crescimento de tecido magro.

Na Tabela 7 observa-se a evolução da qualidade da carne do suíno brasileiro. A porcentagem de carne magra aumentou 8,7 % na década de oitenta, enquanto na década seguinte, esse aumento foi de 15,3 %, para suínos abatidos no estado de Santa Catarina.

**Tabela 7** — Evolução do percentual médio de carne nas carcaças de suínos observados nos frigoríficos de Santa Catarina

Ano	Tecido magro (%)
Década de 80 *	46,0 - 48,0
1990 - 95 *	49,0 - 50,0
1996	50,0 - 52,5
1997	51,5 - 54,5
1998	52,0 - 56,0
1999	52,5 - 56,5

FÁVERO (2000).

\* não havia tipificação oficial de carcaças.

Mudanças nas taxas absoluta e relativa de ganho de proteína ou de lipídios determinam a eficiência de ganho de tecido magro, o que, em última instância, define a composição da carcaça (SCHINCKEL e EINSTEN, 2000). De acordo com BOYD e BEERMANN (1992), para se melhorar a qualidade da carcaça, alterando o balanço entre o crescimento de tecido muscular e de tecido adiposo, diferentes estratégias podem ser utilizadas, nas quais se incluem: 1) seleção genética; 2) exploração de machos inteiros; 3) restrição na ingestão de energia; 4) adoção de abate precoce e 5) utilização de modificadores de metabolismo. De forma semelhante, ELLIS (1998b) relacionou os vários fatores que devem ser considerados quando se pretende aumentar a quantidade de tecido magro na carcaça (Tabela 8).

Existem diferenças fundamentais no crescimento e nas características de carcaça de suínos entre diferentes potenciais genéticos, raças e sexos.

As linhagens modernas apresentam elevado ritmo de crescimento, com alta taxa de deposição de carne magra na carcaça. Entretanto, ELLIS (1998a) chamou a atenção para os efeitos negativos do aumento na porcentagem de carne magra na carcaça e sua conseqüente redução de gordura intramuscular (GIM) ou baixo grau de marmoreio, principalmente, em aspectos de processamento das carcaças e em especial aos processos de corte e qualidade da carne.

De acordo com DAVIS et al. (1975), a GIM é que determina a palatabilidade da carne e a preferência do consumidor. DEVOL et al. (1988) sugeriram valor de

**Tabela 8** — Fatores que influenciam a porcentagem de carne magra

A. Fatores Genéticos	- Variação entre raças e linhagens genéticas - Genes simples (Halotano) - Diferenças entre sexos
B. Fatores Nutricionais	- Atendimento das exigências nutricionais - Uso de dietas com baixa energia - Restrição alimentar
C. Modificadores de Carcaça	- Somatotrofina porcina (pST) - Beta-agonistas - Picolinato de cromo - Betaína - Ácido linoleico conjugado

2,5 a 3,0% de GIM como sendo o ideal para ótima maciez da carne. Por sua vez, SEBRANEK e JUDGE (1990) afirmaram que um mínimo de 4% de GIM é necessário para um alto nível de palatabilidade dos cortes de carne suína, contribuindo para a suculência e sabor das carnes preparadas.

No entanto, EUSSE (1997), o melhoramento genético, visando a obtenção de carne, tem levado à diminuição na porcentagem de GIM, com níveis inferiores a 2%, comprometendo a qualidade organoléptica da carne suína. Corroborando este relato FRANK et al. (1998), trabalhando com linhagens de baixo, médio e alto potencial genético, observaram maior escore de marmoreio para baixo potencial em relação aos outros dois genótipos.

Dentre as diversas raças utilizadas para compor as linhagens comerciais modernas, a DUROC tem se destacado, não só por proporcionar melhores resultados de desempenho, como por produzir carcaças com bom padrão de gordura intramuscular (GIM), o que tem resultado em maior maciez e suculência da carne (ELLIS, 1998a).

Alguns estudos apresentados por ELLIS (1998a) têm mostrado que a adição de genes DUROC nas linhagens comerciais apresentaram bons resultados ao abate quanto a qualidade de carne, o que é, em grande parte, devido a elevada GIM e também à menor incidência de carne pálida, mole e exsudativa - PSE (Tabela 9).

Em estudo avaliando o efeito de raças (Duroc, Hampshire, Landrace e Yorkshire) sobre a qualidade da carne suína, JEREMIAH et al. (2001) encontraram melhores resultados de cor, sabor, suculência, perdas por cozimento e resistência ao corte para a Duroc em relação às outras raças.

Outra raça em destaque é a Pietrain, por apresentar resultados superiores, em rendimento de carne magra e desempenho, em relação às raças Large White, Landrace e Duroc (AFFENTRANGER et al., 1996). No entanto, EGGERT et al. (1998) comparando a qualidade da carne de três raças (Duroc, Pietrain e Large White), observaram menor porcentagem de gordura de marmoreio na carne do lombo de animais da raça Pietrain.

Assim, como existe variação inter-racial no que se refere ao rendimento de carne magra, também há variação significativa dentro de uma mesma raça em função das ações de seleção desenvolvidas pelos melhoristas ou pelas companhias de



**Tabela 9** — Efeito da porcentagem de genes Duros sobre a qualidade da carcaça e da carne<sup>a</sup>

% de genes Duroc	0	25	50	75
GIM (%)*	0,70	0,86	1,08	1,27
Carcaças com PSE (%)*	8,3	5,4	1,6	0,10
Painel de degustação **				
Maciez *	4,96	5,03	5,32	5,38
Suculência*	4,09	4,11	4,18	4,38
Sabor da carne*	3,88	3,99	3,96	3,98

ELLIS (1998).

\* Diferenças entre as médias (P<0,05);

\*\* Avaliado na escala de 8 pontos, valor mais baixo = qualidade pior.

melhoramento, podendo as diferenças de deposição de carne magra chegar a 27% entre as linhas genéticas (ELLIS, 1998a).

Além do genótipo e da raça, o sexo também constitui um fator que influencia o crescimento e as características de carcaça dos animais. Kempster e Lowe (1993), citados por ELLIS (1998b), resumiram as informações publicadas sobre as diferenças relativas entre machos inteiros e castrados (Tabela 10). Na Tabela 11, que inclui a revisão de literatura realizada por XUE et al. (1997), são apresentados os dados de características de carcaça, enfocando as diferenças apresentadas por estas duas categorias sexuais. Os dados mostram que machos inteiros apresentam, no geral, menor espessura de toucinho, maior comprimento de carcaça e maior área de olho de lombo. O maior rendimento de carcaça para machos castrados está relacionado ao mais alto peso dos órgãos genitais de machos inteiros.

Comparando características de carcaça de machos castrados e fêmeas, em um total de 2.328 animais, CROMWELL et al. (1993) constataram maior área de olho de lombo e maior porcentagem de músculo nas fêmeas em relação aos machos castrados, que por sua vez, apresentaram maior espessura de toucinho. Resultados semelhantes foram verificados por WAGNER et al. (1999), EGGERT et al. (1996) e COFFEY et al. (2001).

**Tabela 10** — Desempenho relativo de machos inteiros e castrados (desempenho dos castrados = 100)

	Desempenho relativo	Faixa de variação apresentada pela maioria dos experimentos
Rendimento de carcaça	99	± 1
Es pessura de toucinho, P2	80	± 5
% de carne magra	106	± 3
% de gordura (separável)	89	± 4
Ganho diário em tecido magro	116	± 5
Eficiência alimentar para ganho de tecido magro	125	± 5

Adaptado de Kempster e Lowe (1993), citados por ELLIS (1998b).

Com relação à qualidade da carne suína, estudos conduzidos por BLANCHARD et al. (1999), evidenciaram que machos inteiros produziram carne com algumas

**Tabela 11** — Características de carcaça de suínos machos inteiros (MI) e machos castrados (C)

Referências	Peso de Abate (kg)	Características de carcaça							
		RC (%) <sup>1</sup>		CC (cm) <sup>2</sup>		ET (mm) <sup>3</sup>		AOL (cm <sup>2</sup> ) <sup>4</sup>	
		MI	C	MI	C	MI	C	MI	C
Clipet e Strain (1981)*	89	75,2	76,7	80,9	77,6	27,1	38,9	34,0	27,1
Wood e Riley (1982)*	87	76,5	78,1	80,0	80,0	14,0	16,5	-	-
Wood e Riley (1982)*	86	77,2	77,1	81,3	79,5	11,8	14,4	-	-
Ellis et al. (1983)*	89	76,3	77,0	80,3	80,1	12,2	16,1	-	-
Fortin et al. (1983)*	93	81,9	83,0	-	-	32,0	32,0	-	-
Castell et al. (1985)*	90	74,0	75,2	-	-	19,6	23,1	30,3	30,8
Castell et al. (1985)*	91	74,1	74,9	-	-	19,6	24,2	30,2	30,8
Castell e Strain (1985)*	89	77,1	77,2	78,0	74,6	19,6	26,2	34,8	28,2
Knudson, et al. (1985)*	105	74,1	74,7	85,2	82,8	19,5	28,4	31,8	31,7
CROWELL et al. (1993)	105	-	73,4	-	-	-	29,8	-	32,3
CRITSER et al. (1995)	102	-	69,5	-	77,8	-	29,5	-	27,5
MALONEY et al. (1998)	125	74,4	74,2	-	-	24,9	25,9	-	-
BALL et al. (2001)	105-109	78,5	79,0	83,6	81,6	17,8	23,9	43,2	39,8
OLIVEIRA (2001)	110	-	83,5	-	-	-	16,4	-	41,6
OLIVEIRA (2001)	125	-	84,1	-	-	-	16,3	-	44,9

\* Adaptados de XUE et al. (1997).

<sup>1</sup> Rendimento de carcaça;

<sup>2</sup> Comprimento da carcaça;

<sup>3</sup> Espessura de toucinho;

<sup>4</sup> Área de olho de lombo.

características (GIM, maciez) superiores às das fêmeas, embora não tenham observado diferenças significativas na quantidade de GIM. Quanto à presença de odores, foi observado maior intensidade na carne dos machos inteiros do que na das fêmeas (Tabela 12). Os autores também relataram, que, quando os suínos são alimentados com dietas com altos níveis de ED e baixo de PB, as diferenças entre os sexos, quanto a odores na carne, tornam-se mais discrepantes.

**Tabela 12** — Diferenças na qualidade da carne de suínos machos inteiros e fêmeas

Parâmetros*	Sexo		P<
	Machos inteiros	Fêmeas	
GIM (g/kg)	13,7	12,8	NS
Suculência	4,97	4,93	0,04
Maciez	5,20	4,92	0,04
Sabor	4,57	4,55	0,03
Odores	2,05	2,00	0,03

BLANCHARD et al. (1999).

\* Escala de 1 a 8.

Mais recentemente, BALL et al. (2001) verificaram que, apesar dos machos inteiros renderem até 6,3 % mais carne magra na carcaça que os machos castrados, estes

apresentaram maior escore de gordura de marmoreio no lombo em relação às fêmeas, que, por sua vez, têm maior escore que os machos inteiros.

De modo geral, a gordura de marmoreio resulta em melhoria da qualidade de carne. Maior escore de marmoreio e melhor suculência da carne de suínos machos castrados, em relação à das fêmeas e de machos inteiros, foi constatada por JEREMIAH et al. (2001).

Embora os machos castrados apresentem maior quantidade de gordura na carne, as fêmeas têm maior rendimento de carne, e maior área de olho de lombo que os machos castrados (ANTUNES et al., 2001)

Desta forma, no estabelecimento das exigências nutricionais dos suínos, o sexo dos animais deve ser considerado, uma vez que machos inteiros, fêmeas e machos castrados têm composição de carcaça e qualidade de carne diferenciados (BLANCHARD et al., 1999b).

## 5 Considerações finais

Novas estratégias de alimentação devem ser planejadas para o atendimento dos requisitos nutricionais de suínos destinados ao abate. Além das diferenças em exigências nutricionais impostas pelo melhoramento, resultando na produção de animais com carcaças cada vez com maior proporção de carne, devem ser consideradas as diferenças entre os sexos, uma vez que os resultados de desempenho e de características de carcaça entre as diversas categorias sexuais são bem definidos.

O reconhecimento dos diferentes padrões de carcaça, incluindo características e qualidade de carne, apresentados por machos inteiros, castrados e fêmeas, conduz à possibilidade de novas alternativas de manejo dentro do sistema de produção de suínos, como a discussão do abate futuro de animais inteiros em países onde a legislação não o permite e a criação separada de machos e fêmeas.

O limite da busca incessante para obtenção de carcaças suínas com maior teor de carne e menor porcentagem de gordura, direcionada pelo perfil do consumidor dos dias atuais, está em atingir estes objetivos sem perder as características atrativas da carne suína e aquelas que a indústria frigorífica exige para um bom processamento.

## 6 Referências Bibliográficas

AFFENTRANGER, P., GERWIG, C., SEEWER, G. J. F, SCHWÖRER, D., KÜNZI, N. Growth and carcass characteristics as well as meat and fat quality at three types of pigs under different feeding regimens. *Livestock Production Science*. Amsterdam, 45 (213):187-197, 1996.

ANTUNES, R. C., BORGES, M., GOULART FILHO, L. R., SANCEVERO, A. B., SCHEID, I.R., MACHAIM, M., SANTANA, B. A. A. O efeito do genótipo HAL sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados. *Revista TeC Carnes - Campinas-SP*, 3(2):1-15, 2001.

BAKER, D. H., EASTER, R. A., ELLIS, M., BEVERLY, J. L., HOLIS, G. R. Nutrient allowances for swine. *Feedstuffs*, 69:40-46, 1997.

- BALL, R. O., GIBSON, J. P., AKER, C. A., NADARAJAH, K., UTTARO, B. E., FORTIN, A. Differences among breeds, breed origins and gender for growth, carcass composition and pork quality. [www.uoguelph.ca/Research/swine/twentytree.htm](http://www.uoguelph.ca/Research/swine/twentytree.htm), 2001 (acessado em 22/09/2001).
- BELLAVER, C., VIOLA, E. S. Qualidade de carcaça, nutrição e manejo nutricional. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 1997, Foz do Iguaçu-PR. Anais... Foz do Iguaçu; ABRAVES, 1997. p.152-158.
- BIKKER, P., BOSCH, M. Nutrient requirements of pigs with high genetic potencial for lean gain. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG, Anais..., Viçosa:UFV, 1996. p. 223-239.
- BLANCHARD, P. J., ELLIS, M., WARKUP, C. C., CHADWICK, J. P., WILLIS, M. B. The influence of sex (boars and gilts) on growth, carcass and pork eating quality characteristics. *Animal Science*, 68:487-493, 1999.
- BOYD, R. D., BEERMANN, D. H. Manipulation of body composition. In: LEMAN; A.D., STRAW, B.E., MENGELING,W.L., D'ALLAIRE, S, TAYLOR, D.J. *Diseases of Swine*, 7th ed., p.88-137, 1992.
- CAMPBELL, R. G. Strategies to maximise biological performance and to enhance the cost effectiveness of diets and nutritional programmes. In: Proceedings, AMERICAN Association of Swine Practitioners, 26 th Annual Meeting, Nebraska, p. 273-283, 1995.
- CAMPBELL, R. G. TAVERNER, M. R., RAYNER, T. J. The tissue and dietary protein and amino acid requirements of pigs from 8.0 to 20.0 kg live weight. *Animal Production*, 46:283-290, 1988.
- CAMPBELL, R. G. TAVERNER, M. R., CURIC, D. M. The influence of feeding level on the protein requirements of pigs between 20 and 45 kg live weight. *Animal Production*, 40:489-496, 1985.
- CHRISTIAN, L. L., STROCK, K. L., CARLSON, J. P. Effects of protein, breed cross, Sex and slaughter weight on swine performance and carcass traits. *Journal of Animal Science*, 51:51-58, 1980.
- COFFEY, R., PARKER, G. R., LAURENT, K. M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean growth rate. [www.ca.uky.edu/agc/pubs/asc/asc147/asc147.htm](http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/asc/asc147/asc147.htm) 2001 (acessado em 22/09/2001).
- CLAPPER, J. A., CLARK, T. M., REMPEL, L. A. Serum concentrations of IGF-I, estradiol-17b, testosterone, and relative amounts of IGF binding proteins (IGFBP) in growing boars, barrows, and gilts. *Journal Animal Science*, 78:2581-2588, 2000.
- CRITSER, D. J., MILLER, P. S., LEWIS, A. J. The effects of dietary protein concentration on compensatory growth in barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 73: 3376-3383, 1995.
- CROMWELL, G. L., CLINE, T. R., CRENSHAW, J. D. The dietary protein and (or) lysine requirements of barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 71:1510-1519, 1993.
- DAVIS, G. W., SMITH, G. C., CARPENTER, Z. L., CROSS, H. E. Relationships of quality indicators to palatability attributes of pork loins. *Journal of Animal Science*, 41: 1305-1313, 1975.
- De LANGE, C. F. M., BIRKETT, S. H., MOREL, P. C. Protein, fat and bone tissue growth in swine. In: LEWIS, A J. *Swine Nutrition*. Boca Raton: CRC Press 2. Ed. p. 65-81, 1995.

- DEVOL, D. L., McKEITH, F. K., BECHTEL, P. J., NOVAKOFSKI, J., SHANKS, R. D., CARR, T. R. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *Journal of Animal Science*, 66:385-395, 1988.
- EGGERT, J. M., SCHINCKEL, A. P., MILLS, S. E., FORREST, J. C, GERRARD, D. E., FARRAND, E. D., BOWKER, B. C. WYNVEEN, E. J. Growth and characterization of backfat layers and their relationship to pork carcass quality. *Purdue University, Swine Day Report*, p.1-7, 1998.
- EGGERT, J. M., SHEISS, E. B., SCHINCKEL, A. P., FORREST, J. C, GRANT, A. L., MILLS, S. E., WATKINS, B. A. Effects of genotype, sex, slaughter weight, and dietary fat on pig growth, carcass composition, and pork quality. *Purdue University, Swine Day Report*, p.1-6, 1996.
- EKSTROM, K. E. Genetic and sex considerations in swine nutrition. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. *Swine Nutrition*, Butterworth-Heinemann, USA, p.415-424, 1991.
- ELLIS, M. Influência da genética e da nutrição sobre a qualidade da carne suína. In: *Simpósio sobre rendimento e qualidade da carne suína. Anais... EMBRAPA - CNSA - Concórdia - SC*, p. 26-51, 1998a.
- ELLIS, M. Efeitos do melhoramento genético, sexo, regime alimentar e peso de abate sobre o rendimento de carne magra na carcaça. *Simpósio sobre rendimento e qualidade da carne suína. Anais... EMBRAPA - CNSA - Concórdia - SC*, p. 52 - 79, 1998b.
- EUSSE, G. J. S. Calidad de la carne de cerdo: Algunos aspectos generales. *Asociación Americana de Soya. Medellín, Colombia. SOYANOTICIAS. Fev-mar, 1997.*
- FÁVERO, J. A. Melhoria de carcaça de suínos: importância dos processos de tipificação e abate de machos inteiros. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS - CBNA. Anais... Campinas, S.P.*, p.135-151, 2000.
- FONTES, D. O. Lisina para leitões selecionadas geneticamente para deposição de carne magra na carcaça, dos 15 aos 90 kg. *Viçosa:UFV, 1999. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.*
- FORD, J. J., KLINDT, J. Sexual differentiation and the growth process. In: CAMPION, D.R., HAUSMAN, G.J., MARTIN,R. *Animal Growth Regulation*, Plenum Press. NY, p.317-336, 1989.
- FRANK, J. W., RICHERT, B. T., SCHINCKEL, A. P., BELSTRA, B. A., AMASS, S. F., DeCAMP, S. A. Effects of environment, genotype, and health management system on pig growth performance and carcass characteristics. *Purdue University, Swine Day Report*, p. 1-11, 1998.
- FRIESEN, K. G., NELSEN, J. L., GOODBAND, R. D., TOKACH, M. D., UNRUH, J. A, KROPF, D. H., KERR, B. J. Influence of dietary on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts fed from 34 to 72 kilograms. *Journal of Animal Science*, 72:1761-1770, 1994.
- FULLER, M. F. Macronutrient requirements of growing swine. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG, Anais...*, Viçosa:UFV, 1996. p. 205-221.
- JEREMIAH, L. E., FORTIN, A., GIBSON, J. P., BALL, R. O. Eating quality of pork. [www.apsit.aps.uoguelph.ca/pub/swine/opcap4.html](http://www.apsit.aps.uoguelph.ca/pub/swine/opcap4.html), 2001 (acessado em 20/09/2001).

- KESSLER, A. M. Exigências nutricionais para máximo rendimento de carne em suínos. In: Simpósio sobre rendimento e qualidade da carne suína. Anais... EMBRAPA - CNSA - Concórdia - SC, p. 18-25, 1998.
- KYRIAZAKIS, I. A quantitative biology of the pig. CAB International, Wallingford, England, 1999, 400p.
- MALONEY, C. A., HINES, R. H., HANCOCK, J. D., CAO, H., PARK, J. S. Effects of diet manipulation on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of intact male pig. Purdue University, Swine Day Report, p.1-7, 1998.
- MORETTO, V. Níveis de lisina para suínos, da raça landrace, de 15 a 30 kg de peso, Viçosa, MG:UFV, 1998, 48p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- NOBLET, J., QUINIOU, N. Principais fatores de variação das necessidades de aminoácidos dos suínos em crescimento. I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA. Anais... Foz do Iguaçu, PR-Brasil, p. 134-142, 2001.
- NOBLET, J., SHI, X.S., DUBOIS, S. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. Journal of Animal Science, 72:645-657, 1994.
- NRC, National Research Council. Nutrient requirement of swine. 10.ed. Washington, DC: National Academy Science, 1998. 189p.
- OLIVEIRA, A. L. S. Níveis de lisina para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra dos 95 aos 125 kg. Viçosa, MG:UFV, 2001. 42 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- OWENS, P. C., GATFORD, K. L., WALTON P. E., MORLEY, W., CAMPBELL, R.G. Relationship between endogenous insulin-like growth factors and growth in pigs. Journal of Animal Science, 77:2098-2103, 1999.
- PUPA, J. M. R., ORLANDO, U. A. D., DONZELE, J. L. Requerimentos nutricionais de suínos nas condições brasileiras. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA. Anais... Foz do Iguaçu-PR, p.143-153. 2001.
- QUINIOU, N., NOBLET, J., DOURMAD, J. Y., Van MILGEN. J. Influence of energy supply on growth characteristics in pigs and consequences for growth modelling. Livestock Production Science, 60:317-328, 1999.
- REESE, D. E., THALER, R. C., BRUMM, M. C., HAMILTON, C. R., LEWIS, AJ., LIBAL, G. W., MILLER, P. S. Swine Nutrition Guide - Nebraska and South Dakota. South Dakota State University and University of Nebraska, 1995. 41p.
- ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., FERREIRA, A. S., OLIVEIRA, R. F. M., LOPES, D. C. Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras). Viçosa, MG:UFV Imprensa Universitária, 2000, 141p.
- SEBRANEK, J. G., JUDGE, M. D. Pork Quality. In: PORK INDUSTRY HANDBOOK, Purdue University Cooperative Extension Service. West Lafayette, IN, USA, 3p., 1990.
- SCHINCKEL, A. P., EINSTEIN, M. E. Concepts of pig growth and composition. [www.anse.purdue.edu/swine/porkpage/growth/pubs](http://www.anse.purdue.edu/swine/porkpage/growth/pubs), 2000 (acessado em 22/0/2001).
- TOMAS, F. M., KNOWLES, S. E., OWENS, P. C., CHANDLER, C. S., FRANCIS, G. L., READ, L. C., BALLAND, F. J. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) and especially IGF-I variants are anabolic in dexamethasone-treated rats. Biochemistry Journal, 282:91-97, 1992.

WAGNER, J. R., SCHINCKEL, A. P., CHEN, W., FORREST, J. C., COE, B. L. Analysis of body composition changes of swine during growth and development. *Journal of Animal Science*, 77:1442-1466, 1999.

WEILER, U., CLAUS, R. Endocrine regulation of growth and metabolism in the pig: a review. *Livestock Production Science*, 37:245-260, 1994.

WHITTEMORE, C. The science and practice of pig production. 2a ed London, UK: Blackwell Science , 1998, 624p.

WHITTEMORE, C., TULLIS, J. B., EMMANS, J. C. *Animal Production*. 46:437-445, 1988.

XUE, J. L., DIAL, G. D., PETTIGREW, J. E. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrow: a literature review. *Swine Health and Production*, 5:21-28, 1997.

# EFEITOS DA RACTOPAMINA SOBRE O CRESCIMENTO, A COMPOSIÇÃO DA CARÇAÇA E A QUALIDADE DOS SUÍNOS

A. P. Schinckel    B. T. Richert    C. T. Herr    M. E. Einstein    D. C. Kendall

Department of Animal Sciences  
Purdue University  
3-231 Lilly Hall - West Lafayette, IN USA  
Phone: 765/494-4836 Fax: 765/494-9346  
e-mail: aschinck@purdue.edu

## Resumo

A adição de ractopamina a dietas de terminação de suínos aumenta a deposição muscular e reduz a deposição de gordura. O ganho do peso vivo aumenta com pequenas diminuições na ingestão diária de ração. A magnitude da resposta à ractopamina é maior para um maior ganho de carne magra em suínos com alto ganho de carne magra. A melhoria percentual no crescimento muscular da carcaça é consistente entre diferentes populações genéticas de suínos. A ractopamina é igualmente efetiva quando para castrados ou marrãs. A resposta à ractopamina é maior para os primeiros 14 d ou 12-15 kg de ganho de peso vivo, e a seguir declina. A maior parte da resposta à ractopamina para um ganho diário médio pode ser alcançada com uma concentração dietética de 5 ppm. Níveis mais altos (10 a 20 ppm) maximizam a carne magra da carcaça e a eficiência da ração. O pagamento dos sistemas de comercialização para um maior teor de tecido magro na carcaça afetará os retornos econômicos e o nível otimizado do uso da ractopamina. O uso otimizado da ractopamina, incluindo o nível e a duração do uso, só pode ser determinado através do uso de um modelo de crescimento de suínos. As equações de predição de uso comum subestimam o ganho de carne magra gerado pela ractopamina. É baixo o impacto da ractopamina sobre a qualidade da carne suína, inclusive em termos de cor, marmoreio, firmeza, e pH. Programas graduais, que aumentam regularmente o nível de ractopamina, podem gerar o uso mais custo-efetivo da ractopamina.

**Palavras chave:** Suínos, Ractopamina, Ganho de carne magra, Composição de carcaça, Qualidade de carne suína

## 1 Resposta à ractopamina para o crescimento de suínos

A ractopamina é um agonista b-adrenérgico que, quando administrado a suínos, aumenta a carne magra da carcaça ao aumentar a deposição muscular e ao reduzir a deposição de gordura (Watkins et al., 1990). A deposição muscular da carcaça aumenta numa proporção maior do que o crescimento dos órgãos viscerais, de



maneira que há aumento do rendimento de carcaça. O ganho de peso vivo aumenta em aproximadamente 10 a 12 por cento quando administrado para um ganho de peso vivo de 40 kg antes da entrega para o mercado. Com pequenas reduções (0-5%) na ingestão diária, a ractopamina (RAC) melhora de maneira substancial tanto o peso vivo como a eficiência da carne magra (Watkins et al., 1990; Gu et al., 1991a, 1991b).

## 2 Avaliação da ractopamina em diferentes populações genéticas

Para avaliar a influência da capacidade genética para o ganho de carne magra da carcaça através da RAC, Bark et al. (1992) utilizaram duas populações genéticas de suínos representando um potencial genético baixo (LL) e alto (HL) para o crescimento de carne magra. Castrados tiveram acesso irrestrito a uma dieta de milho-soja (1,08% de lisina) contendo 0 ou 20 ppm de RAC desde 63 a 104 kg. Castrados da linha HL tiveram um maior ganho diário (0,89 contra 0,63 kg/d) e uma melhor conversão alimentar (3,25 contra 4,28) do que os castrados LL nas dietas de controle. A ractopamina aumentou o ganho diário médio (0,76 a 0,83 kg/d) e melhorou a conversão alimentar (3,77 contra 3,33). A ractopamina melhorou a taxa de deposição muscular da carcaça numa proporção maior para os castrados HL (282 até 476 g/dia) do que para os castrados LL (132 contra 173 g/d). Além disso, a ractopamina reduziu o ganho de carne gorda numa proporção maior para os castrados HL (132 contra 273 g/d) do que nos castrados LL (205 contra 292 g/d,  $P < 0,04$ ). A eficiência do ganho de carne magra, calculada como o ganho muscular (kg) sobre consumo de ração (kg) teve um aumento maior nos suínos HL (0,102 a 0,179) do que nos suínos LL (0,048 a 0,066,  $P < 0,01$ ).

Um experimento fatorial utilizando 183 castrados alimentados separadamente foi conduzido por Gu et al. (1991a, 1991b, 1992). Castrados de cinco populações genéticas com dois níveis de RAC (0 e 20 ppm) foram alimentados durante um de três períodos de tratamento (peso vivo de 59 a 100, 73 a 114, e 86 a 127 kg). Os suínos receberam uma dieta de alta energia com CP a 18,5% (lisina de 0,95%). Assim como em testes anteriores, a RAC melhorou a conversão de alimento (3,17 contra 3,27,  $P = 0,07$ ), aumentou o rendimento de carcaça (75,8 contra 74,5%), o percentual de carne magra da carcaça (51,1 contra 48,1%) gordura padronizada (10% de gordura), bem como a área do músculo longissimus (35,3 contra 32,5 cm<sup>2</sup>). Não houve nenhuma interação significativa RAC × população genética para essas variáveis, exceto para carne magra padronizada por gordura ( $P = 0,10$ ).

A ractopamina aumentou o ganho padronizado de carne magra em 25% (385 contra 308 g/d) e aumentou a eficiência da conversão alimentar em músculo (ganho muscular/ingestão alimentar) em 25,5% (0,1270 contra 0,1012). Houve interações RAC × população genética para o ganho de carne magra ( $P = 0,03$ ) e para a conversão ( $P = 0,08$ ). Foi feita a regressão das médias de ganho para as cinco populações genéticas que receberam RAC sobre as médias das cinco populações genéticas submetidas a dietas-controle (Tabela 1). O coeficiente de regressão foi de 1,25, indicando o caráter adequado de um ajuste multiplicativo de 1,25.

Recentemente foi realizado um teste, em que marrãs de três cruzas terminais modernas de alto ganho de carne magra receberam quatro níveis de RAC (0, 5, 10, e

**Tabela 1** — Médias dos quadrados mínimos e erros-padrão de interações ractopamina (RAC) × genótipo (GT)

RAC e GT	ADSLG <sup>a</sup> , g	
	0 ppm RAC	20 ppm RAC
1	303 ± 19	318 ± 20
2	305 ± 18	391 ± 20
3	333 ± 18	422 ± 20
4	289 ± 18	342 ± 19
5	313 ± 18	452 ± 19

ADSLG= crescimento de tecido magro padronizado por gordura.

20 ppm) durante um período de alimentação de quatro semanas (Herr et al., 2001). As marrãs iniciaram o teste com um peso vivo de 81,6 kg e receberam dietas formuladas para conter 18,6% CP e lisina a 1,1%. O percentual de carne magra da carcaça foi semelhante para as três populações genéticas. Trezentas marrãs foram divididas por peso em 60 boxes (5 boxes por nível de RAC - população genética). Em geral, a RAC aumentou o ganho médio diário em 14,5% e melhorou a conversão alimentar em 14,6%. Não foi encontrada nenhuma interação significativa população genética × tratamento RAC.

### 3 Ractopamina conforme interações por sexo

Vários testes têm avaliado o efeito da RAC em castrados e marrãs (Uttaro et al., 1993; Williams et al., 1994; Elanco, 1999). De maneira geral, foram encontradas respostas à RAC semelhantes nos castrados e nas marrãs em termos de taxa de crescimento, consumo de ração, ganho de carne magra, e dimensões da carcaça. As respostas dos castrados e das marrãs à dose de 20 ppm de RAC foram semelhantes para as características da carcaça, rendimentos no processamento e medições da qualidade da carne (Uttaro et al., 1993).

Um teste de seis semanas avaliou a resposta à RAC quando os níveis de RAC aumentaram (5, 10, e 20 ppm), diminuíram (20, 10, e 5 ppm), e permaneceram constantes (11.6 ppm) para os três períodos de duas semanas. (Herr et al., 2001a). Nenhuma interação sexo × tratamento RAC foi significativa para qualquer desempenho de crescimento ou qualquer característica da carcaça.

Outro teste avaliou o efeito de uma dosagem de 20 ppm de RAC em machos inteiros, machos castrados e em marrãs (Dunshea et al., 1993). Os suínos foram alimentados a partir de 60-90 kg de peso vivo. A ractopamina aumentou o ganho diário médio nos castrados (1.399 contra 1.156 g/d), e nas marrãs (1.204 contra 1.031 g/d), mas não nos machos inteiros (1.268 contra 1.276 g/d; 20 ppm/0 ppm). A dieta com RAC aumentou a deposição diária de proteína em 26, 51, e 53 g/d nos inteiros, nas marrãs, e nos castrados, respectivamente. A razão lipídios diários de corpo vazio sobre deposição de proteína foi significativa por sexo ( $P < 0,001$ ) e RAC ( $P < 0,001$ )

sem nenhuma interação sexo × RAC. Nenhuma interação significativa sexo × RAC foi detectada para a composição de corpo vazio ou dimensões da carcaça. Uma possível explicação para o menor ganho de peso vivo e deposição de proteína nos machos inteiros é que a lisina dietética pode ter sido limitante (Dunshea et al., 1993).

## 4 Variação na resposta ao nível de ractopamina

Foi resumida a resposta de suínos que receberam 5 a 20 ppm de RAC (Watkins et al., 1990; Elanco, 1999; Tabela 2). Nos testes iniciais realizados no fim dos anos 1980 até o começo dos anos 1990, suínos receberam dietas com 16% de milho-soja a partir de pesos vivos de 67 a 104 kg. A duração média do teste foi de aproximadamente 42 dias. A espessura média de toucinho para 104 kg de peso vivo foi de 2,71 cm nos suínos do grupo de controle.

A seleção genética tem aumentado de maneira substancial as taxas de deposição muscular da carcaça e diminuído as taxas de deposição de gordura da carcaça (Schinckel e De Lange 1996; Schinckel, 1999). É possível que as populações genéticas selecionadas por um maior ganho de carne magra da carcaça expressem uma resposta maior a uma dieta com RAC devido à sua maior concentração de DNA (Bark et al., 1992). A seleção por uma menor deposição de gordura altera o metabolismo dos ácidos graxos (Mills et al., 1990).

Numa teste recente (Herr et al., 2001a), marrãs foram alimentadas durante quatro semanas a partir de um peso vivo de 83,5 kg. Os suínos modernos de alto teor de carne magra foram mais magros (1,78 cm de toucinho a 112 kg), tiveram melhor conversão alimentar, e menor consumo de ração que os suínos dos testes anteriores. A proporção de resposta máxima (20 ppm) alcançada pelas marrãs que receberam 5 ppm é superior à dos testes anteriores efetuados em suínos com menor ganho de carne magra, e com menor teor de carne magra. O ambiente, o estado sanitário, e outros fatores podem ter aumentado de maneira tal que podem ter influenciado a resposta relativa dos suínos ao nível menor de RAC. A duração da alimentação foi menor no teste recente e pode ter afetado a resposta relativa à RAC. É possível também, no entanto, que os atuais suínos selecionados pelo ganho de carne magra e pela conversão alimentar em carne magra sejam mais sensíveis a níveis menores de RAC (5 ppm).

## 5 Mudança na resposta à ractopamina com a duração da alimentação

A resposta à RAC também é alterada pela duração do fornecimento (Bark et al., 1992, Williams et al., 1994; Herr et al., 2001b, 2001c). A maior resposta ocorre nos primeiros 14 dias, antes de haver uma redução lenta. Williams et al. (1994) verificaram que suínos que receberam 44,7 mg de RAC por dia cresceram mais rapidamente do que os suínos-controle nas semanas cinco (0,85 contra 0,73 kg/d) e seis (0,90 contra 0,86, N = 141 por média). Na semana sete, houve diminuição da taxa de crescimento (0,81 contra 0,79 kg/d). Em dois testes recentes, suínos que receberam um nível constante de 11,6 ou 20 ppm tiveram taxas de crescimento menores e uma conversão

**Tabela 2** — Resposta relativa de 5 ppm x 20 ppm de ractopamina em experimentos antigos e recentes

Variável de desempenho	Experimentos antigos					Experimentos recentes				
	0	5	20	SE	5 ppm/20ppm	0	5	20	SE	5 ppm/20ppm
Ganho Médio Diário g/dia	834	894	916	5	0,72	884	993	1025	13	0,90
Consumo Médio de ração kg/dia	2,99	2,95	2,87	0,02	0,33	2,61	2,55	2,48	0,05	0,55
Conversão alimentar	3,62	3,33	3,16	0,02	0,63	2,95	2,56	2,43	0,05	0,75
Rendimento	73,3	73,7	74,4	0,1	0,36	73,3	74,3	74,4	0,2	0,90
% carne magra	51,8	53,9	57,5	0,1	0,37	54,7	55,3	56,2	0,3	0,55
espessura de toucinho 10 <sup>a</sup> cost. (cm)	2,74	2,09	2,41	0,05	0,24	1,78	1,68	1,65	0,05	0,77

Sumário de 20 ensaios com 479, 486 and 469 suínos por nível de ractopamina. Suínos alimentados de 67 a 104 kg com dietas de 16% PB.

Sumário de 75 marrãs por nível de ractopamina de 3 cruzamentos terminais. Ração 18.6% PB, 1.1% lisina por 4 semanas, começando com 83.5 kg.

Porcentagem de tecido magro predita por Herr et al., (2001a) com medicos em sonda óptica. Porcentagem de tecido magro é o tecido muscular dissecado nos experimentos anteriores.

alimentar mais baixa do que os suínos-controle até a quinta semana dos testes (Herr et al., 2001b, 2001c). Somente um aumento do nível de RAC pode gerar uma taxa maior de crescimento nas semanas cinco e seis (Herr et al., 2001c; Schinckel et al., 2001). Programas graduais, em que o nível de RAC é aumentado a cada duas a três semanas, podem ser mais econômicos (Herr et al., 2001c; Schinckel et al., 2001) e continuam sendo pesquisados. É possível que os suínos com alto ganho de carne magra tenham uma resposta à RAC de menor duração RAC. Somente testes de pesquisa avaliando populações genéticas anteriores e atuais de suínos podem avaliar se a seleção genética altera a resposta à RAC em termos de tempo ou de peso no momento do teste.

## **6 Existem interações população genética × ractopamina × ambiente?**

Suínos criados em condições comerciais usuais experimentam taxas de crescimento do peso vivo de 0,70 a 0,80 kg/d, comparadas com as taxas de 0,90 a 1,10 kg/d quando criados em instalações de pesquisa menos limitantes, quase ideais (Holck et al., 1998; Schinckel et al. 1999). As linhagens selecionadas para maior conversão alimentar, para maior percentual de carne magra da carcaça, e para menor consumo de ração são substancialmente mais sensíveis a ambientes de pior estado sanitário, em termos de taxa de crescimento, conversão alimentar, morbidade, e mortalidade (Frank et al., 1997; Kendall et al., 1999).

Qual será a resposta esperada à ractopamina nos suínos que alcançam apenas 60% a 70% de seu potencial genético máximo observado em condições mais ideais? Será que a RAC permitirá uma maior expressão dos suínos com alto ganho de carne magra e superará os efeitos ambientais? Ou será que a resposta à RAC será limitada pelo ambiente?

No momento, os modelos de resposta pressupõem um aumento percentual consistente na deposição de proteína e no ganho de carne magra da carcaça com base nos modelos de desempenho comercialmente alcançados. Os efeitos do potencial genético máximo dos suínos para o ganho de carne magra (deposição de proteína), os efeitos ambientais, e as interações genética × ambiente não são tomadas em consideração.

## **7 Modelando a resposta à ractopamina**

Foram considerados seis parâmetros para modelar os efeitos da RAC.

- Foi pressuposto um aumento de 24% na deposição diária de proteína corporal nos últimos 42 kg de ganho de peso vivo.
- A resposta relativa à RAC (RR) foi modelada de maneira a descrever o rápido aumento e o subsequente declínio na RR com o aumento do tempo ou com o ganho de peso com a RAC. A predição da RR foi feita a partir de ultrasonografia seriada semanal em tempo real, de medições do peso vivo, e com base na

resposta semanal à RAC para aumentar a conversão alimentar e o ganho médio diário.

- Modelou-se a redução do consumo de ração em 0,04 (PL, ppm/20).7 vezes a ingestão alimentar para os primeiros 21 kg de ganho de peso vivo com a RAC, aumentando a seguir para 8% at 42 kg de ganho de peso vivo com a RAC.
- A relação ganho de carne magra livre de gordura e deposição de proteína de corpo vazio foi modelada para aumentar numa média de 12% com 20 ppm de RAC.
- As equações foram modificadas de maneira a incorporar o efeito da RAC para aumentar o ganho de peso acima do esperado pelo aumento na deposição de proteína.
- Foram modificadas as equações prevendo a espessura de toucinho, a área do olho do lombo, a carne magra livre de gordura e a massa de gordura da carcaça. A ractopamina altera a distribuição de carne magra de maneira tal que as medições da carcaça explicam apenas em parte a massa extra de carne magra gerada pela RAC (Gu et al., 1992c). A ractopamina aumenta a área do olho do lombo e a profundidade muscular numa proporção maior e a espessura do toucinho numa proporção menor à anunciada pelo aumento que gera na massa de carne magra.

O crescimento de carcaça das marrãs que receberam RAC foi previsto para marrãs criadas em dois ambientes: (1) SEW, bom manejo sanitário em instalações modernas e (2) uma instalação mais antiga de fluxo contínuo (Kendall et al., 2000). Curvas de crescimento composicional foram desenvolvidas a partir de scannings seriados em tempo real e de pesos vivos. Modelou-se a resposta à RAC para quatro níveis de ractopamina, 0, 5, 10, e 20 ppm para pesos vivos de 73 a 109 kg. Os valores previstos pressupõem que os níveis de aminoácidos da ração estão apropriados para a máxima RR.

O desempenho esperado para as marrãs que receberam os quatro níveis de RAC entre 73 e 109 kg é apresentado na Tabela 3. A ractopamina no nível de 10 ppm aumentou o ganho diário médio em 10% e o ganho de carne magra livre de gordura em 37% em ambos os ambientes. A ractopamina (10 ppm) reduziu a deposições diárias de gordura da carcaça em 31% no ambiente SEW e em 35% no ambiente de fluxo contínuo. As medições da carcaça esperadas são apresentadas na Tabela 4. As marrãs que receberam 10 ppm de RAC durante 28 dias alcançaram uma vantagem de 4,0 kg para a carne magra livre de gordura em comparação com os suínos que não receberam RAC. Os valores previstos são semelhantes aos resultados de pesquisas (Schinckel et al., 2001).

O desenvolvimento de um modelo de crescimento composicional diário em resposta à RAC permite a otimização das estratégias de gestão, de nutrição e de comercialização. O uso otimizado da RAC depende de vários fatores. O fator mais importante é o valor relativo da carne magra da carcaça em relação à gordura da carcaça. O nível e a duração otimizados do uso da RAC são substancialmente menores para a comercialização de peso vivo do que para os sistemas de comercialização com relações de 2:1 a 4:1 de teor de carne magra

**Tabela 3** — Desempenho predito para 4 níveis de Ractopamina em dois ambientes.

Nível de Ractopamina, ppm	Ganho médio diário (kg/dia)	Ganho magro sem gordura (kg/dia)	Ganho total gordura carcaça (kg/dia)	Deposição proteína (g/dia)	Razão proteína s/ gordura: músculo
SEW - Três sítios					
0	0,790	0,325	0,189	134,9	2,41
5	1,065	0,432	0,138	164,3	2,63
10	1,075	0,450	0,130	168,7	2,67
20	1,079	0,475	0,118	175,0	2,72
Fluxo contínuo - instalação antiga					
0	0,748	0,250	0,141	103,8	2,42
5	0,802	0,329	0,097	125,0	2,63
10	0,816	0,344	0,090	129,1	2,67
20	0,821	0,363	0,081	133,7	2,72

**Tabela 4** — Medidas preditas de carcaça de marrãs de 160 a 240 lb alimentadas com 4 níveis de Ractopamina em dois ambientes.

Nível de Ractopamina, ppm	Espessura de toucinho 10 <sup>a</sup> c.(cm)	Area de lombo (cm <sup>2</sup> )	% tecido magro sem gordura	Rendimento de carcaça
SEW - Três sítios				
0	1,96	39,35	50,20	75,00
5	1,73	43,48	52,93	76,02
10	1,68	44,06	53,33	76,25
20	1,63	44,84	53,90	76,46
Fluxo contínuo				
0	1,93	39,42	50,02	75,00
5	1,70	43,42	52,79	76,04
10	1,65	44,45	53,28	76,22
20	1,60	44,97	53,84	76,45

e teor de gordura (Kitts et al., 1991). Dado que a RAC aumenta basicamente a massa muscular e altera a distribuição dos músculos, a relação entre as medições e a composição da carcaça altera-se quando a RAC é administrada.

Equações de predição que utilizam a carcaça ou medições por sensor óptico predizem apenas 15-60% do aumento real de deposição de carne magra na carcaça gerada pela administração de RAC para os últimos 40 kg de ganho de peso vivo (Gu et al., 1992c). O valor absoluto do viés de predição (subestimação do teor de carne magra) para suínos que recebem RAC não é uma simples constante para qualquer equação de previsão específica, mas varia conforme o nível e a duração da administração de RAC e o nível dietético de lisina. É preciso entender que a maioria das equações de previsão subestima o real impacto da RAC sobre a massa de carne magra e o ganho de carne magra.

## 8 Requisitos em lisina para os suínos que recebem ractopamina

Foram previstas as exigências em lisina para marrãs criadas em dois ambientes: (1) instalações modernas com bom manejo sanitário com desmame precoce segregado (SEW), e (2) uma instalação mais antiga, de fluxo contínuo (CF) (Kendall et al., 2000). Modelou-se a RR para um nível de 10 ppm de RAC para peso vivo de 82 a 109 kg (Tabela 5).

O teor de lisina previsto foi semelhante para as marrãs em ambos os ambientes. A exigência de mais lisina diária para as marrãs SEW foi parcialmente compensada pelo maior consumo de ração, de maneira que as marrãs do SEW e do CF tinham exigências de lisina semelhantes (Tabela 5). A exigência predita de lisina para os suínos que receberam 10 ppm de RAC aumenta rapidamente na primeira semana da administração da RAC, e a seguir cai. É necessário o fornecimento gradual para poder suprir corretamente as exigências em lisina. Sendo suprida a exigência média em lisina, os suínos não alcançaram o máximo desempenho durante a primeira semana da administração de RAC, que é o período do pico do potencial da RR. De outra forma, haverá um excesso de fornecimento de lisina durante as semanas quatro e cinco, isto é, o período de uma RR menor.

**Tabela 5** — Predição das exigências semanais de lisina para três níveis de Ractopamina (ppm) em dois ambientes

Nível de Ractopamina	Fluxo contínuo					SEW Alta Saúde				
	0 ppm	5 ppm	% aumento	10.0 ppm	% aumento	0 ppm	5 ppm	% aumento	10.0 ppm	% aumento
Semana 1	0,72	0,97	34,6	1,02	41,9	0,76	1,02	35,1	1,08	42,4
2	0,67	0,90	33,2	0,94	40,2	0,71	0,95	33,4	1,00	40,4
3	0,63	0,83	30,6	0,87	37,1	0,67	0,87	29,7	0,91	36,0
4	0,60	0,76	27,2	0,79	33,0	0,63	0,77	24,7	0,82	30,7
5	0,56	0,69	23,5	0,72	28,6					



## 9 Efeitos da ractopamina sobre a qualidade da carne suína

Testes de pesquisas recentes e passadas indicam que a RAC não exerce nenhum impacto significativo sobre a qualidade da carne suína, inclusive a cor, o marmoreio, a firmeza e os valores de cor de Hunter (Crome et al., 1996; Stites et al., 1994; Uttero et al., 1993; Herr et al., 2000). Uma pesquisa recente indica também que a RAC não tem nenhum impacto significativo sobre a perda de água, sobre a perda de água do lombo, ou sobre a perda de água no cozimento de lombo fatiado. A maioria dos testes não revelou nenhum impacto significativo sobre o 24h pH. Painelistas sensoriais não conseguiram detectar nenhuma diferença em maciez ou suculência em amostras de lombo fresco cozido de suínos tratados com RAC (Stites et al., 1994). Alguns testes de pesquisas têm achado pequenos aumentos na resistência ao corte de Warner-Bratzler (Aalhus et al., 1990; Uttaro et al., 1993). Outros pesquisadores relataram não haver nenhuma diferença consistente tanto na resistência ao corte como na maciez sensorial para amostras de pernil e lombo de suínos-controle e suínos tratados com RAC (McKieth et al., 1988; Jeremiah et al., 1994a e 1994b; Stites et al., 1994). A resistência ao corte levemente maior encontrada nos suínos tratados com ractopamina pode se devida a um maior diâmetro da fibra muscular.

## 10 Conclusão

A ractopamina é um aditivo alimentar recentemente aprovado que aumenta a taxa de ganho de carne magra da carcaça. O uso otimizado da RAC, inclusive em termos de nível e duração de seu uso, é basicamente determinado em função do valor relativo de carne magra em relação ao teor de gordura da carcaça. As equações de predição subestimam o aumento de carne magra gerado pela RAC. A incorporação da resposta à RAC nos modelos de crescimento dos suínos permitirá avaliar o uso otimizado da RAC, os níveis de lisina na dieta, e as estratégias de comercialização. Programas graduais, em que o nível de RAC na dieta é periodicamente aumentado, juntamente com mais pesquisas e refinamento, fazer com que o uso de RAC seja mais econômico.

## Referências Bibliográficas

- AALHUS, J. L., JONES, S. D. M., SCHAEFER, A. L., TONG, A. K. W., ROBERTSON, W. M., MERRILL, J. K., and MURRAY, A. C. 1990. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 70:943-952.
- BARK, L. J., STAHLY, T. S., CROMWELL, G. L., and MIYAT, J. 1992. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. *J. Anim. Sci.* 70:3391-3400.
- CROME, P., McKEITH, F. K., CARR, T. R., JONES, D. J., MOWREY, D. H., and CANNON, J. E. 1996. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition and cutting yields of pigs slaughtered at 107 kg and 125 kg. *J. Anim. Sci.* 74:709-716.

- DUNSHEA, F. R., KING, R. H., CAMPBELL, R. G., SAINZ, R. D., and KIM, Y. S. 1993. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. *J. Anim. Sci.* 71:2919-2930.
- ELANCO. 1999. *Paylean® Swine Nutrition Guide for Industry Professionals*. Elanco Animal Health. Indianapolis, IN.
- FRANK, J. W., RICHERT, B. T., SCHINCKEL, A. P., BELSTRA, B. A., ELLIS, M., and GRANT, A. L. 1997. Effects of environment, genotype, sex, and antibiotic treatment on pig growth, carcass characteristics, and pork quality. *Purdue 1997 Swine Day Report*. p. 13-22.
- GU, Y., SCHINCKEL, A. P., FORREST, J. C., KUEI, C. H., and WATKINS, L. E. 1991a. Effects of ractopamine, genotype and growth phase on finishing performance and carcass value in swine. I. Growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.* 69:2685-2693.
- GU, Y., SCHINCKEL, A. P., FORREST, J. C., KUEI, C. H., and WATKINS, L. E. 1991b. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: II. Estimation of lean growth rate and lean feed efficiency. *J. Anim. Sci.* 69:2694-2702.
- GU, Y., SCHINCKEL, A. P., MARTIN, T. G., FORREST, J. C., KUEI, C. H., and WATKINS, L. E. 1992. Genotype and treatment biases in lean estimation of swine carcass composition. *J. Anim. Sci.* 70:1719-1729.
- HERR, C. T., HANKINS, S. L., SCHINCKEL, A. P., and RICHERT, B. T. 2001a. Evaluation of three genetic populations of pigs for response to increasing levels of ractopamine. *J. Anim. Sci.* (in press.)
- HERR, C. T., KENDALL, D. C., SCHINCKEL, A. P., and RICHERT, B. T. 2001b. Effect of nutritional level while feeding ractopamine to late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* (in press.)
- HERR, C. T., KENDALL, D. C., BOWERS, K. A., HANKINS, S. L., WEBER, T. E., SCHINCKEL, A. P., and RICHERT, B. T. 2001c. Effect of a step-up or step-down ractopamine sequence for late-finishing pigs. *J. Anim. Sci. Suppl 1.* (in press.)
- HERR, C. T., YAKE, W., ROBSON, C., KENDALL, D. C., SCHINCKEL, A. P., and RICHERT, B. T. 2000. Effect of nutritional level while feeding Paylean® to late-finishing swine. *Purdue University Swine Day Report*. pp 89-95.
- HOLCK, J. T., SCHINCKEL, A. P., COLEMENA, J. L., WILT, V. M., CHRISTENSON, G., THACKER, E. L., SPURLOCK, M., GRANT, A. L., SENN, M. K., and THACKER, B. J. 1998. The influence of environment on the growth of commercial finisher pigs. *Swine Health and Prod.* 6(4):141-149.
- JEREMIAH, L. E., BALL, R. O., MERRILL, J. K., DICK, P., STOBBS, L., GIBSON, L. L., and UTTARO, B. 1994a. Effects of feed treatment and gender on the flavour and texture profiles of cured and uncured pork cuts. I. Ractopamine treatment and dietary protein level. *Meat Science.* 37:1.
- JEREMIAH, L. E., BALL, R. O., MERRILL, J. K., DICK, P., STOBBS, L., GIBSON, L. L., and UTTARO, B. 1994b. Effects of feed treatment and gender on the flavour and texture profiles of cured and uncured pork cuts. II. Ractopamine treatment and dietary protein source. *Meat Science.* 37:21.
- KENDALL, D. C., RICHERT, B. T., FRANK, J. W., BELSTRA, B. A., DeCAMP, S. A., and SCHINCKEL, A. P. 1999. Evaluation of genotype, therapeutic antibiotic and health management effects on swine lean growth rate. *J. Anim. Sci.* 77 (suppl. 1):37.

- KENDALL, D. C., RICHERT, B. T., WEBER, T. E., BOWERS, K. A., DeCAMP, S. A., SCHINCKEL, A. P., and MATZAT, P. 2000. Evaluation of pig genotype, strategic use of antibiotics and grow-finish management effects on lean growth rate and carcass characteristics. *Purdue University Swine Day Report*. p. 60-74.
- KITTS, K., MARTIN, M. A., PRECKEL, P. V., and SCHINCKEL, A. P. 1991. Economic implications of alternative ractopamine dosages on hogs. *Purdue Agricultural Economics Report*. Winter/Spring. 8-10.
- McKEITH, F. K., STITES, C. R., SINGH, S. D., BECHTEL, P. J., and JONES, D. J. 1988. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine fed ractopamine hydrochloride. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 1):306 (Abstract 212).
- MILLS, S. E., LIU, C. Y., GU, Y., and SCHINCKEL, A. P. 1990. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. *Dom. Anim. Endo.* Vol 7(2):251-264.
- SCHINCKEL, A. P. 1999. *Describing the Pig. A quantitative biology of the pig.* CAB International. pp 9-38.
- SCHINCKEL, A. P., EINSTEIN, M. E., HERR, C. T., WANG, Y., BOWERS, K. A., HANKINS, S. L., WEBER, T. E., and Richert, B. T. 2001. Development of models to describe the weekly response of ractopamine. *J. Anim. Sci. Suppl.* 1 (in press.)
- SCHINCKEL, A. P. and De LANGE, C. F. M. 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.* 74:2021-2036.
- STITES, C. R., McKEITH, F. K., SINGH, S. D., BECHTEL, P. J., JONES, D. J., and MOWREY, D. H. 1994. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. *J. Muscle Foods* 5:367-376.
- UTTARO, B. E., BALL, R. O., DICK, P., RAE, W., VESSIE, G., and JEREMIAH, L. E. 1993. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield and meat quality characteristics of crossbred swine. *J. Anim. Sci.* 71:2439-2449.
- WATKINS, L. E., D. J. JONES, D. H. MOWREY, D. B. ANDERSON, and E. L. VEENHUIZEN. 1990. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 68:3588-3595.
- WILLIAMS, N. H., T. R. CLINE, A. P. SCHINCKEL, and D. J. JONES. 1994. The impact of ractopamine, energy intake and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.* 72:3152-3162.

# POSSÍVEIS EFEITOS DA ALIMENTAÇÃO ÚMIDA COMPUTADORIZADA (AUC) NA QUALIDADE DA CARÇA DE SUÍNOS, E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

John Gadd

Big Dutchman

## 1 Introdução

Em nações desenvolvidas, a qualidade da carne e da palatabilidade HAVE TOGETHER OVERHAULED PRICE IN CONSUMER BUYING MOTIVES. \* (Figura 1).

Em muitos países ao redor do mundo a alimentação de suínos com uma mistura líquida bombeada através de um circuito de tubulações em anel está tendo a sua popularidade aumentada dentro da suinocultura (Figura 2).

Este artigo investiga o que é do conhecimento do autor sobre o efeito da Alimentação Úmida Computadorizada (AUC - em que um computador ou microprocessador é utilizado para controlar a mistura e distribuição da alimentação úmida) na qualidade da carcaça de suínos.

Onze áreas possíveis para pesquisas futuras são sugeridas.

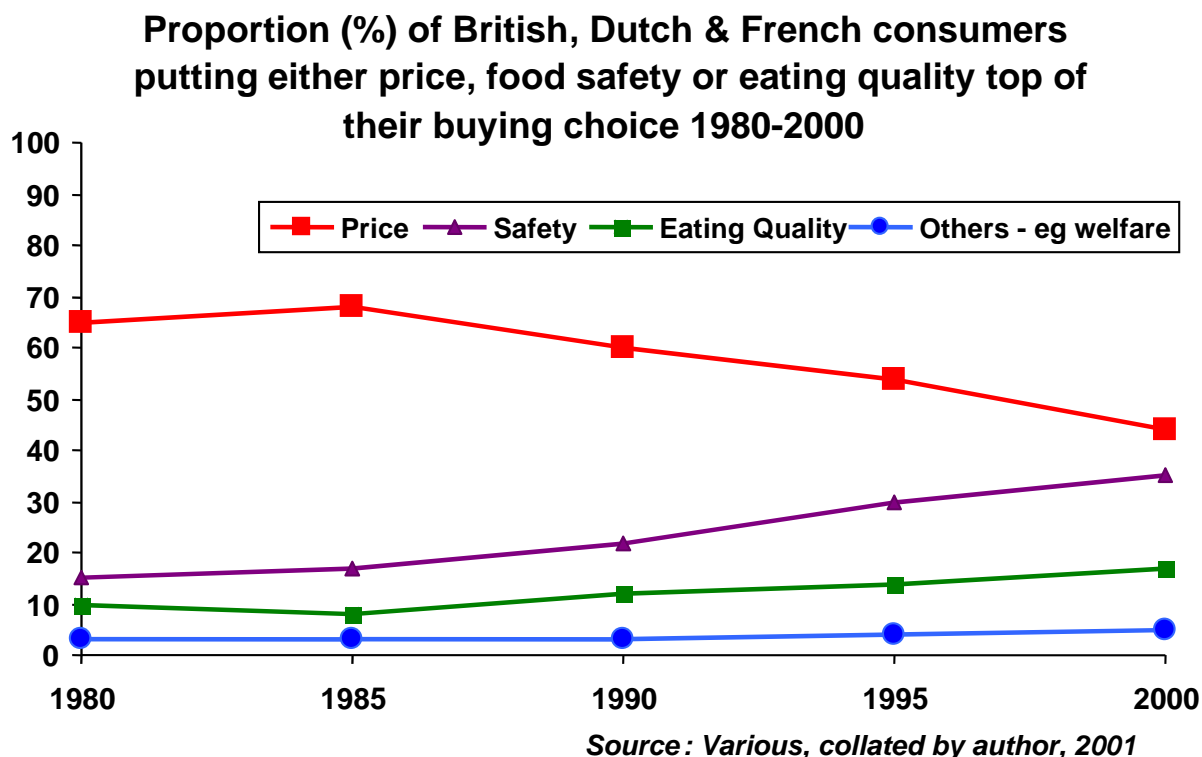


Figura 1 —

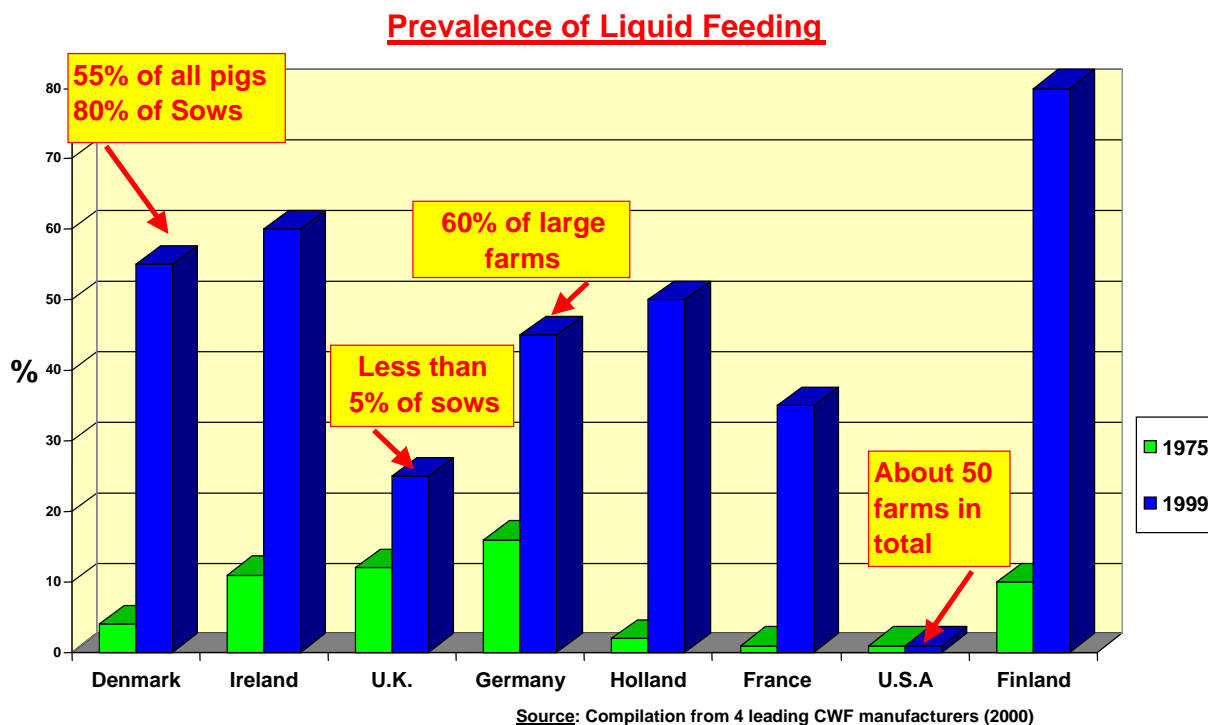


Figura 2 —

## 2 Definição de Qualidade de Carcaça

A qualidade da carcaça de carne de suínos pode ser dividida em cinco áreas principais (Tabela 1).

## 3 Discussão

Houve pouca avaliação científica sobre o efeito da AUC especificamente na qualidade da carcaça, em comparação ao efeito da AUC na performance. Um resumo da literatura disponível do autor sobre performance de suínos está delineada na Tabela 2.

## 4 Outras Vantagens

Outras vantagens da AUC em relação aos métodos existentes de refeição seca (EUA), peletizada (Europa) e líquida-seca (Europa) são registradas como segue.

- **Economia de trabalho;** menor custo de trabalho/suínos abatidos, menos horas de trabalho perdidas por adoecimentos, menor rotação da equipe de trabalho, maior facilidade de recrutamento de pessoal jovem/estoquistas com experiência.
- **Redução do volume de dejetos líquidos;** entre 20 e 31%.

**Tabela 1** — Definição de Qualidade de Carcaça

(a)	Palatabilidade	- PSE & DFD - Odor de Cachaço (e Sabor) - Maciez - Suculência
(b)	Aparência Visual	- Gordura Subcutânea - Gordura Inter e Intramuscular - Coloração da Gordura
(c)	Armazenamento e Congelamento	- Dessecação
(d)	Processamento e Cozimento	- Perda de Água - Separação de Gordura e Firmeza - Respingos Durante o Aquecimento - O Efeito do Estresse
(e)	Segurança	- Salmonela, Campylobacter, E-coli 0157

**Tabela 2** — Comparação de suínos com alimentação úmida e seca. Uma revisão de 58 experiências conduzidas entre 1957 e 2000.

Efeitos da Alimentação Úmida	Taxa de Crescimento	CA	Qualidade da Carcaça*
Melhoras	42	37	8
Deterioração	4	5	2
Sem Diferença Significativa	12	16	16
Sem Informação	-	-	32

\* A qualidade da carcaça na maioria das experiências com suínos em crescimento tão somente comparou-se nos níveis de gordura na carcaça, normalmente no ponto P2.

Fonte: pesquisas variadas (Braude et al, por exemplo) mais experiências individuais recentes.

- **Redução da alimentação manuseada anualmente;** para 100 fêmeas e crias para abate, até 10%.
- **Menor concentração de poeira;** 10 a 30 vezes menos.
- **Redução do desperdício de alimentação por entorno/derramamento;** -5%.
- **Maior ingesta de substância seca;** +5% em suínos em fase de terminação.
- **Maior ingesta de alimento em fêmeas lactantes;** (+20%). Em razão disso, melhor performance das fêmeas, especialmente em climas quentes e úmidos. (mais 0,6 a 2,0 de suínos desmamados por ano).
- **Menos doenças, especialmente respiratórias;** até 50% menos.
- **Possibilidade de alimentos mais baratos;** baixo custo de sub-produtos, por exemplo, a uma média equivalente à compra de todos os cereais por valor 35% menor.
- **Maior facilidade, rapidez e baixo custo na medicação pela alimentação;** devido à fração líquida, que facilita a mistura.
- **Tanto as fêmeas quanto os suínos em crescimento descansam mais;** apresentam-se mais satisfeitos/menos estressados.
- **Estoquistas mais saudáveis;** principalmente devido a menor quantidade de poeira.
- **Melhor proposta de negócio;** com os preços europeus correntes, o retorno parece estar por volta dos 2,5 anos, com um retorno dos gastos e investimentos extras (*REO - return on extra outlay/investment*) girando a uma média de 4:1.
- **Comentário.** Em vista da quantidade considerável de evidências agora disponíveis em todas essas áreas benéficas, devemos promover com urgência uma atenção aos efeitos da AUC na qualidade da carcaça.

## 5 AUC e Qualidade da Carcaça

Então quais são as evidências que existem? Considerando-se as várias áreas listadas na Tabela 1, os seguintes comentários podem ser feitos.

### 5.1 Palatabilidade

1. Não sei de qualquer evidência de um efeito comprovado da AUC em DFD (*dark, firm and dry* - escura, firme e seca), mas houve um desenvolvimento interessante em PSE (*pale, soft, exsudate* - pálida, mole e exsudativa).

### 5.1.1 Magnésio

A apresentação visual de carnes e produtos da carne, sua validade, experiências de palatabilidade e a percepção dos consumidores com relação à qualidade da carne estão -se tornando crescentemente importante, mesmo em países menos desenvolvidos. PSE é um problema reconhecido associado com animais de alto rendimento de carne, e é influenciado pelas técnicas de abate e processamento, armazenamento e empacotamento. O magnésio tem um efeito relaxante na musculatura esquelética por antagonizar cálcio e reduzir a secreção de neurotransmissores por impulsos nervosos-motores, o que acaba reduzindo a estimulação neuromuscular. Uma pesquisa recente na Austrália (D'Souza et al, 2000) estudou a influência de suplemento alimentar de magnésio na redução dos efeitos do estresse e na melhoria da qualidade da carne. A qualidade da carne de suínos foi aumentada adicionando-se Magnésio Bioplex (um quelado do Mg) à dieta alimentar. Como resultado, teve-se a redução dos efeitos do estresse resultante de manejo e transporte negativos (Tabela 3). Isto poderia ter particular importância em países e que hajam distâncias significativas a serem percorridas antes do abate.

**Tabela 3** — O efeito do suplemento alimentar de Magnésio Bioplex\* nos indicadores de qualidade de carne no músculo *Longissimus thoracis* 24 após o abate.

Alimentação	Controle	Magnésio Bioplex	Significância
Último pH	5,39	5,40	NS
Brilho da Superfície L*	54,10	52,30	NS
Perda de Líquido, em %	6,50	3,60	***
PSE, em %	50,00	15,00	*

NS= não significante; \*P<0,05; \*\*P<0,01 \*\*\*P<0,001.

\* 1,6g Mg elementar por 2 dias antes do abate

Fonte: D'Souza e Mullan, 1999.

Um sistema de AUC pode administrar com facilidade quantidades muito pequenas de magnésio necessárias por apenas durante 2 dias antes do abate, coisa que um sistema de alimentação seca ou peletizada nunca poderia fazer convenientemente.

### 5.1.2 Sub-Produtos do Leite

Existe evidência ampla e circunstancial de criadores de que a AUC permite amplo uso de sub-produtos do leite (primordialmente leite desnatado líquido e soro de leite). A carne de suínos abatidos que foram alimentados com tais produtos parece apresentar melhor palatabilidade, particularmente nas áreas de maciez e sabor. Na verdade, tais carnes foram por muito tempo identificadas como *milk-fed* (alimentadas a leite), recebendo freqüentemente um acréscimo de 5 a 15% no seu preço, o que era obtido. Esta área justificaria investigações científicas.



### 5.1.3 Odor do Cachaço

Novamente houve comentários de que certos odores de cachaço, como o gosto amargo de nitrofuranos, são aumentados quando a medicação é misturada úmida, especialmente se estiver presente soro de leite. Iodo em suplemente mineral também foi aumentado a um nível que pode causar relutância a comer alimento suficiente - se não total recusa por um período. Na experiência do autor, isto se deve mais ao odor, o qual é perceptível. Apesar disso, níveis de iodo em suplementos mineral/vitamínicos são hoje em dia mais baixos do que eram 15 anos atrás, quando isto então era um problema.

### 5.1.4 Odor

Por muito tempo suspeitou-se de que a prática de manter-se o alimento umedecido durante a noite aumentaria o apetite e provavelmente causaria um período de fermentação mais longo - de digestão, para se específico, conhecida por Alimentação com Líquido Fermentado (FLF - Fermented Liquid Feeding). Este desenvolvimento vem sendo ativamente investigado na Europa utilizando-se ácido láctico e enzimas e culturas probióticas bacterianas adicionadas, mas não existe qualquer registro de seus efeitos na qualidade da carcaça. O odor, e possivelmente o sabor de tais umedecimentos parece ser atrativo para suínos (veja a seguir).

Pesquisas adicionais nessa área seriam bem-vindas, especialmente no caso de suínos FLF desmamados.

## 5.2 Aparência Visual - Carcaças Muito Gordas

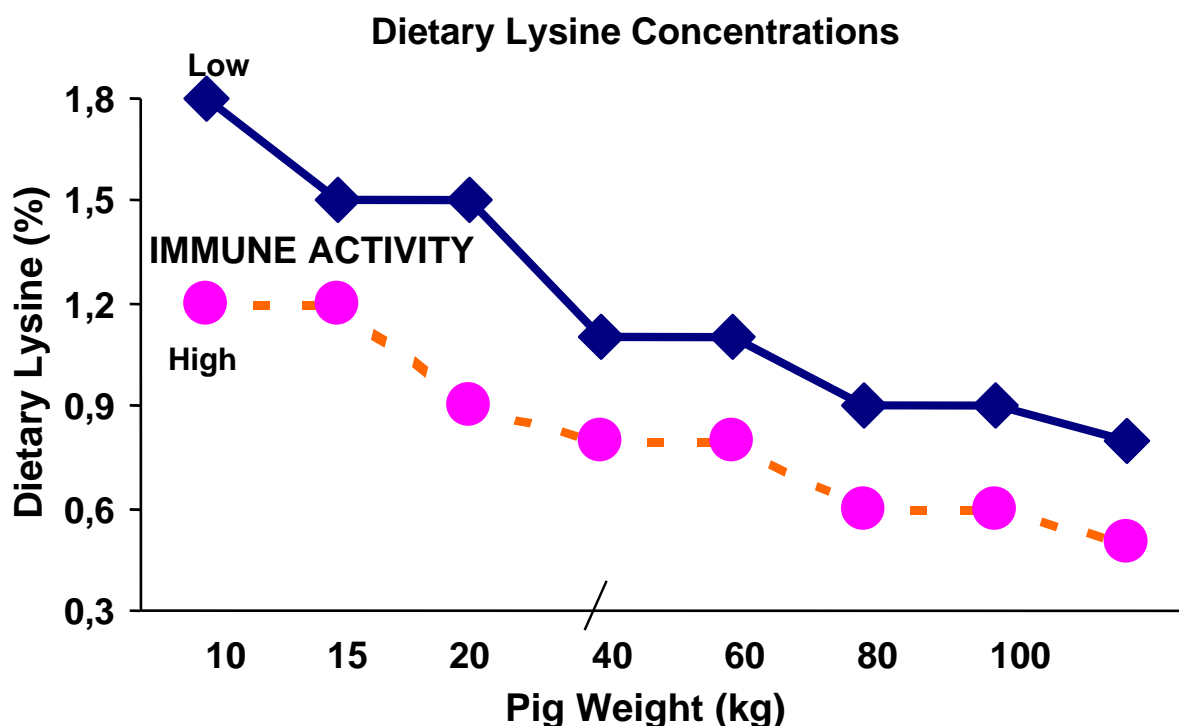
Existem registros do aumento da palatabilidade de alimentações AUC, tanto pré-umedecidas quanto fornecidas frescas após poucos minutos de mistura. Apesar disso, a menos que a mudança da alimentação seca peletizada ou líquida-seca para um sistema completamente AUC seja controlada com muito cuidado, o excesso de ingesta de alimentos é pronunciadamente possível em suínos com mais de 25 kg. Isto é especialmente verdade se a alimentação ad-libitum for praticada. **Uma das reclamações mais comuns de novos adeptos ao sistema é a de que suínos em fase de crescimento ou de terminação alimentados com dieta úmida estão acima do peso.** A variação do excesso de gordura subcutânea P2 pode subir para 14-18 mm P2 em lugar de 10-12mm P2 na dieta seca, o que causa uma perda de valor que pode reduzir a renda por carcaça em até 15%, e a margem bruta para algo em torno de US\$40.

**Solução:** atenção cuidadosa à ingesta alimentar diária - preferencialmente na forma de ajustamento da ração à energia, mais do que através de restrições alimentares (mesmo que a restrição seja apenas temporária), planejado por um nutricionista é geralmente necessário quando o produtor está alimentando suínos em fase de crescimento com AUC pela primeira vez. E mesmo assim um período de tentativa-e-erro pode ser necessário, e uma das maiores vantagens é a de que isto é mais facilmente explorado por um equipamento moderno de AUC. Uma dieta alimentar na forma de ingesta de proteína: energia, por exemplo, pode ser fornecida para uma

amostra representativa de suínos (geralmente 50) e sua curva de crescimento de ganho de carne magra pode ser estabelecida. Esta alimentação pode ser então modificada para se adaptar a curva de crescimento de ganho de carne magra geneticamente determinada à estabelecida, para todo o rebanho em crescimento ou em fase de terminação. Este "teste alimentar" é geralmente feito duas vezes por ano - na metade do verão e na metade do inverno.

Entretanto, existe pouca evidência do efeito deste processo na qualidade da carcaça, mas o autor detectou diferenças de marmoreio (gordura intermuscular), especialmente quando o produtor possui genes de alto ganho de carne magra com musculatura densa mas generosa. O ajustamento da dieta alimentar à curva de crescimento de ganho de carne magra pode reduzir o marmoreio, o que significa promover a deposição de gordura intermuscular a um grau suficiente para afetar adversamente a suculência e a maciez. . Isto parece ser uma área para pesquisas.

Toda esta área relacionada ao ajuste da ingesta alimentar às condições genéticas e imunológicas dos suínos criados (qualquer seja a genética) também justifica maiores pesquisas por si própria. Como exemplo temos que a necessidade de lisina pode variar em 2g/dia entre suínos com demanda imune alta e baixa (Figura 3).



Dietary lysine concentrations to optimise efficiency of feed utilisation in pigs with a low or high level immune system activation. Data derived from castrates with a moderate genetic capacity.

*(Adapted from Williams et al, 1997)*

**Figura 3 —**

Isto também tem efeito na performance (Tabela 4).

Mas a carcaça também terá qualidade de mercado mais baixa se houver mais toucinho e menos carne magra (Tabela 5).

**Tabela 4** — Tendo que lidar com desafios maiores relacionados a doenças, suínos de 6,3-27,2kg melhorados geneticamente comem menos, crescem mais devagar e possuem menor qualidade de carcaça.

	Estímulos Imunes Necessários		
	Baixo	Alto	Diferenciado*
VFI *? (kg)/dia	0,97	0,86	12,8% a mais
GMD (g)	677	477	42% a mais
CA	1,44	1m,81	25% melhor
Ganho de proteína/dia	105	65**	62%
Ganho de gordura/dia	68	63	8% a mais

\* Em favor de necessidades imunológicas baixas

\*\* Quanto mais de carne magra for o genótipo, mais o ganho protéico será prejudicado.

**Nota:** os dois tipos de suínos poderiam ser considerados "saúdáveis". Um alto desafio de doença é tipicamente descrito como quarentena, e um ambiente com baixo desafio de doença como um cenário tudo-dentro/tudo-fora/sítios-múltiplos, desinfetado apropriadamente.

Fonte: Stahly et al (1995)

**Tabela 5** — Crescimento e características da carcaça de suínos (5,5-113 kg) com baixo e alto nível de atividade do sistema imune

	Atividade do Sistema Imune	
	Baixa	Alta
PERFORMANCE		
Alimento (kg/dia)	2,29	2,07
Dias	129,5	149,5
Ganho (kg/dia)	0,85	0,59
CA	2,70	3,05
Alimentação Utilizada (kg)	272	314
CARACTERÍSTICAS CA CARCAÇA		
Rendimento da Carcaça (%)	72,4	72,3
Toucinho (mm)	27,6	31,4
Área de Olho de Lombo (cm <sup>2</sup> )	37,4	32,6
Músculo Estriado (%)	55,8	52,5

Fonte: Williams et al, Iowa State University, 1994.

Apesar disso, note que estes resultados são de suínos americanos com percentagens de carne magra bem razoáveis, senão muito altas, mas para os padrões do mercado europeu elas estavam brutalmente acima do que se espera de gordura no local de mensuração P<sub>2</sub>, e em razão disso os suínos tendiam a apresentar bom marmoreio e suculência. Faz-se necessário mais pesquisas sobre o quanto essas diferenças significativas se alterariam quando o mesmo tratamento fosse aplicado a genótipos inferiores.

Se o Brasil deseja exportar para mercados do tipo americano no futuro, mais do que para o Japão ou Europa, então qualquer redução na distribuição da gordura através/entre a musculatura é muito menos importante do que para mercados em que a demanda por suínos com carne magra é alta.

Ainda não são conhecidos no mercado (sofisticado) atual os efeitos que a alimentação para o ajuste às demandas imunológicas terão no sabor, marmoreio, suculência e maciez nos padrões genéticos de alto crescimento de carne magra. Esta poderia ser uma área frutífera para pesquisas.

### 5.3 O Efeito do Estresse

Diferentes tipos de agentes estressores causam a produção de hormônios, tal como a adrenalina pela supra-renal, através da ativação do SNA. O efeito é o aumento da energia disponível para o aumento das frequências cardíaca e respiratória e diminuição da digestão. Desse modo, o animal está preparado para realizar ações rápidas e positivas de modo que ele possa combater ou fugir do estressor. Isto é chamado Estresse Agudo.

Se o cérebro acredita que não pode responder positivamente à situação, ele ativa o NES\*. Isto afeta a liberação de corticosteróide, tal como o cortisol do córtex adrenal. Estes hormônios são envolvidos com resistências de longo prazo (crônicas) ao estresse. Isto é geralmente chamado de Estresse de Baixo Nível. Outras respostas da NES\* a estresse crônico moderam os efeitos de outros órgãos endócrinos, tais como a glândula pituitária, a tireóide, o pâncreas e as gônadas. Estresse de baixo nível e de longa duração pode portanto afetar o crescimento, a reprodução e o sistema imune que lida com doença (Tabela 6).

### 5.4 AUC e Estresse

Existem evidências de que AUC reduz o estresse.

A Tabela 7 e a Figura 4 fornecem dois exemplos. A Tabela 7 sugere que suínos em fase de crescimento alimentados com dieta úmida descansam mais, são menos agressivos e consomem seu alimento com menor distratibilidade. A Figura 4 mostra como as fêmeas alojadas em grupo e alimentadas com dieta úmida se acomodam juntas pacificamente de forma significativamente mais rápida do que em 4 outros sistemas de alimentação seca/peletizada.

Mas será que a qualidade da carcaça é favoravelmente influenciada pela AUC devido à redução dos níveis de estresse? Sabemos que a qualidade da carne sofre os efeitos do estresse pré-abate, que acarreta a estimulação da produção de adrenalina, o que causa a contração dos vasos sanguíneos, restringindo assim o fluxo de sangue para os músculos. Isto resulta em uma palidez da musculatura e um

**Tabela 6** — Um resumo esquemático simplificado de algumas das respostas sistêmicas ao estresse (as setas indicam crescimento, decréscimo ou variado).

<b>ESTRESSE AGUDO (FUGA-ESQUIVA)</b>	<b>ESTRESSE CRÔNICO (DEPRESSÃO)</b>
<b>Resposta Hormonal</b>	<b>Resposta Hormonal</b>
Catecolaminas ↑↑	Catecolaminas ⇔
Corticosteróides ⇔	Corticosteróides ↑↑
Testosterona ↑↑	Testosterona ↓↓
Aldosterona/ADH ↑↑	B-Endorfina ↑↑
<b>EFEITOS</b>	<b>EFEITOS</b>
Resposta Ativa ↑↑	Resposta Ativa ↓↓
Agressão ↑↑	Impulsos Sexuais ↓↓
Digestão ↓↓	Imunidade ↓↓
Perda de Minerais e Água ↓↓	Apetite ↓↓
	Síntese de Proteínas ↓↓

Fonte: From Arey (1991)

**Tabela 7** — Proporção de tempo que suínos gastam em atividades variadas durante alimentação úmida e seca

	<b>Alimentação Úmida (%)</b>	<b>Alimentação Peletizada Seca (%)</b>
Dormir/Cochilar	53	45
Comer/Beber	7	12
Atividades Sociais	35	32
Brigas/Brincadeiras	5	11

Fonte: Bishop Burton College (1988).

### The effect of differing sow feeding systems on post-feeding behavior

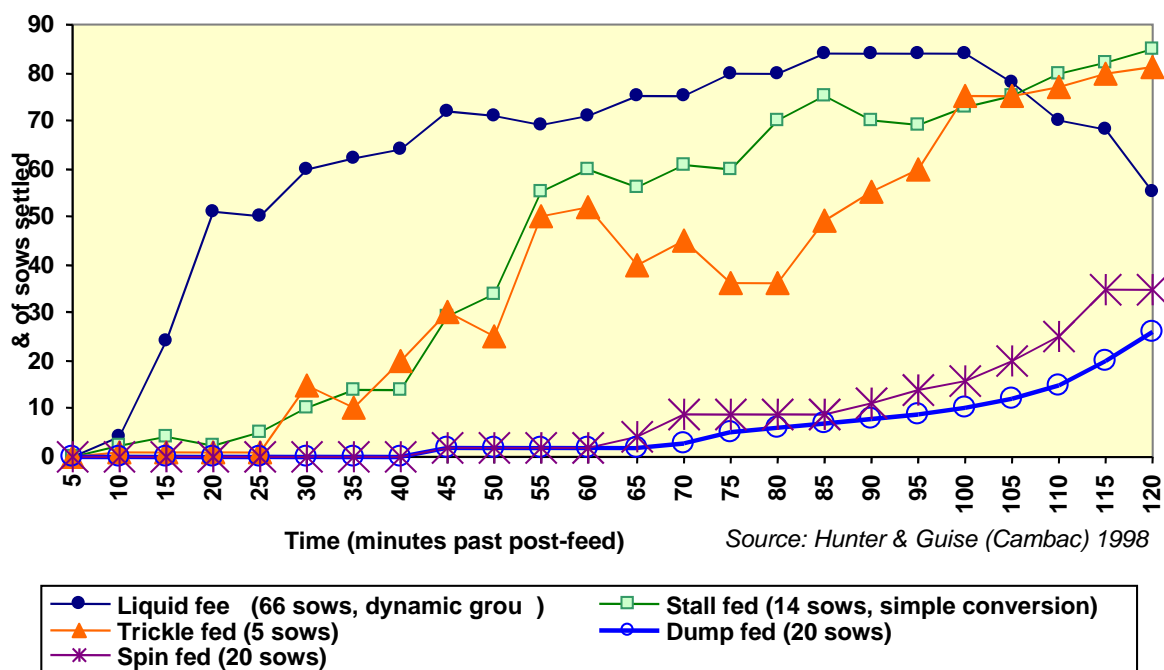


Figura 4 —

crescimento gradual da quantidade de ácido láctico na musculatura ocasionado pela oxigenação incompleta do glicogênio muscular, devido a uma diminuição da chegada de oxigênio às células. Suínos sujeitos a exercício considerável antes do abate (luta, por exemplo) também podem acabar com problemas de qualidade na carne. Isto se deve ao fato de que eles terão utilizado muito de seu glicogênio muscular, de modo que, algumas horas após o abate, o pH dos músculos pode ainda estar a 6 ou acima disso, visto que existe pouco glicogênio sobrando nos músculos para a produção de ácido láctico. Este problema está associado com a incidência do que é denominado carne escura-firme-seca (DFD, *dark, firm, dry*), e pode também ter efeitos adversos na manutenção da qualidade da carne.

A DFD também pode resultar do desenvolvimento de estresse crônico de longa duração, distintamente dos efeitos repentinos e de curta duração decorrentes de estresse agudo de antes do abate, o que provoca PSE. Se for provado o efeito da longa duração, então a AUC poderia da assistência à redução da DFD.

O que nós também não sabemos é se suínos alimentados com dieta úmida, acostumados a uma atmosfera mais calma e a rotinas de comportamento menos agressivas/competitivas por longo período, como sugerido na Tabela 7, são menos suscetíveis a se estressarem antes do embarque para o transporte e apresentam menos problemas de PSE, DFD ou perda de líquido na carne uma vez abatidos. Novamente, trata-se de área para pesquisa.

## 5.5 Perda de Água

Uma queda repentina do pH dos músculos para 5,8 dentro de 45 após o abate reduz a capacidade da carne magra de reter água, o que resulta na perda de líquido. A influência do suplemento de selênio na redução da perda de água em suínos é um tanto menos clara se comparada à redução da perda de água observada em frango de corte. Estudos realizados por Muñoz e seus colegas (citados por Lyons, 1997) demonstraram que o suplemento alimentar de selênio orgânico (não selenita sódica), em conjunção com outros antioxidantes, tais como vitaminas E C, reduziu a perda de água do lombo de suínos comparados a suínos alimentados com dieta controlada (Tabela 8). Um estudo recente de Mahan et al (1999) demonstrou que o suplemento alimentar de selenita resultou em níveis mais altos de perda de água e carne mais pálida no lombo comparado a suínos alimentados com fontes controladas de selênio orgânico (levedura de selênio).

**Tabela 8** — Efeito do suplemento alimentar anti-oxidante\* na% de perda de água no músculo longissimus dorsi<sup>1</sup>

		Tempo Post-mortem (horas)			
	Grupo	24	48	72	120
Músculo	Controle	2,0	2,7	3,5	4,8
Inteiro	Tratamento	1,6	2,3	3,0	4,1
Bifes	Controle	4,7	6,7	8,8	10,7
	Tratamento	3,6	5,2	7,5	9,5

<sup>1</sup> Muñoz et al 1997

\* Sel-Plex\*\* 0,1 ppm, peso corporal 20-100kg; vitamina E 50 ppm, peso corporal 20-100 kg; vitamina C 670 ppm, peso corporal 80-100 kg.

\*\* Selplex (Alltech)

A AUC se sobressai aqui por se um método fácil, mais barato e mais preciso de adicionar quantidades muito pequenas de selênio (0,1 ppm) a uma mistura líquida, em comparação com os BULKED UP CARRIER/cochos abarrotados\* necessários para alimentos secos.

## 5.6 Avaliação da Aparência Visual - Coloração

Não há evidência que eu conheça de que a AUC possa afetar a cor da carne, a não ser pela menor incidência de PSE por possibilitar suínos mais calmos e menos estressados. Mais uma vez, o uso do selênio orgânico melhora a cor através da selenita sódica.

## 5.7 Maciez

Estudos europeus sobre consumo demonstram que até 17

A maciez é relacionada a enzimas musculares naturais que desagregam a estrutura muscular devido ao envelhecimento. A enzima responsável mais provável é

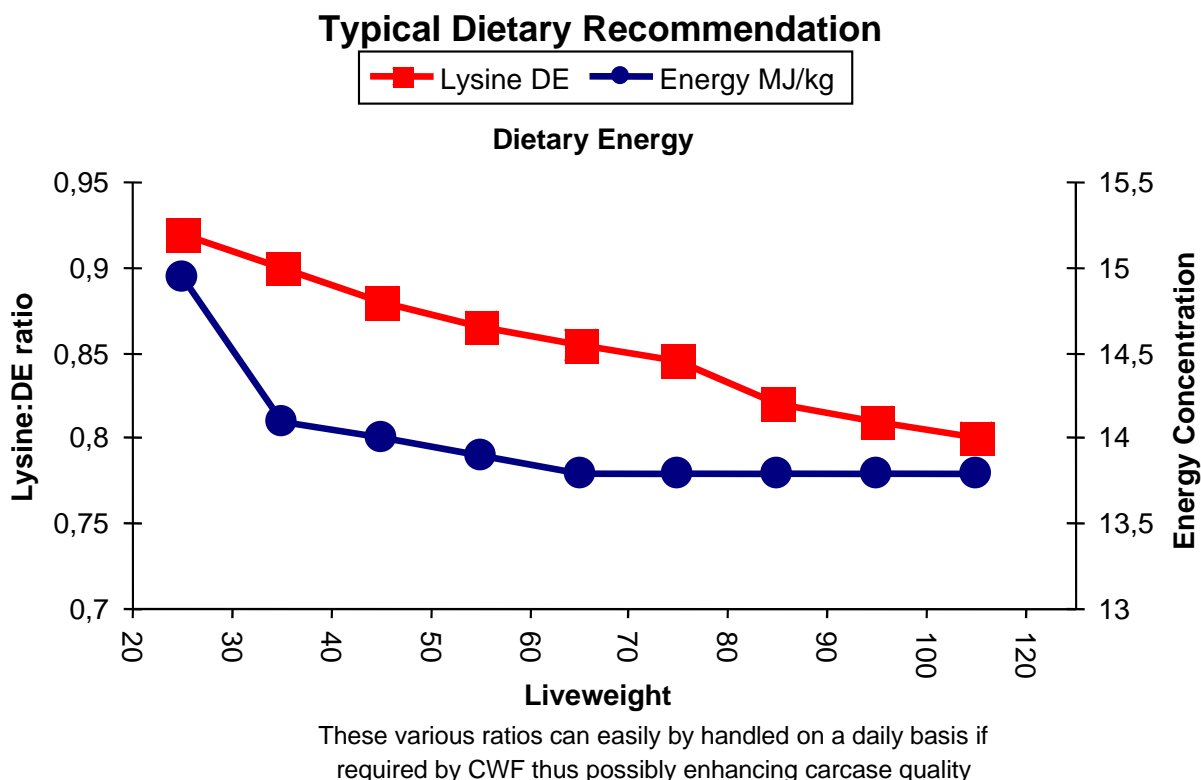
**Tabela 9** — Valores de Cor Hunter L para Se Orgânico e Inorgânico a níveis de inclusão variados (20-105 kg)

	Se Inorgânico				Se Orgânico			
Se mg/kg	0,05	0,1	0,2	0,3	0,05	0,1	0,2	0,3
Valor de Hunter L*	46,9	47,7	48,6	49,8	46,6	48,6	46,5	47,4

\* Quanto maior o valor, maior a palidez da carne.

a calpaína, que é contrabalançada pelo inibidor natural calpostatina. A calpostatina é aumentada em suínos com altos níveis de adrenalina (e também por fatores genéticos), de modo que os suínos submetidos a AUC, e por isso menos estressados, têm maior probabilidade de apresentar níveis mais baixos de calpostatina, dado que eles descansam mais. Mais uma vez, necessita-se de pesquisa na área no objetivo de quantificar tal ocorrência.

A maciez é maior na alimentação ad-libitum, mas o aspecto da precisão alimentar presente na AUC é de aplicação mais difícil no sistema ad-libitum. Mais pesquisas fazem-se necessárias sobre como alcançar uma ingesta diária precisa de nutrientes para todos os indivíduos em um grupo com AUC (Figura 5). Este conceito ideal deveria ser auxiliado pela sofisticação informática da AUC, possivelmente em parceria com métodos de etiquetamento eletrônico individuais.



**Figura 5** —

A maciez também é favorecida por uma alta razão de energia:proteína entre 5 e 3 semanas antes do abate (HELP diets = High Energy Low Protein/Alimentação HELP



= Alta Energia Baixa Proteína). A AUC tem boas condições para fornecer isto com a precisão necessária.

## 5.8 Qualidade da Gordura e Características dos Ácidos Graxos

Uma alimentação alta em ácidos graxos poli-insaturados é associada a baixa palatabilidade devido a gorduras moles e oleosas e separação de camadas de gordura, o que pode ocorrer na embalagem de varejo.

Os principais ingredientes da dieta alimentar que podem causar problemas são óleos de soja, de milho e outros óleos vegetais como o de girassol. Existe também um uso comum na Europa de Óleos Vegetais Reconstituídos (*Reconstituted Vegetable Oils* = RVOs), o que acabou gerando problemas recentes de qualidade com um produto contaminado na Bélgica e Holanda.

Como consequência do trabalho publicado por Wood, Wiseman e Cole, 1995, recomenda-se que a alimentação de terminação utilizada nas últimas seis a oito semanas do crescimento deveria conter menos de 1,6% de ácidos C18:2

Na prática isto é algo difícil, pois programas lineares mais baratos de formulação de pacotes fazem uso de gorduras vegetais baratas para atingir as altas exigências atuais de ED. Gorduras endurecidas tal como óleo de palma podem ser utilizadas, mas são muito caras.

Esta é realmente uma situação CATCH 22\*, com geneticistas sendo encorajados a desenvolver até mesmo (CONSIDEREI **EVER** COMO **EVEN**. ERRO DE DIGITAÇÃO?) suínos com mais carne magra, e nutricionistas sendo forçados a supervisionar dietas alimentares altamente especificadas.

Finalmente, entretanto, isto ainda pode não ser o que o consumidor realmente quer.

É importante entender as relações tempo/curso à medida que uma alimentação é modificada, e como a composição lipídica da carcaça modifica-se de acordo. Geralmente são reservadas cinco semanas para a melhoria das carcaças. Entretanto, evidências recentes da Nottingham University sugerem três semanas.

As características dos ácidos graxos serão alteradas após uma modificação da alimentação \*(AQUI CONSIDEREI **FOR** COMO **FROM**. PARECE ERRO DE DIGITAÇÃO) de uma dieta alimentar a base de sebo para uma à base de óleo de soja em torno de 21 dias, e como resultado temos que alimentações de terminação ou de retirada poderão ser designadas e utilizadas de acordo.

A AUC pode dar conta destas alterações alimentares facilmente - de forma diária, se necessário.

## 5.9 Saúde/Segurança do Alimento

Como pode ser visto na Figura 1, a segurança do alimento está se tornando um ponto de alta importância na venda em países desenvolvidos, e em três países europeus ela está até mesmo desafiando o preço como o motivo primário de compra. O envenenamento por Salmonela (após BSE/v. Síndrome Creutzfeld-Jakob) é o maior medo entre consumidores. Entretanto, as preocupações atuais com relação à salmonela estão em maioria direcionadas à carne de galinha, e não de porco.

Apesar disso, a infecção por salmonela (DT104 em particular) em carne de suínos está presente em uma alta e preocupante quantidade de países, e passos importantes estão sendo dados para que estes níveis sejam diminuídos. Com relação a outros organismos responsáveis por envenenamento, a campylobacter também vem merecendo atenção.

Os Danes demonstraram que havia menos risco de salmonela na alimentação úmida (Tabela 10), o que contradiz o fato de que alimentações úmidas procriam patógenos. É claro que **isto acontecerá** se as instalações (cochos e tanques) estiverem sujas, mas como o trabalho dinamarquês sugere, em boas condições o risco de salmonelose parece menor. Isto se trata de um achado interessante que revê a idéia de que com uma hora de umedecimento antes de o alimento ser fornecido a acidez seria elevada o suficiente para afetar a salmonela (e possivelmente outros patógenos, como campylobacter e yersinia, apesar de apenas a salmonela ter sido mensurada).

Deve ser tomado muito cuidado para excluir alguns aditivos antibióticos do material da AUC, caso contrário algumas bactérias benéficas poderão ser comprometidas. Sabemos que tetraciclina está envolvida, e a tiamulina um pouco também, mas mais investigação faz-se necessária.

Até o presente momento esta pesquisa mostra que o risco de se ter mais de 33% das amostras de carne como positivas para salmonella foi cinco vezes maior em unidades de alimentação para alimento seco do que em unidades para alimento úmido.

**Tabela 10** — Dimensão da presença de salmonela em rebanhos com alimentação úmida e seca

	<b>Alimentação Úmida</b>	<b>Alimentação Seca</b>
Acima de 33% positivo	4 (0,85%)	92 (4,2%)
Abaixo de 33% positivo	466	2189
Total	470	2281

Fonte: Steff-Houlberg (1998)

Surpreendentemente, alimentação seca peletizada, a temperaturas comerciais normais e decorrido o tempo utilizado em fábricas de ração, parece não reduzir a salmonellae na mesma medida que o trabalho acima reduziu.

# INTERAÇÕES AMBIENTE E NUTRIÇÃO - ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA AMBIENTES QUENTES E SEUS EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA DE SUÍNOS

Elias Tadeu Fialho<sup>1</sup>

Paulo Roberto Ost<sup>2</sup>

Vladimir de Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor Titular, PhD. DZO/UFLA  
(fialho@ufla.br)

<sup>2</sup>Zootec., M. Sc., Estudante de Doutorado DZO/UFLA  
(pauloost@ig.com.br)

<sup>3</sup>Zootec. M. Sc., Estudante de Doutorado DZO/UFLA  
(deoliveira@ufla.br)

## 1 Introdução

Os suínos são animais homeotérmicos e, portanto, mantêm uma temperatura corporal relativamente constante, ajustando o calor produzido no metabolismo com o calor ganho do ambiente. Quando são mantidos em ambiente cuja temperatura está dentro da zona de termoneutralidade a produção de calor é relativamente estável. Por outro lado, animais alojados em temperaturas críticas inferior ou superior necessitam gastar energia para aquecer ou resfriar o corpo, respectivamente.

Suínos em crescimento e terminação criados no Brasil estão mais sujeitos aos efeitos do estresse térmico devido as elevadas temperaturas que ocorrem na maioria das regiões do país durante os meses de verão.

Altas temperaturas são associadas com redução no desempenho devido a diminuição no consumo e ao custo energético associado a dissipação do calor. Suínos que apresentam altas taxas de deposição de carne magra são os mais prejudicados pelas altas temperaturas ambiente.

Dentre as recomendações práticas sugeridas aos nutricionistas para amenizar os efeitos de temperaturas elevadas estão: a redução do teor de proteína bruta, adição de aminoácidos sintéticos e formulação com base na proteína ideal; a inclusão de óleo e gorduras na ração e possivelmente, o fornecimento de rações líquidas ou úmidas.

## 2 Suínos e sua termorregulação

Por serem animais homeotérmicos, os suínos possuem uma faixa de temperatura ótima para sua sobrevivência, também chamada de zona de conforto térmico. Aos limites superior e inferior desta zona, dá-se o nome de temperatura crítica superior e temperatura crítica inferior. Pode-se definir a zona termoneutra como sendo a faixa de temperatura ambiente onde a taxa metabólica e, conseqüentemente, a produção de calor são mínimas. Nesta faixa, a homeotermia é mantida com pequeno gasto energético e a energia líquida de produção é máxima (Mount, 1974).

As perdas de calor para o ambiente obedecem as leis da física e podem ser classificadas como sensíveis e latentes (insensíveis). Os processos de perdas sensíveis envolvem trocas entre animal e o ambiente que o cerca. Tais perdas podem ser condução, convecção e/ou radiação e dependem do gradiente de temperatura. Já o calor latente, consiste na evaporação da água pela superfície da pele ou pelo trato respiratório e ocorre pela mudança de entalpia da água de evaporação sem que haja mudança em sua temperatura. De acordo com Ingram (1965), a perda pela superfície da pele é mínima, pois as glândulas sudoríparas dos suínos são praticamente afuncionais.

Até o limite crítico superior, o animal perde calor principalmente pelos processos sensíveis, condução, convecção e radiação. Acima desta temperatura haverá um aumento das perdas evaporativas para compensar a redução das perdas sensíveis de calor. No Brasil, em função das altas temperaturas que predominam em grande parte do ano, a perda por evaporação da água por meio do trato respiratório é a forma mais efetiva de perda de calor, uma vez que os suínos possuem poucas glândulas sudoríparas funcionais.

A termorregulação é fundamental para a manutenção da vida dos suínos, um fator que tem contribuído negativamente para esse processo é o melhoramento genético dos animais. Tem sido sugerido por diversos autores (BROWN-BRANDL et al., 1998, ASAE, 1999) que a produção total de calor (PTC) está associada com o aumento da deposição do tecido magro. Uma equação foi desenvolvida por Van Milgen et al. (1998) para produção de calor em jejum (PCJ) para diferentes genótipos de suínos, expresso como uma função de músculo, gordura e vísceras, mostrando que PCJ aumenta linearmente com a percentagem de músculo. O calor adicional produzido por suínos com alta deposição de tecido magro, em crescimento, aumenta a dificuldade para a manutenção da homeotermia em ambientes amenos ou quentes. De acordo com Brown-Brandl et al. (2001), essa dificuldade faz com que as novas linhagens de suínos sejam bem mais susceptíveis ao estresse calórico. Estes autores, utilizando suínos modernos (alta deposição de tecido magro) em crescimento, em temperaturas variando de 18 a 32°C, concluíram que a PTC foi 17-20% maior nesses animais que em suínos usados no experimento de Nienaber et al. (1987) e Bond et al. (1959), respectivamente, mas compatível a PTC observada em estudos contemporâneos.

### **3 Temperatura vs consumo voluntário**

A temperatura ambiente, o consumo alimentar e energético e o desempenho estão intimamente interligados. Esta interação é de grande importância na formulação de dietas para suínos, nas diferentes estações do ano e localização geográfica, ou ainda, para a combinação econômica ótima entre nutrição e temperatura ambiente (Sakomura et al, 1993).

Em razão da dificuldade em controlar a perda de calor, o animal modifica a produção de calor metabólico. A resposta imediata dos suínos ao estresse por altas temperaturas consiste na redução do consumo voluntário e atividade física (Nienaber et al., 1996), o que representa um esforço do organismo para reduzir a produção de calor.

Como verifica-se pelos valores apresentados na tabela 01, a proporção de redução no consumo voluntário varia entre estudos, o que pode ser associado a muitos fatores, incluindo genótipo, variação de peso vivo, dieta e variação de temperatura.

**Tabela 1** — Efeito da temperatura no consumo diário de ração

Faixa de Temperatura Estudada	Variação no Consumo Voluntário	Peso Vivo	Fonte
20 - 27,3°C	25 g/dia	15 - 35 kg	Rinaldo et al. (2000)
20 - 27,3°C	39 g/dia	35 - 90 kg	Rinaldo et al. (2000)
20 - 30°C	65 a 74 g/dia	45 - 85 kg	Nienaber e Hahn (1983)
19 - 29°C	48 g/dia	45 kg	Quiniou et al. (2000)
19 - 29°C	77 g/dia	75 kg	Quiniou et al. (2000)

O menor consumo determina ainda redução nas taxas de ganho de peso, o que pode resultar em grande impacto econômico devido ao maior tempo necessário para atingir o peso de abate. Os resultados obtidos por Rinaldo et al. (2000), em região de clima tropical, durante duas estações do ano, inverno (24,6°C) e verão (27,3°C), permitem constatar os efeitos anteriormente mencionados (Tabela 02).

**Tabela 2** — Efeito do clima e da estação sobre o desempenho de suínos em crescimento

	Condições ambientais			D.P.R.	Significância		
	Controle 20°C 75% U.R.A.	Clima tropical 24,6°C 84% U.R.A.    27,3°C 82% U.R.A.			C <sup>c</sup>	E <sup>c</sup>	C x E <sup>c</sup>
<b>Consumo Ração</b>							
G/dia	2253 <sup>a</sup>	2154 <sup>a</sup>	1971 <sup>b</sup>	117	***	**	**
G/(kg <sup>0,75</sup> dia)	102 <sup>a</sup>	98 <sup>ab</sup>	93 <sup>b</sup>	6	***	*	*
% Ganho Peso diário (g)	901 <sup>a</sup>	886 <sup>a</sup>	785 <sup>b</sup>	80	*	*	**
Conversão Alimentar	2,51	2,43	2,50	0,16	NS	NS	NS
Dias para abate <sup>d</sup>	91,8 <sup>a</sup>	91,5 <sup>a</sup>	101,6 <sup>b</sup>	6,1	*	**	*

<sup>a, b</sup> Médias que não têm a mesma letra sobrescrita diferem (P<0,05).

<sup>c, C</sup> Efeito do clima tropical versus controle; E: efeito das estações dentro do clima tropical; C x S: interação entre clima e estação. D.P.R.: Desvio Padrão Residual

\* (P<0,05), \*\* (P<0,01) e \*\*\* (P<0,001). U.R.A. : Umidade Relativa do Ar

Adaptado de Rinaldo et al. (2000).

O efeito prejudicial da temperatura aumenta com o peso vivo. Quiniou et al. (2000) observaram que existe uma relação direta entre temperatura, consumo de ração e peso vivo. Os suínos mais pesados são os mais afetados pelas temperaturas altas (Tabela 03). Isto ocorre pela maior dificuldade dos animais adultos para perderem calor. Os autores também constaram que a redução do consumo se dá pelo menor tempo total usado para ingestão, ou seja, o tempo individual de cada refeição diminui.

Outro aspecto importante relacionado com a menor a ingestão de ração é a diminuição no peso do trato gastrointestinal e das vísceras (Tabela 04). Com isto há um redução considerável da produção de calor, uma vez que estes são responsáveis

**Tabela 3** — Efeito da temperatura e estágio de crescimento no comportamento alimentar de suínos

	Temperatura (°C)					Estágio Crescimento		D.P.R.	Significância
	19	22	25	27	29	1	2		
Média Peso Vivo (kg)	63	63	62	62	62	49	76	9	C***
Consumo Ração (kg)	2,40	2,39	2,30	2,10	1,82	1,89	2,52	0,27	T*, C***, G***
Número de Refeições	11,2	11,3	9,8	9,9	10,1	11,5	9,4	1,6	C**, G***
Tempo Consumo (min)	81	81	76	68	56	70	75	7	T***

Efeito da temperatura (T), estágio do crescimento (C), T x G interação e grupo dentro do estágio de crescimento como efeito principal.

\* (P<0,05), \*\* (P<0,01) e \*\*\* (P<0,001). D.P.R. Desvio Padrão Residual

Adaptado de Quiniou et al. (2000).

por uma parcela significativa do calor produzido pelo animal (Van Milgen et al., 1998). Por outro lado, esta redução do peso dos órgãos, acarreta um aumento no rendimento de carcaça, conforme observado por Rinaldo et al. (2000).

**Tabela 4** — Efeito da temperatura e teor de lisina no peso de órgãos de suínos

	Termoneutro		Quente		Probabilidade (P< )	
	0,6% Lis	1,0% Lis	0,6% Lis	1,0% Lis	Temperatura	Lisina
Fígado (kg)	1,49	1,78	1,36	1,55	0,05	0,01
Coração (kg)	0,35	0,37	0,35	0,36	0,01	0,68
Rins (kg)	0,30	0,39	0,27	0,33	0,01	0,01
Intestino Delgado (kg)	1,40	1,52	1,05	1,13	0,01	0,02
Peso Total Órgãos (kg)	3,55	4,05	3,04	3,38	0,01	0,01

Fonte: Lopez et al. (1994).

Animais submetidos a ambientes com altas temperaturas consomem menos energia o que resulta em carcaças com menor teor de gordura (Tabela 05). Contudo, estes resultados podem estar relacionados com o efeito da temperatura por si só, pois nessas condições parece haver uma redução na eficiência de utilização da energia ingerida.

Da mesma forma, têm-se observado que há uma redistribuição anatômica da gordura depositada pelos suínos quando são submetidos a períodos prolongados de altas temperaturas. Há um maior acúmulo de gordura nos depósitos internos (gordura interna e vísceras) em detrimento a gordura subcutânea (Le Dividich et al., 1987). Conforme Kutsamata et al. (1996), estas alterações poderiam refletir uma adaptação do animal a temperaturas elevadas, pois facilitaria as trocas de calor com o meio.

Estudos recentes demonstraram que a enzima Estearoil-CoA-Dessaturase ( $\Delta$  9 Dessaturase) pode estar envolvida no processo de redistribuição da gordura corporal e na composição de ácidos graxos, ocasionado por altas temperaturas (Tabela 06 ). De acordo com KOUBA et al. (1999) e KOUBA et al. (2001), esta é uma enzima de membrana e é responsável pela geração de ácidos graxos monoinsaturados à partir dos saturados. Existem fortes evidências que esta enzima tem sua atividade alterada pela temperatura ambiente. Provavelmente a forma de alteração é por modificação

**Tabela 5** — Efeito do clima e da estação sobre o características de carcaça de suínos em crescimento

	Condições ambientais			D.P.R.	Significância		
	Controle	Clima tropical			C <sup>c</sup>	E <sup>c</sup>	C x E <sup>c</sup>
	20°C 75% U.R.A.	24,6°C 84% U.R.A.	27,3°C 82% U.R.A.				
Peso de Abate (kg)	91,3	92,2	93,5	3,0	NS	NS	NS
Dias para abate <sup>d</sup>	91,8 <sup>a</sup>	91,5 <sup>a</sup>	101,6 <sup>b</sup>	6,1	*	**	*
% da carcaça							
Músculo (%)	55,0	54,1	53,5	1,9	NS	NS	NS
Gordura (%)	22,2 <sup>ab</sup>	23,8 <sup>a</sup>	20,6 <sup>b</sup>	2,6	NS	***	NS

a, b Médias que não têm a mesma letra sobrescrita diferem (P<0,05).

c C: efeito do clima tropical versus controle; E: efeito das estações dentro do clima tropical; C x S: interação entre clima e estação. D.P.R.: Desvio Padrão Residual

d Número de dias do início ao final do período experimental.

\* (P<0,05), \*\* (P<0,01) e \*\*\* (P<0,001).

Adaptado de Rinaldo et al. (2000).

da fluidez da membrana fosfolipídica. O mecanismo específico de redução da Estearoil-CoA-Dessaturase ainda não é bem conhecido.

**Tabela 6** — Efeito das temperaturas elevadas sobre a atividade da Estearoil-CoA-Dessaturase em diferentes tecidos

Temperatura Ambiente (°C)	31	20	20	E.P.
	Ad libitum	Pair Feed	Ad libitum	
Estearoil-CoA-Dessaturase				
Gordura Subcutânea	12,15 <sup>a</sup>	20,90 <sup>b</sup>	20,91 <sup>b</sup>	1,9
Gordura Interna	14,50 <sup>a</sup>	21,71 <sup>b</sup>	23,50 <sup>b</sup>	2,8
Músculo	1,93 <sup>a</sup>	2,71 <sup>b</sup>	2,78 <sup>b</sup>	0,04
Fígado	2,46 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	0,05

<sup>a</sup> Valores seguidos de letras diferentes não são iguais (P<0,05).

<sup>b</sup> Expresso como mmol ácido oleico formado por hora por mg proteína.

Adaptado por Kouba et al. (1999)

## 4 Considerações práticas para amenizar os problemas originados pelo estresse calórico

No Brasil há predominância de temperaturas quentes, sendo o estresse calórico uma constante preocupação os produtores de suínos. Várias pesquisas têm sido conduzidas como forma de amenizar os efeitos das altas temperaturas sobre os animais em crescimento e terminação.

De acordo com Fialho (1994), existem basicamente três fatores que devem considerados para solucionar ou amenizar os problemas relacionados com o estresse ambiental (frio ou calor):

1. Controlar ou melhorar o ambiente térmico através do manejo dos animais (aspecto físico ou fatores sociais);
2. Selecionar as raças que suportam melhor as condições de clima tropical;
3. Modificar tecnicamente a composição das dietas (suprimento de aminoácidos, energia ou fibra) dos suínos visando amenizar os efeitos prejudiciais causados pelo estresse calórico.

Há diferentes maneiras de modificar o ambiente em que os suínos são criados, tais como: construções mais adequadas, densidade animal, controle de ventilação, movimento do ar, tipo de piso, manejo de arraçoamento, etc. Além dessas, uma forma muito eficaz é a utilização das dietas adequadas a cada situação. Como forma de amenizar os problemas do estresse calórico pela dieta, podem ser indicados ajustes dos níveis protéicos e/ou energéticos, relação proteína:energia (gorduras ou óleos), suplementação de aminoácidos sintéticos e adição de alimentos fibrosos às dietas para suínos.

O calor é produzido à partir do metabolismo de nutrientes e diferentes nutrientes produzem diferentes quantidades de calor, algumas simples manipulações nas dietas dos suínos podem resultar numa redução da quantidade de seu calor metabólico (MUIRHEAD, 1993).

Por definição, o Incremento Calórico (IC) é representado pelo aumento da produção de calor após o consumo do alimento pelo animal. O IC é constituído basicamente do calor de fermentação e a energia gasta no processo digestivo, assim como o calor de produção resultante do metabolismo dos nutrientes.

Como se sabe, o IC aumenta com a quantidade de alimento consumido e é inversamente relacionado com a concentração energética da dieta (Holmes & Close, 1977), sendo que o aumento da fibra das dietas proporciona altos incrementos calóricos (Stahly et. al. 1981) e dietas contendo óleos e ou gorduras proporcionam baixo incremento calórico (Just, 1982). O IC varia dentre os diferentes nutrientes, desta forma os lipídios contém aproximadamente 9%, os carboidratos 17%, as proteínas 26% e uma razão de 10 a 40% (Church & Pond, 1982). De acordo com Lusk (1931), este alto poder de incremento calórico das proteínas é devido principalmente às séries de complexas reações metabólicas características do metabolismo dos aminoácidos.

É importante enfatizar que geralmente o incremento calórico de uma dieta é reduzido quando aminoácidos sintéticos substituem parte da proteína proveniente do farelo de soja (Kerr, 1988). Stahly et. al. 1979 constataram que dietas com baixos teores em proteínas, suplementadas com aminoácidos sintéticos (L-Lisina-HCl), tenderam a ser mais eficientemente utilizadas pelo suínos submetidos a estresse calórico. De acordo com os autores, estes resultados foram devido ao menor IC das dietas com suplementação de aminoácidos sintéticos. Resultados similares foram também referenciados por Waldroup et al. 1976, em testes de desempenho com frangos de corte.

A utilização de níveis crescentes de proteína para suínos submetidos a estresse calórico não tem propiciado bons resultados, principalmente devido às proteínas serem nutrientes de alto incremento calórico.



Stahly et al. 1979 e Lopes et al. 1994, observaram vantagens de se utilizar lisina sintética ao invés da proteína natural em rações de suínos em crescimento e terminação. Esta alternativa se justifica em função de que lisina sintética propicia uma redução no incremento calórico da dieta, por promover a diminuição do nível total de proteína bruta da dieta. É importante destacar que a eventual redução do consumo de ração pelo animal em função do estresse térmico pelo calor, torna necessário aumentar os níveis de nutrientes nas dietas, principalmente o de aminoácidos sintéticos, para poder garantir os requerimentos mínimos dos aminoácidos exigidos pelos suínos.

A inclusão de gorduras às dietas de suínos em épocas de verão intenso (calor) tem demonstrado redução na quantidade de produção de calor, principalmente pelo menor IC e aparentemente devido à direta deposição de gordura corporal (Stahly, 1984 e Schoenherr et al. 1991). É importante também enfatizar que as gorduras apresentam uma alta densidade calórica, sendo que sua incorporação às dietas ajudam a compensar a redução de consumo de energia durante altas temperaturas, propiciando desta forma um melhor desempenho aos animais.

A suplementação simultânea de L-Lisina-HCL e gordura foi testado por Schenck et al. 1992, os quais constataram melhorias no desempenho de suínos em crescimento mantidos em altas temperaturas, quando foram adicionado níveis crescentes de lisina e gorduras às dietas. Altas temperaturas reduziram o consumo alimentar e exigiram altas concentrações de lisina e energia para a otimização do desempenho dos suínos. De acordo com os autores, estes resultados foram observados devido a um aumento da síntese protéica.

Recentemente vem sendo pesquisado a utilização de dietas formuladas à base de proteína ideal para suínos expostos ao estresse térmico a altas temperaturas. Proteína ideal pode ser definida como o balanço exato entre os aminoácidos, capazes de atender sem deficiências nem excessos, as necessidades de todos os aminoácidos necessários para a manutenção e deposição máxima de proteína corporal (Parsons e Baker, 1994)

Dietas baseadas na proteína ideal, são formuladas a base de quantidades e proporções adequadas em aminoácidos necessários para a manutenção e deposição de proteínas em um padrão tal, que cada um dos aminoácidos são igualmente limitantes (Fuller et al. 1989, Wang and Fuller, 1989, Parsons e Baker, 1994). Estas dietas possivelmente reduzem o excesso de aminoácidos que serão catabolizados pelo organismo animal, possibilitando assim um adequado desempenho aos mesmos (Parsons e Baker, 1994).

Baseando-se nestas características desejáveis das dietas formuladas à base de proteína ideal (suplementadas com L-Lisina HCL e DL-metionina, L-Treonina, L-triptofano e L-Isoleucina), Lopes et al. 1994, desenvolveram um experimento, com suínos mantidos em altas temperaturas. Eles não encontraram diferenças significativas entre as dietas testadas. A produção de calor metabólico tendeu a ser maior para os animais alimentados com dietas baseadas em proteína ideal do que aquelas a base de milho e farelo de soja.

O fornecimento de rações líquidas ou úmidas pode melhorar o consumo de rações durante os períodos quentes do ano. Isto é devido a maior facilidade que o suíno possui para ingerir esta forma de ração e em função do efeito hidratante da água.

## 5 Conclusão

Considerando que na maior parte das regiões do Brasil registra-se temperaturas elevadas durante os meses de verão, os suínos criados nestas condições apresentam menor consumo e conseqüentemente pior desempenho.

Os resultados referenciados na literatura consultada, recomendam formulações de rações contendo baixos teores de proteína, o que é alcançado principalmente com suplementação de lisina e outros aminoácidos sintéticos.

Além disso pode ser adicionado óleos ou gorduras nas rações, como forma de minimizar os problemas das altas temperaturas, aumentando assim a energia e diminuindo o incremento calórico dessa ração.

Dependendo dos aspectos econômicos (relação de preços entre ingredientes e suínos), essa manipulação das rações pode ser tecnicamente viável para suínos nas fases de crescimento e terminação.

## 6 Bibliografia Referenciada

01. ASAE, 1999
02. BABATUNTE, G. M. et al. *Anim. Prod.* 14:57, 1972
03. BERSCHAUER, F., et al. *Br. J. Nutr.*, 49:271, 1983
04. BOND, T.E., ASAE 2(1)1-4.1959
05. BROWN-BRANDL et al. ASAE. 41 (3):789, 1998
06. BROWN-BRANDL et al. *Livest. Prod. Sci.* 71:253, 2001
07. CASTELL, A.G. et al. *Can. J. Anim. Sci.* 74:519, 1994
08. CISNEROS, F. et al. *Anim. Sci.* 63:517, 1996
09. CLOSE, W.H. & MOUNT, L. E. *Br. J. Nutr.*, 40:423, 1978
10. CLOSE, W. H. & Stanier, M.W. *anim. Prod.* 38 221, 1984
11. CLOSE, W. H. et al. *Anim. Prod.*, 13:285, 1971
12. CLOSE, W.H. & et al. *J. Nutri.*, 54:95, 1982
13. COFFEY, M. T. et al. *J. Anim. Sci.*, 54:95, 1982
14. COLEMAN, S.W. & EVANS, B.C. *Anim. Sci. Research Report.* 1982
15. COLLIN, A. et al. *J. Anim. Sci.* 79:1849, 2001
16. CONSOLAZIO, C. F. & SCHINAKENBERG, D.D. *Fed. Proc.* 36:1673, 1977
17. COOKE, R. et al. *Br. J. Nutr.*, 14:219, 1972
18. COYER, P. A. et al. *Proc. Nutr. Soc.*, 45:108 a, 1986
19. DAS, T.K. & WATERLOW, J.C. *Br. J. Nutr.*, 32:353, 1984
20. DAUCEY, M.J. & INGRAM, D. L. *J. Agric. Sci.*, 101:351, 1983a
21. DAUCEY, M.J. & INGRAM, D.L. *Br. J. Nutr.*, 41:316, 1979
22. DAUCEY, M.J. et al. *J. Agric. Sci, Camb*, 101:291, 1983
23. ELLIS, M. et al. *Anim. Sci.* 62:521, 1996
24. EVANS, S.E. & INGRAM, D.L. *J. Physiol.* 264:511, 1977
25. FIALHO, E.T., *Anais, Simpósio CBNA.*
26. HOLMES, C.W. & CLOSE, W.H. *Nutr. Climatic. Envirom.*, 1977
27. INGRAM, D.L. *Res. Vet. Sci.* 6:9-17
28. JUST, A. *Livest. Prod. Sci.* 8:541, 1982
29. KATSUMATA, M. et al. *Anim. Sci.* 62:591, 1996

30. KERR, B.J. et al. J.Anim. Sci.73:433,1995
31. LEDIVIDICH, J. et al. Livest. Prod. Sci.17:235-246,2000
32. NIENABER, J.G. ASAE,30:1772,1987
33. NRC, SWINE, 1998
34. QUINIQU, N., et al. Livest. Prod. Sci.63:245-253,2000
35. RINALDO et al. Livest. Prod. Sci.66:223-234,2000
36. SHOENHER, W.D. & SMITH, G.J. J.Anim. Sci.69:380,1991
37. STAHLY, T.S. et al. J.Anim. Sci.49:1242,1979
38. VAN MILGEN et.al. Br.J.Nutr. 79:1,1998
39. WITTE, D.P. et al. J.Anim. Sci.78:1272,2000
40. ZHAO, X., et al. Br.J.Nutr. 74:322,1995

# O SIGNIFICADO DA CONVERSÃO ALIMENTAR PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO: SUA RELEVÂNCIA PARA MODELAGEM E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA

Alexandre de Mello Kessler

Departamento de Zootecnia - UFRGS

## 1 Introdução

A conversão alimentar, definida como a necessidade alimentar por unidade de ganho de peso, ainda é a medida de eficiência mais utilizada na produção de suínos para o abate. Porque os custos com alimentação representam a maior parte do custo total de produção suína, pequenos incrementos na conversão alimentar podem ter um impacto importante na rentabilidade de uma operação. A conversão alimentar tem sido usada como a principal referência para avaliar grandes sistemas de produção (Losinger, 2000).

Apesar da quantidade e complexidade das variáveis que a compõem, do seu comportamento errático na análise numérica (por exemplo, não é possível para ganhos de peso iguais ou inferiores a zero) e estatística (guarda grande colinearidade com as variáveis que a compõe, como consumo alimentar e ganho de peso), de ser uma relação e não uma variável diretamente medida, a conversão alimentar ou seu inverso, a eficiência alimentar, persiste como medida referencial de desempenho pela sua boa correlação com a principal resposta econômica no suíno em crescimento, que é o crescimento de tecido magro.

## 2 Definindo os termos

De acordo com Meyer & Garrett (1969), o uso da simples relação  $\text{eficiência} = \text{ganho}/\text{consumo}$ , pode causar problemas de interpretação. Primeiro, porque a função biológica medida é o consumo alimentar ou o ganho de peso, e ao se trabalhar com uma relação das duas variáveis passa-se a ter critérios de resposta inseparáveis, que podem conduzir a conclusões incertas. Segundo, e especialmente na relação  $\text{consumo}/\text{ganho}$ , está inferido que todo o alimento consumido é utilizado para o ganho de peso, sendo ignorados os custos alimentares de manutenção. Estes custos impedem que as curvas de consumo e ganho de peso aumentem ou diminuam de forma linear e paralela. Como consequência tem sido posto de que a eficiência alimentar deve ser expressada como o ganho ajustado para as variações no consumo por análise de covariância (Meyer & Garrett, 1969; Baker, 1984). Tal procedimento leva a uma descrição matemática bem mais precisa. Por outro lado, dentro de variações usuais de consumo e intervalos de peso determinados, em suínos em crescimento, tanto a conversão alimentar quanto o ganho de peso ajustado levam a interpretações estatísticas similares (Kessler, 1992).

A conversão de unidades de alimento produzido em unidades de produção animal, ou a relação inversa - de unidades de ganho por unidades de alimento consumida, é também prejudicada pela variabilidade na composição nos alimentos e animais e as medidas que são passíveis de ser procedidas, em condições de pesquisa e produção. Em termos de conversão alimentar - aqui referida como unidades de alimento consumido por unidades de ganho de peso vivo - a maior variabilidade pode ser atribuída, em visão reducionista, às diferenças no conteúdo de água no alimento e no ganho de peso. Ainda que o percentual de matéria seca nas dietas usuais de suínos seja alto e de certa forma uniforme (entre 85 e 89%), o que dispensa cálculos com base na matéria seca ingerida, e que em intervalos de peso grandes o efeito de enchimento gastrointestinal é minimizado, as diferenças no percentual de água no ganho de peso respondem por parte importante da variação encontrada nas medidas de conversão alimentar. Isto porque a maior parte do ganho de peso em condições normais é composto de água.

Para a modelagem em crescimento e nutrição de suínos, entretanto, são necessárias medidas ou estimativas precisas da composição do ganho de peso e da porção metabolizável do alimento consumido, como proposto por Blaxter (1989). Com estas variáveis, podem ser examinadas as eficiências com que componentes da dieta são incorporados no tecido animal, permitindo, em cada ponto de uma curva de crescimento estabelecida, predizer a ingestão de nutrientes para expressão do máximo potencial genético de um determinado suíno. Neste particular, podem ser definidas conversões mais justas de componentes dietéticos e corporais nas mesmas composição e unidade, como a energia metabolizável consumida em energia retida, em kcal/kcal, proteína consumida/retida, em g/g, ou a repartição dos nutrientes ingeridos em componentes para manutenção, ganho corporal de proteína e gordura, em equações como as do NRC (1998).

### 3 Principais correlações

A conversão alimentar pode, dentro de uma dada faixa de peso vivo dos suínos, indicar a composição corporal dos suínos. De acordo com Wenk et al. (1980), a conversão alimentar somente será útil para avaliar a eficiência energética do crescimento quando a composição do ganho de peso é conhecida. Como será demonstrado a seguir, eficiência energética e conversão alimentar não se correlacionam bem com os mesmos preditores. Uma conversão alimentar é baixa quando os ganhos de peso são altos e a concentração energética do ganho é baixa (Wenk et al., 1980). Ao contrário, ganhos de peso predominantemente formados de gordura são positivamente associados com alta eficiência energética.

Nas Tabelas 1 e 2 podem ser observadas as principais correlações da conversão alimentar com variáveis de desempenho, composição do ganho de peso e características de carcaça. De uma forma geral a conversão alimentar é negativa e fortemente correlacionada com o ganho de peso, nas não mostra boa correlação com o consumo alimentar (Kessler, 1992; Von Felde et al., 1996; Hermesch et al., 2000). Isto porque, no suíno moderno, altos ganho de peso usualmente estão associados a ganhos altos de proteína corporal. Como cada grama de proteína retida agrega em torno de 4 gramas de água, é uma forma nutricionalmente eficiente de ganhar peso. Já as

respostas a altos consumos alimentares são mais variadas, incluindo variações nas exigências de manutenção (atividade física, termorregulação, etc.) e ganhos com percentual maior de gordura. Por outro lado, o consumo de um nutriente limitante à máxima expressão do potencial de ganho de proteína corporal, como é o caso da lisina, afeta significativamente a conversão alimentar (Tabela 1). A conversão alimentar é altamente correlacionada com variáveis que representam alta taxa de ganho de tecido magro (de baixa concentração energética, na concepção de Wenk et al. ,1980). Assim sendo, esta alta taxa de ganho de tecido magro é representada pelo ganho diário de proteína bruta corporal na Tabela 1 e pelo peso total do quarto trazeiro esquerdo, na tabela 2, indicando que nos suínos modernos o pernil é um bom estimador do ganho de carne magra.

**Tabela 1** — Matriz de correlações e vetor de médias das variáveis consumo diário de energia metabolizável (CoEM, em kcal/d), consumo diário de proteína bruta (CoPB, em g/d), consumo diário de lisina (CoLIS, em g/d), ganho diário de proteína bruta corporal (GPB, em g/d), ganho diário de gordura bruta corporal (GGB, em g/d) e conversão alimentar (CA) de suínos em crescimento.

Variáveis	CoEM	CoPB	CoLIS	GPB	GGB	CA
CoEM	1	0,391*	0,214	0,490**	0,723**	-0,145
CoPB	-	1	0,931**	0,668**	0,111	-0,526**
CoLIS	-	-	1	0,658**	-0,025	-0,620**
GPB	-	-	-	1	0,161	-0,752**
GGB	-	-	-	-	1	-0,005
CA	-	-	-	-	-	1
Médias	7833	369,3	19,01	95,8	247,7	3,017

\* p<0,05

\*\* p<0,01

Fonte: Kessler et al. , 1995

**Tabela 2** — Correlações genéticas (1ª linha) e ambientais (2ª linha) entre variáveis de desempenho e características de carcaça de suínos

	Ganho de peso	Consumo alimentar	Conversão alimentar
Profundidade de l. dorsi	-0,13	-0,13	0,07
	-0,03	-0,06	-0,02
Espessura de toucinho no ponto P2	0,33	0,62	0,34
	0,03	0,12	0,06
Peso total do quarto trazeiro esquerdo	0,48	0,45	0,83
	0,43	0,46	0,48

Modificado de Hermes et al. (2000)

## 4 Efeito do consumo, manutenção e composição do ganho

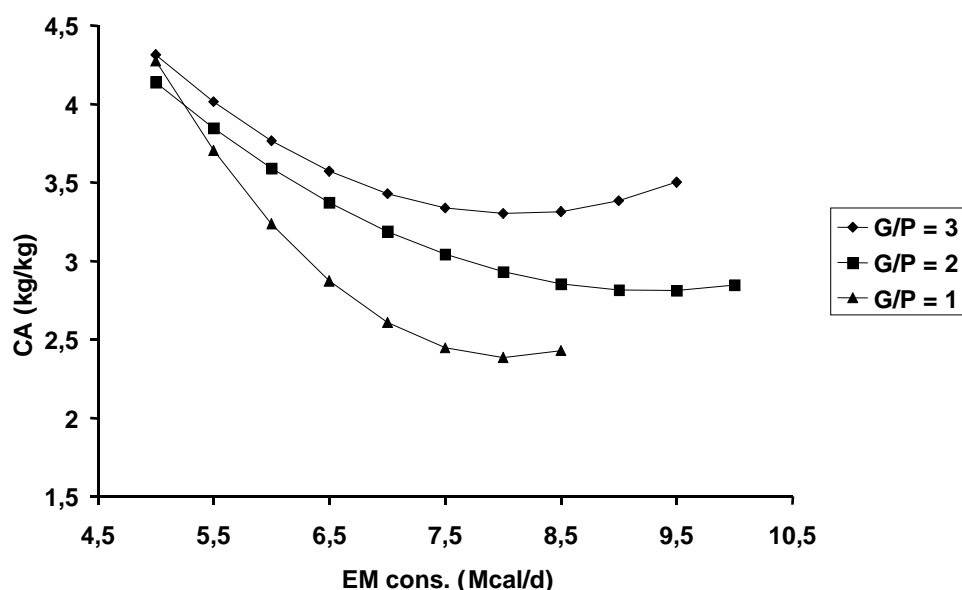
Se existe o conceito de manutenção, em que a energia deve ser utilizada para continuidade dos processos vitais, que esta energia é dissipada para o ambiente e que sua origem é o alimento, então parte ou eventualmente todo o alimento consumido não será absorvido e retido como componentes corporais. Disto resulta que em consumo baixo de alimento o componente da manutenção é proporcionalmente alto e apenas uma pequena parte dos nutrientes consumidos poderão ser destinados a um limitado ganho de peso, conseqüentemente levando a uma conversão alimentar ruim. O ganho de peso, por sua vez, pode ser dividido nos seus principais componentes: proteína, gordura, água e matéria mineral, e os custos nutricionais associados a cada deposição. É usual associar todos os custos nutricionais à proteína e à gordura. Como bem demonstrado por Wenk et al. (1980), em termos de conversão alimentar, a maior eficiência será obtida em alto consumo alimentar, com alto ganho de peso de baixa densidade energética (alta percentagem de água).

Como antes mencionado, podem ser elaborados modelos onde o consumo alimentar pode ser estimado a partir de parâmetros de exigência de nutrientes para manutenção, dos ganhos potenciais de proteína e gordura corporais, sendo estes associados aos seus custos de deposição, e a partir de um alimento de composição nutricional conhecida. Também é possível partir de uma dada disponibilidade de nutrientes (em consumo restrito ou à vontade) e a partir disto estimar o crescimento animal dentro daquela disponibilidade. A curva de deposição de proteína é geneticamente determinada e pode se expressar ao máximo quando em condições nutricionais e ambientais favoráveis. Por outro lado, a curva de deposição de gordura tem comportamento menos previsível, pois é bem mais variável conforme o consumo de energia pelo suíno (Kessler, 1992). Uma forma de estimar esta curva é relacionar os ganhos proporcionais de gordura e proteína, conforme a retenção protéica, a partir de dados experimentais com suínos em crescimento (Figura 2: dados de Campbell & Taverner, 1988; Kessler, 1992; Quiniou et al., 1995; Bikker & Bosch, 1996). Conhecendo a relação gordura/proteína aproximada e o potencial de retenção protéica podem ser estimados em diferentes situações os ganhos de gordura e proteína, que junto com as exigências de manutenção também permitem estimar o consumo de alimento pelos animais e, conseqüentemente, a conversão alimentar. As Figuras 1, 3, 4, 5 e 6 foram geradas a partir de dados de Campbell & Taverner (1988); Kessler (1992); Quiniou et al. (1995) e Bikker & Bosch (1996), e utilizando parâmetros compilados a partir das revisões de Fowler et al. (1980), Wenk et al. (1980), Kessler (1992) e do NRC (1998).

A Figura 1 mostra os efeitos previsíveis do consumo alimentar e da composição do ganho sobre a conversão alimentar. Estes resultados foram previstos anteriormente por Wenk et al (1980). Nas três relações gordura/proteína ( $G/P=3$ ,  $G/P=2$  e  $G/P=1$ ) o baixo consumo está associado à pior conversão alimentar (alta participação da manutenção na energia consumida). Uma piora na conversão é verificada à medida que o suíno aumenta de peso (Figura 3), pois a exigência de manutenção aumenta proporcionalmente mais que a capacidade de consumo voluntário. Com o aumento na ingestão energética, é atingido o máximo potencial de ganho de tecido magro, sendo este o ponto de melhor conversão alimentar. Isto é particularmente válido para animais

de alta deposição de proteína e baixa de gordura (G/P=1). Animais de baixa deposição de proteína e alta de gordura (G/P=3), podem ter a conversão piorada no alto consumo alimentar, a medida que o ganho de peso é predominantemente de gordura.

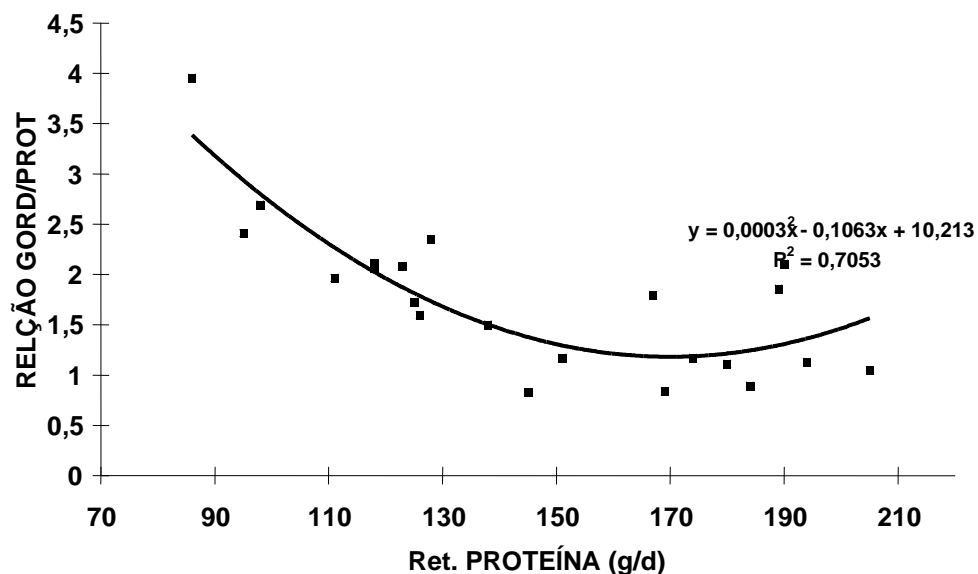
A Figura 4, mostra que a conversão alimentar é aumentada linearmente com a relação gordura/proteína, em condições de consumo à vontade. De fato por trás do aumento da G/P está uma redução no ganho de tecido magro, cujo efeito no ganho de peso é evidente. A Figura 5 mostra que a retenção de proteína corporal pelos suínos tem um forte efeito, melhorando a conversão alimentar. Já a conversão de energia consumida em energia retida corporal, é fracamente correlacionada com a retenção de proteína. Ao contrário, a conversão energética melhora significativamente com o aumento na retenção de gordura corporal pelos suínos, que por sua vez não guarda boa correlação com a conversão alimentar (Figura 6).



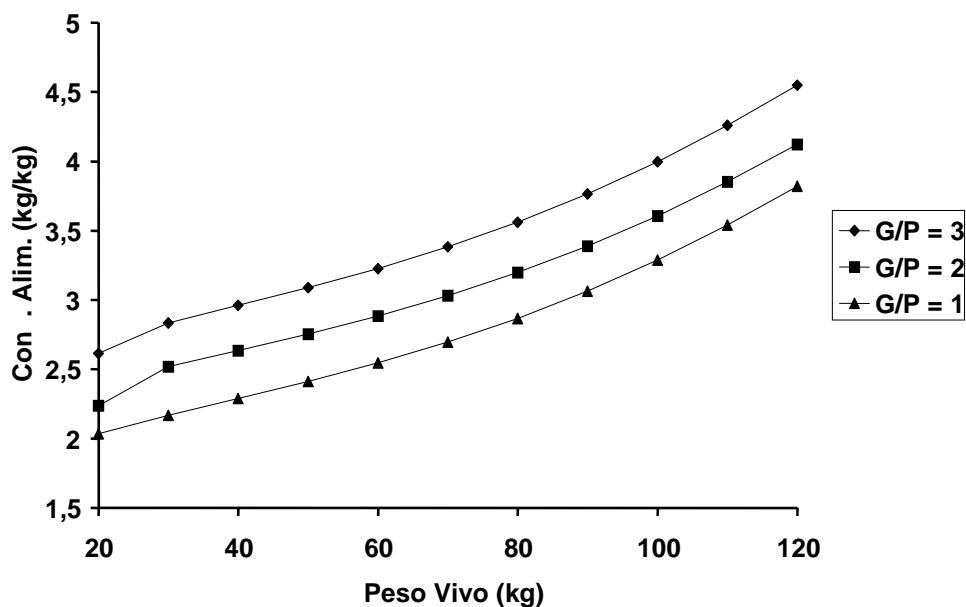
**Figura 1** — Conversão alimentar (CA) de suínos em crescimento (60 kg PV), conforme o consumo diário de energia metabolizável (EM) e a relação gordura/proteína (G/P) no ganho de peso.

A conversão de nutrientes limitantes ao crescimento, além das questões de consumo energético, tem aplicação especial no desenvolvimento de modelos nutricionais para suínos. A estimativa de exigência energética normalmente usa parâmetros fixos de eficiência de retenção, gerando estimativas bastante lineares. Por outro lado, para a maior parte dos nutrientes ingeridos, a retenção máxima é obtida numa curva de eficiências decrescentes. Isto é particularmente válido para proteína e aminoácidos, que a medida que têm aumentada sua ingestão, experimentam aumento nas taxas de degradação e/ou excreção pelo animal. O trabalho de Kessler et al. (1997) verificou que a retenção de proteína corporal aumentou linearmente com o nível de lisina ingerido, mas por outro lado a eficiência com que a lisina foi incorporada em tecido animal foi de forma geral decrescente, conforme mostram as curvas da Figura 7.

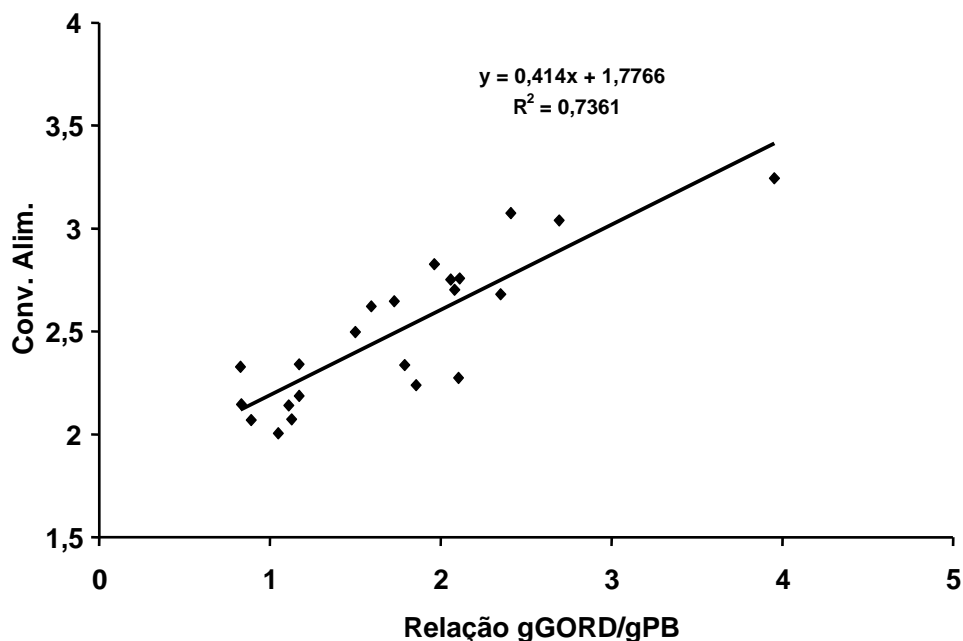




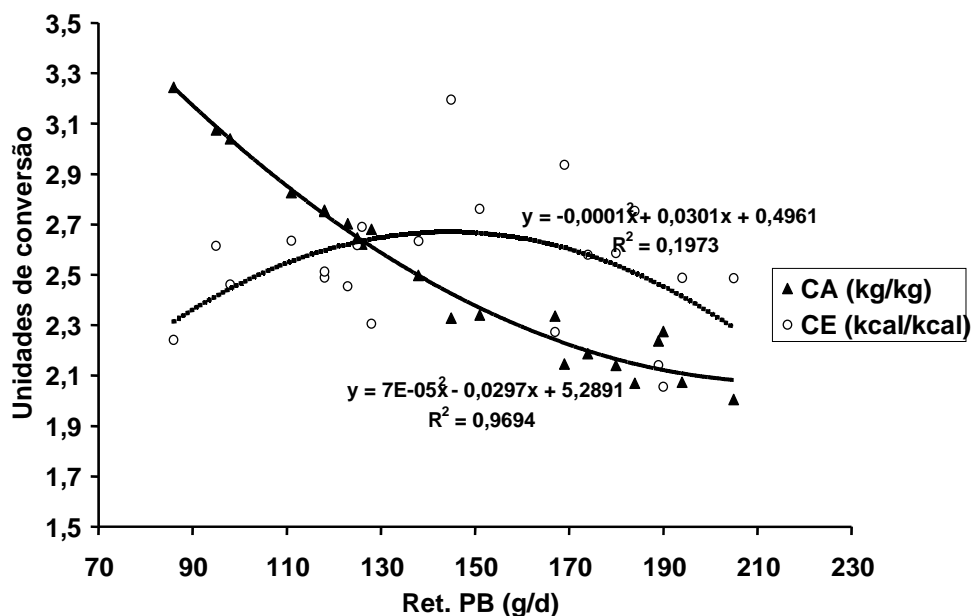
**Figura 2** — Relação gordura/proteína no ganho de peso de suínos em crescimento, conforme a retenção medida de proteína.



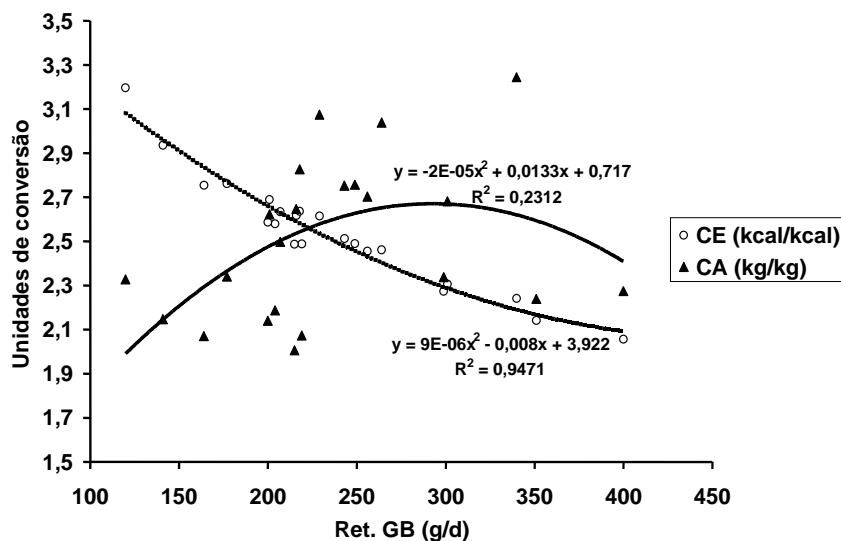
**Figura 3** — Conversão alimentar de suínos em crescimento de acordo com o peso vivo e o potencial de relação gordura/proteína (G/P) no ganho de peso.



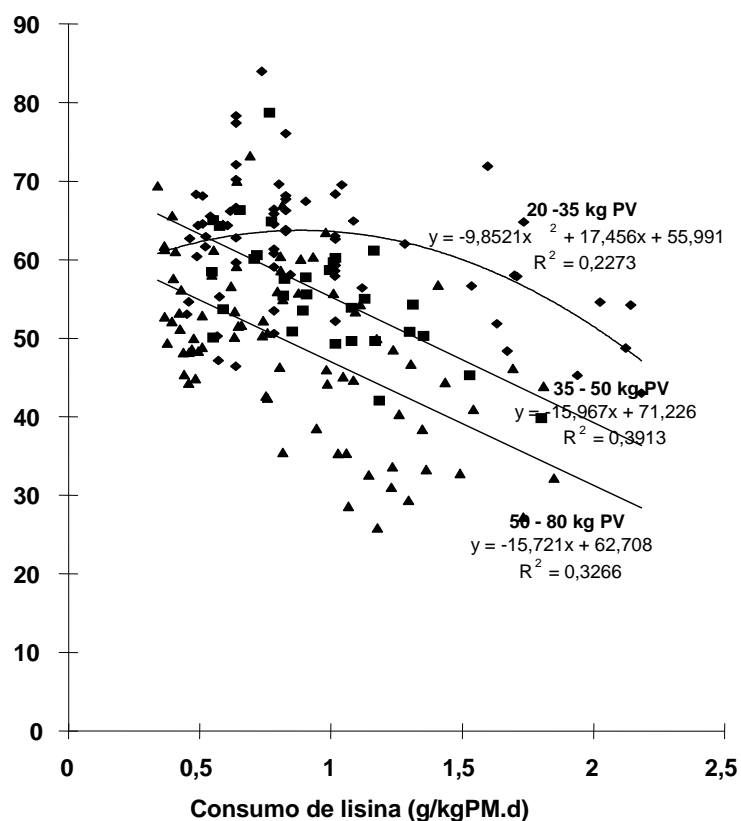
**Figura 4** — Conversão alimentar de suínos em crescimento (60kg PV) estimada conforme o potencial de relação gordura/proteína no ganho de peso.



**Figura 5** — Conversão alimentar (CA) e conversão da energia metabolizável consumida em energia corporal retida (CE) de suínos em crescimento (60kg PV), estimadas conforme a retenção diária de proteína corporal (Ret. PB).



**Figura 6** — Conversão alimentar (CA) e conversão da energia metabolizável consumida em energia corporal retida (CE) de suínos em crescimento (60kg PV), estimadas conforme a retenção diária de gordura corporal (Ret. GB).



**Figura 7** — Eficiência percentual de retenção da lisina consumida em lisina corporal de suínos em crescimento em três faixas de peso.

## 5 Conclusões

Como foi apontado por Wenk et al. (1980), se não existe confiabilidade a respeito da composição do alimento e do ganho de peso, a conversão alimentar se torna um instrumento limitado para expressar a eficiência de crescimento dos suínos. Por outro lado, ela é fortemente influenciada por características genéticas e ambientais associadas ao rápido crescimento de suínos com maior quantidade de carne na carcaça. Neste particular permanece como a medida de campo mais efetiva para avaliar a eficiência na fase de crescimento. Além disto, o estudo fracionado de eficiências de conversão de determinados nutrientes em componentes corporais parece ser uma necessidade para o ajuste de modelos nutricionais baseados em curvas de crescimento.

## 6 Referências bibliográficas

- BAKER, D. H. 1984. Equalized versus ad libitum feeding. *Nutrition Reviews* 42: 269-273.
- BLAXTER, K. L. Energy metabolism in animals and man. New York, N.Y. Cambridge University Press. 1989.
- BIKKER, P. ; BOSCH, M. 1996. Nutrient requirements of pigs with high genetic potential for lean gain. In: ROSTAGNO, H.S. (Ed.) Simpósio Internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos. 1996. Viçosa, p. 223-239.
- CAMPBELL , R.G.; TAVERNER, M. R. 1988. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 66: 676:686.
- FOWLER, V. R.; FULLER, M. F.; CLOSE, W. H.; WHITTEMORE, C. T. 1980. Energy requirements for the growing pig. In: MOUNT, L. E. (Ed.) *Energy Metabolism*. London, Butterworths. 151-156.
- HERMESCH, S.; LUXFORD, B. G.; GRASER, H. -U. 2000. Genetic parameters for lean meat yield, meat quality, reproduction and feed efficiency traits for Australian pigs 2. Genetic relationships between production, carcass and meat quality traits. *Livestock Production Science* 65: 249-259.
- KESSLER, A. M. 1992. Efeito da proteína e lisina da dieta no metabolismo do nitrogênio de suínos em crescimento. Tese de Doutorado. Porto Alegre, UFRGS, 188p.
- KESSLER, A. M.; PENZ JR., A. M.; ROSO, V. M. 1995. Uso da técnica de componentes principais em características de consumo de nutrientes, composição do ganho de peso e eficiência alimentar de suínos em crescimento. In: *Anais da XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Brasília, 1995. 565-567.
- KESSLER, A.M., PENZ JR, A. M., BARTELS, H. Retenção de Nitrogênio Pelos Suínos nas Fases de Crescimento e Terminação. In: *Anais da XXXIV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Juiz de Fora: 1997. v.34. p.103-105
- LOSINGER, W. C. 2000. Feed-conversion ratio of finisher pigs in the USA. *Preventive Veterinary Medicine*, 36, 287-305.
- MEYER, J. H.; GARRET, W. N. 1969. Efficiency of feed utilization. In: *Techniques and procedures in animal science research*. 166-174.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1998. Nutrient requirements of swine. 10th Ed. Washington, NRC. 189 p.
- QUINIOU, N.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J.; DOURMAD, J. 1995. Effect of energy intake on performance, nutrient and tissue gain and protein and energy utilization in growing boars. *Animal Science* 61: 133-134.
- VON FELDE, A.; ROEHE, R.; LOOFT, H.; KALM, E. 1996. Genetic association between feed intake and feed intake behaviour at different stages of growth of group-housed boars. *Livestock Production Science* 47: 11-22.
- WENK, C.; PFIRTER, H.P.; BICKEL, H. 1980. Energetic aspects of feed conversion in growing pigs. *Livestock Production Science*, 7, 483-495.

# INFLUÊNCIA DO JEJUM PRÉ-ABATE SOBRE A CONDIÇÃO MUSCULAR EM SUÍNOS E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE FINAL DA CARNE PARA INDUSTRIALIZAÇÃO.

José Vicente Peloso

Médico Veterinário - M.Agr.Sc.  
SADIA - Brasil

Jose.Peloso@sadia.com.br

<http://www.sadia.com.br>

## Resumo

A prática do jejum pré-abate é desejada e de relevância comprovada dentro da cadeia produtiva da suinocultura. Entretanto, este jejum deve ser cuidadosamente controlado para que não haja desvios de qualidade, tais como perda de rendimento de carcaça no abate e ocorrência de carne de má qualidade no pós-abate. O jejum feito de maneira correta tem impacto positivo na qualidade final da carne, principalmente através da influência significativa no metabolismo glicolítico muscular e da conseqüente alteração do seu pH final. Outras importantes características de qualidade da carne suína que são percebidas pelo consumidor também podem ser alteradas indiretamente pela uso correta do jejum. Esta prática também propicia uma aumento das condições de bem-estar durante o período entre a saída das granjas e o abate no frigorífico.

**Palavras-chave** Suínos - carcaça - carne - qualidade - jejum pré-abate - efeitos

## 1 Introdução

No chamado "peso econômico de abate", isto é, algo entre 105 e 120 quilos, o suíno possui em média 40% de tecido muscular estriado esquelético, o que representa para a indústria processadora um conteúdo entre 42 a 48 quilos de carne magra por animal abatido. Do momento do fim do período de terminação até a chegada ao abate, nada pode ser feito para alterar esta quantidade de carne, mas muito pode e deve ser feito para que não haja alterações na qualidade desta mesma carne. Em condições fisiológicas normais no pós-abate, a carne ou o tecido muscular esquelético do suíno é constituído por 74,4% de água, 2,72% de gordura e 23,29% de proteína (Sutton et al., 1997). Estes constituintes, juntamente com o glicogênio muscular, são determinantes da qualidade final da carne suína e suas concentrações juntamente com a de seus metabólitos, praticamente definem a qualidade desta matéria-prima que vai ser transformada seqüencialmente em produtos de carne suína que em última estância serão oferecidos ao mercado consumidor (Essén-Gustavsson et al., 1992). A fabricação destes diversos produtos passa, podemos assim dizer, por processos

antagônicos, ou seja, há produtos que demandam injeção, cura e cozimento, enquanto outros necessitam de maturação, seja esta longa ou curta.

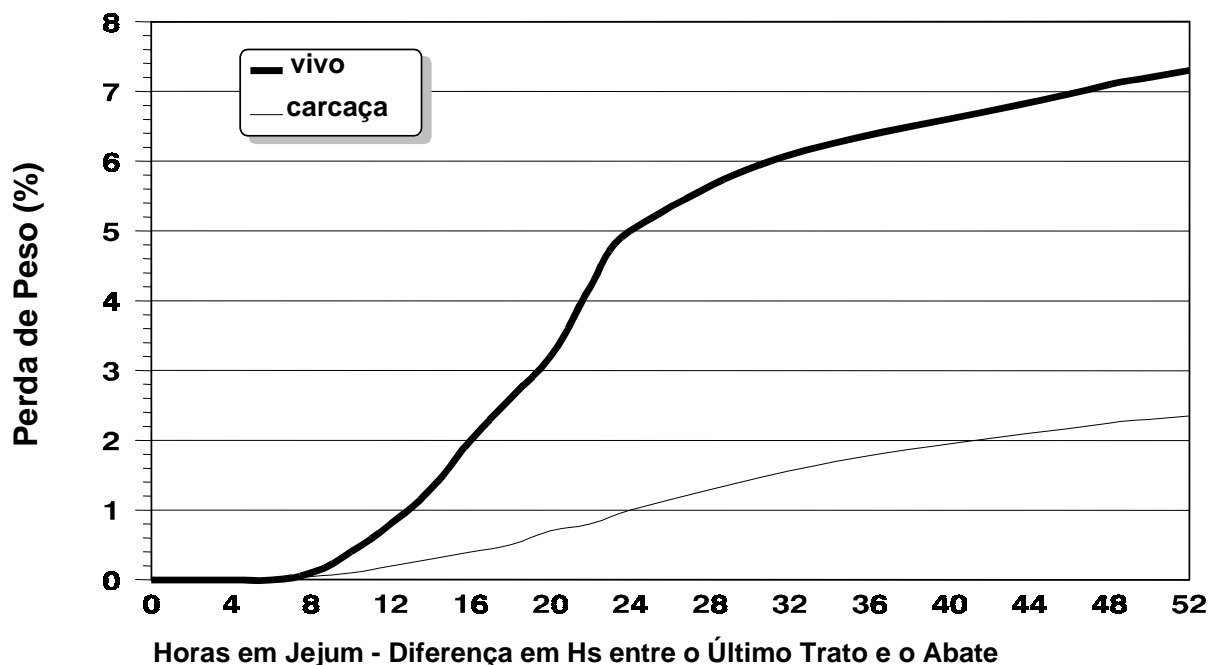
Para se tornar compatível com este amplo espectro fabril, a matéria-prima constituída pela musculatura estriada esquelética do suíno e seus diferentes tipos de fibras (brancas e vermelhas, de contração rápida ou lenta) deve apresentar um "estado fisiológico" que atenda toda esta amplitude de especificações. Neste contexto, o desafio nesta matéria-prima passa a ser diminuir a variabilidade e conseqüentemente aumentar a freqüência dos valores desejados das variáveis que impactam de forma significativa na qualidade final do produto acabado, tais como o pH, a cor e a capacidade de retenção de água. Em se tratando de variáveis biológicas que estão sobre a influência genética (com um ou mais pares de genes envolvidos) e também sobre o efeito de oscilações ambientais (nutrição, stress do período pré-abate, entre outros), mantê-las sobre controle dentro de um ambiente de fábrica não é das tarefas mais fáceis, mesmo em condições rotineiras previamente estabelecidas.

## 2 Alterações corporais quantitativas

Na moderna prática da suinocultura industrial, é imprescindível que haja um período no qual os animais permaneçam sem acesso a alimentos sólidos (basicamente a ração) entre a saída da terminação até antes do abate. Este período é definido como o "jejum pré-abate" e sua importância é determinada por cinco razões: 1) Contribuir para a presença do bem-estar durante o carregamento nas granjas, o transporte e o descarregamento nos abatedouros, fundamentalmente influenciando na redução da mortalidade durante este percurso; 2) Facilitar o processo de evisceração na linha de abate, diminuindo também possíveis condenações de carcaças devido a contaminação por conteúdo gastro-intestinal; 3) Contribuir para a diminuição da quantidade de dejetos que chega na indústria; 4) Contribuir na padronização do peso vivo e conseqüentemente no rendimento de carcaça, principalmente em situações aonde os produtores são remunerados em um sistema de pagamento por mérito de carcaça e 5) Contribuir na uniformização da qualidade da carne contida nas carcaças, principalmente através da manipulação da concentração do glicogênio muscular no momento do abate (definido como o momento da sangria) (Tarrant, 1991; Guise et al., 1995; Murray, 2000).

A ração constituída de grãos que é oferecida aos suínos atinge a parte de absorção do intestino delgado entre 4 à 8 horas após a ingestão. A maioria dos nutrientes é absorvida no sangue passadas 9 horas da ingestão (Warriss, 1985; 1994; 2000). Uma das conseqüências disto é que ração fornecida até 10 horas antes do abate não é convertida em ganho de peso de carcaça, sendo assim desperdiçada, do ponto de vista do processamento. Nas primeiras 24 horas em jejum, o suíno perde 5% do seu peso corporal a uma taxa aproximada de 0,2% por hora, ou ainda 50,5g/kg com uma média = 0,25kg/hora. Com 48 horas em jejum, esta perda aumenta para 7,1% ou ainda 71,0g/kg com uma média = 0,11kg/hora. No primeiro caso, a perda de peso de carcaça acontece a um ritmo de 10,4g/kg ou aproximadamente 1,04% ou ainda 0,12kg/hora. Aumentando-se o período em jejum para 48 horas, a perda de carcaça já é da ordem de 21,9g/kg (2,2%) ou ainda 0,09kg/hora (Moss, 1980; Warriss et al., 1983; Murray & Jones, 1992, 1994; Beattie et al., 1999). Desta maneira, um suíno

abatido com 100kg de PV perde 5kg após jejum de 24 horas, e 7,1kg após 48 horas. Assim sendo, com 24 horas em jejum, a perda de carcaça representa 20% da perda de PV e com 48 horas, perda de carcaça representa 31% da perda de PV (Jones et al., 1985; 1988; Eikelenboom et al., 1991; Murray et al., 1998). O perfil destas perdas está representado pelo gráfico 1.



**Figura 1** — Gráfico 1. Perda de Peso Vivo e de Carcaça em Suínos Terminados ( $\pm 100$  Kg) em Função do Intervalo de Tempo entre o Último Trato e o Abate

Entre 18 e 48 horas em jejum a taxa de perda de peso vivo (PV) é de aproximadamente 0,1% por hora. No período de 24 horas, grande parte da perda de PV é devido ao esvaziamento intestinal - 80% do conteúdo gastro-intestinal é eliminado em 24 horas de alojamento no pré-abate. Com 48 horas de jejum, o conteúdo intestinal é perdido na ordem de 21,1g/kg de conteúdo. Entre 9 e 18 horas em jejum a perda de PV começa a se refletir em perda de peso de carcaça. Isto resulta numa perda de rendimento de carcaça de aproximadamente 1% nas primeiras 24 horas em jejum. O jejum é também causa de perda de peso do fígado: 0,6% por hora (1,1g/kg) em 24 horas, ficando praticamente estabilizado daí em diante - 2,2g/kg em 48 horas. (Warriss, 1985; ; Mayes et al., 1988; Becker et al., 1989)

Com tudo isso é preciso considerar também as perdas de PV durante o transporte da granja até o abatedouro. Calcula-se que num período de 17 horas que inclua transporte + alojamento, o suíno perde aproximadamente 0,28kg/h. Um animal adulto ( $\pm 100$ kg) pode perder em transporte 2,2kg de PV sendo 0,4kg de peso de carcaça em 1 hora ou ainda 3,1kg em 4 horas (Em 6 horas de transporte a carcaça pode perder 1kg). De modo amplo, pode-se considerar que o transporte é responsável por aproximadamente 36% da perda total de PV, enquanto que 22% é devido a outras práticas, principalmente ao alojamento pré-abate. Foi demonstrado também que existe uma significativa correlação positiva entre perda de PV e temperatura ambiente (na faixa de 8 a 24°C) durante o transporte. A perda é também maior em humidades relativas mais baixas (Warriss et al., 1983; Warriss, 1987). Deve-se levar



em consideração que durante o transporte os animais são privados também de água, o que ocasiona uma perda adicional de PV devido a desidratação. Isto acontece porque o tecido muscular é constituído de aproximadamente 75% de água. Contribui ainda para perda de peso de carcaça a perda de proteínas e gorduras (tecidos moles).

### 3 Alterações fisiológicas (músculo, fígado e sangue)

O período no qual os suínos são impedidos de ter acesso a alimentos sólidos, e que se estende desde algumas horas antes do carregamento nos caminhões de transporte dentro das granjas e que termina com o abate (definido como momento da sangria), exerce alterações não só sobre o corpo e a carcaça, mas também sobre indicadores fisiológicos, principalmente na bioquímica do músculo, do sangue e do fígado. Na maioria dos casos, são avaliadas as concentrações plasmáticas e salivares dos chamados "hormônios do stress", como as catecolaminas, o cortisol e as beta-endorfinas (Odink et al, 1992; Shaw & Tume, 1992; Shaw et al., 1995). O período de jejum pré-abate nos suínos também influencia o equilíbrio ácido-base sangüíneo, com destaque para a hipercapnia (aumento do CO<sub>2</sub>) concomitante com uma hipocalemia (diminuição do Ca<sup>++</sup>) em 24 horas de jejum (Schaefer et al., 1987). Com relação a perda energética tem-se que a concentração média de glicogênio hepático em animais alimentados é de 30mg/g. Após 9 horas em jejum esta concentração cai rapidamente sendo mobilizado mais de 50% do glicogênio, e após 18 horas de jejum, esta concentração é quase desprezível. Já foi demonstrado que 12% do peso do fígado é perdido durante 24 horas em jejum. Acrescente-se a isso uma perda de 7% do peso do fígado com mais 24 horas em jejum. O jejum tem um efeito menor na depleção do glicogênio muscular quando comparado ao hepático; aonde um jejum de 24 horas ocasiona uma perda aproximada de 20% do glicogênio no músculo (Jones et al., 1988, 1994; Warriss, 1989).

Alterações musculares são freqüentemente avaliadas com medições da concentração de enzimas como a creatina-kinase a lactato-dehidrogenase. Entretanto, estas medidas explicam pouco as variações encontradas a nível de desvios de qualidade muscular com impacto na industrialização da carne, principalmente em se tratando da formação da carne Pálida, Mole e Exudativa - PSE (Honkavaara, 1989a,b). Neste aspecto, as medidas mais precisas e de melhores resultados são as da concentração do glicogênio muscular, ou melhor ainda, a medida do Potencial Glicolítico, que é a soma de todos os componentes musculares que podem ser convertidos para lactato (Fernandez et al., 1992a,b). O pH final (pH<sub>u</sub>) possui significativas correlações com importantes características de qualidade da carne suína, tais como a cor e capacidade de retenção de água. Conseqüentemente, a variação do glicogênio muscular pode influenciar significativamente a qualidade final da carne, no pós-abate (Warriss, 1987; Fernandez, 1991; Ahn et al., 1992; Hocquette et al., 1998; Morrow et al., 1999). Ao mesmo tempo, o pH<sub>u</sub> foi demonstrado possuir um alto valor econômico dentre todas as características de qualidade da carne suína possíveis de serem avaliadas dentro de uma rotina na linha de desossa (Hovenier et al., 1993).

Outro importante efeito recentemente demonstrado pela correta prática do jejum pré-abate, foi a significativa diminuição de *Salmonella* em amostras de ceco de suínos que permaneceram em jejum por 24 horas. Ao mesmo tempo, foi verificado uma

diminuição na frequência de úlceras gástricas e lacerações intestinais neste mesmo período de jejum (Morrow et al., 1999).

## 4 Alterações musculares qualitativas

A influência do tempo em jejum na qualidade final da carne suína, assim como sua interação com os três genótipos da sensibilidade ao stress, já foi demonstrada em inúmeras situações (Murray & Jones, 1992, 1994; Warriss, 1987; Warriss et al., 1990); e o efeito da concentração do glicogênio muscular na qualidade da carne está sumarizado na Figura 1. Através do pH<sub>u</sub>, tanto a suculência como a maciez da carne também podem ser alteradas, e mais uma vez, estas alterações tem início no metabolismo glicolítico muscular. Desta forma, sendo o jejum pré-abate uma importante ferramenta para alterar a concentração do glicogênio, este mesmo jejum torna-se também uma ferramenta para alterar características percebidas pelos consumidor, tais como maciez e suculência. Um exemplo prático do que foi descrito anteriormente pode ser observado na Tabela 1; aonde um grupo de 150 suínos terminados de uma mesma origem (mesmo criador, mesma granja, mesmas instalações) foi dividido em 3 sub-grupos com 50 animais cada. Cada sub-grupo foi submetido a três distintos períodos de tempo em jejum, ou seja, 12, 18 e 24 horas, respectivamente. Os resultados demonstram os efeitos dos tratamentos no valores do pH inicial (pH<sub>1</sub>), no conteúdo gástrico, pH<sub>u</sub> e na perda por gotejamento. Estes resultados confirmam a utilidade da variação do tempo em jejum como ferramenta manipuladora da qualidade final da carne suína em situações de rotina comercial.

**Tabela 1** — Medianas ± Erro Padrão das variáveis mensuradas nas carcaças e no pernil (*m. biceps femoris*)

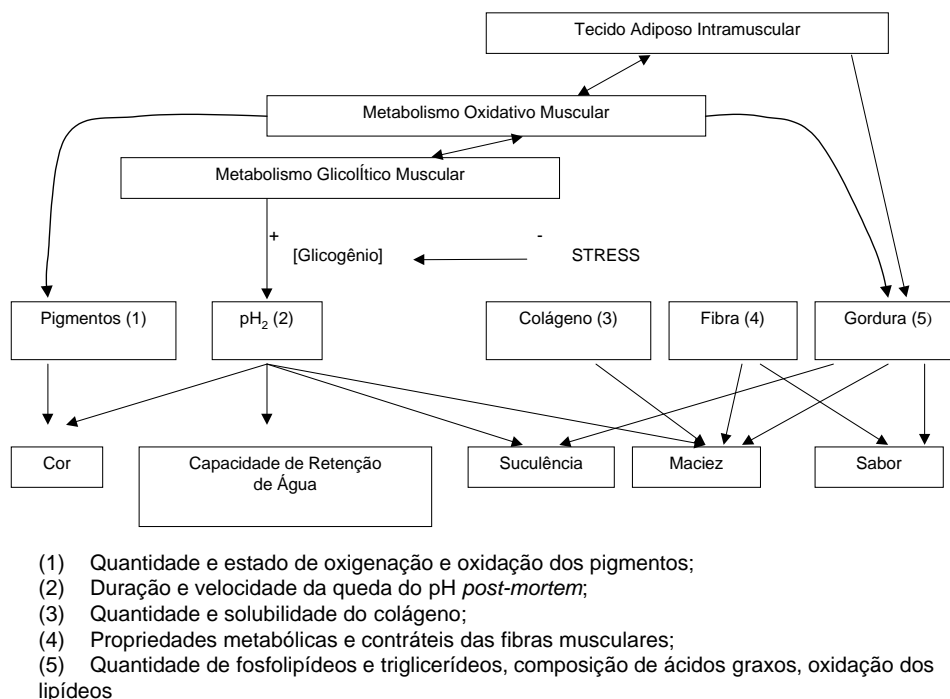
Tratamento (Hs em Jejum)	pH <sub>1</sub>	Cont. Estom. (g)	pH <sub>u</sub>	Cor Int. <sup>1</sup>	Cor Sup. <sup>2</sup>	Perda Gotej. (%)
12 horas (n=26) <sup>3</sup>	5,86 <sup>a</sup>	440 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	49,0 <sup>a</sup>	88,90 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>
	±0,0639	±50,2	± 0,0267	± 2,08	± 1,17	± 0,340
18 horas (n=18) <sup>3</sup>	5,93 <sup>ab</sup>	250 <sup>ab</sup>	5,74 <sup>ab</sup>	50,0 <sup>a</sup>	86,85 <sup>a</sup>	4,25 <sup>ab</sup>
	±0,0521	±32,5	±0,0366	± 3,08	± 1,65	± 0,508
24 horas (n=20) <sup>3</sup>	6,08 <sup>b</sup>	190 <sup>b</sup>	5,83 <sup>b</sup>	43,5 <sup>a</sup>	89,25 <sup>a</sup>	3,55 <sup>b</sup>
	±0,0574	±26,8	± 0,0309	± 2,41	± 1,07	± 0,460
Valores ideais	> 5,9	< 300 g	> 5,7	< 60	> 85	< 4,5

<sup>a,b</sup> dentro da mesma coluna, valores com diferentes sobrescritos diferem significativamente ao mínimo de p < 0,05.

<sup>1</sup> valores de dispersão da luz: variam de 0 a 100. Quanto maior, mais clara está a carne.

<sup>2</sup> valores de reflexão da luz: variam de 0 a 100. Quanto maior, mais escura está a carne.

<sup>3</sup> em cada lote de 50 suínos, uma parcela foi escolhida aleatoriamente para as medições dentro do frigorífico.



**Figura 2** — Figura 1. Influência do metabolismo energético muscular incluindo tecido adiposo intramuscular nas qualidades organolépticas da carne. + e - indicam relações positivas ou negativas, respectivamente (Hocquette et al, 1998).

## 5 Referências Bibliográficas

- AHN, D. U., PATIENCE, J. F., FORTIN, A. & McCURDY, A. (1992) The influence of pre-slaughter oral loading of acid or base on post-mortem changes in Longissimus Dorsi muscle of pork. *Meat Science*. 32: 65-79.
- BEATTIE, V. E., WEATHERUP, R. N. & MOSS, B. W. (1999) The effect of feed restriction prior to slaughter on performance and meat quality of pigs. *Proceedings of Animal Science*, p.11.
- BECKER, B. A., MAYES, H. F., HAHN, G. L., NIENABER, J. A., JESSE, G. W., ANDERSON, M. E., HEYMANN, H. & HEDRICK, H. B. (1989) Effect of fasting and transportation on various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs. *Journal of Animal Science*. 67: 334-341.
- EIKELBOOM, G., BOLINK, A. H. & SYBESMA, W. (1991) Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Science*. 29: 25-30.
- ESSÉN-GUSTAVSSON, B., KARLSTRÖM, K. & LUNDSTRÖM, K. (1992) Muscle fibre characteristics and metabolic response at slaughter in pigs of different halothane genotypes and their relation to meat quality. *Meat Science*. 31: 1-11.
- FERNANDEZ, X. (1991) A review of the causes of variation in muscle glycogen content and ultimate pH in pigs. *Journal of Muscle Foods*. 2: 209-235.
- FERNANDEZ, X., FORSLID, A., MÅGÅRD, M., MÖLLER, B. M. & TORNBERG, E. (1992a) Effect of time between adrenaline injection and slaughter on the rate and extent of post-mortem metabolism in porcine skeletal muscle. *Meat Science*. 31: 287-298.

- FERNANDEZ, X., MÅGÅRD, M. & TORNBERG, E. (1992b) The variation in pig muscle glycolytic potencial during lairage - An in-vivo study. *Meat Science*. 32: 81-91.
- GUISE, H. J., PENNY, R. H. C., BAYNES, P. J., ABBOTT, T. A., HUNTER, E. J. & JOHNSTON, A. M. (1995) Abattoir observations of the weights of stomachs and their contents in pigs slaughtered at known times after their last feed. *British Veterinary Journal*. 151: 659-670.
- HOCQUETTE, J. F., ORTIGUES-MARTY, I., PETHICK, D., HERPIN, P. & FERNANDEZ, X. (1998) Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livestock Production Science*. 56: 115-143.
- HONKAVAARA, M. (1989a) Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork. *Journal of Agricultural Science in Finland*. 61: 425-432.
- HONKAVAARA, M. (1989b) Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *Journal of Agricultural Science in Finland*. 61: 415-423.
- HOVENIER, R., BRASCAMP, E. W., KANIS, E., VAN DER WERF, J. H. J. & WASSENBERG, A. P. A. M. (1993) Economic values of optimum traits: The example of meat quality in pigs. *Journal of Animal Science*. 71: 1429-1433.
- JONES, S. D. M., MURRAY, A. C., SATHER, A. P. & ROBERTSON, W. M. (1988) Body proportions and carcass composition of pigs with known genotypes for stress susceptibility fasted for different periods of time prior to slaughter. *Canadian Journal of Animal Science*. 68:139-149.
- JONES, S. D. M., ROMPALA, R. E & HAWORTH, C. R. (1985) Effects of fasting and water restriction on carcass shrink and pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*. 65:613-618.
- MAYES, H. F., HAHN, G. L., NIENABER, J. A., JESSE, G. W., ANDERSON, M. E., BECKER, A., HEYMANN, H., BRYAN, R. & HEDRICK, H. B. (1988) Effect of pre-slaughter fast and transportation of pigs on weight loss and meat quality. *Proceedings of the 34th International Congress of Meat Science and Technology*. Edited by C. S. Chandler & R. F. Thornton. Brisbane, Australia. pp 145-146.
- MORROW, M., SEE, T., EISEMANN, J., DAVIES, P. & ZERING, K. (1999) The effect of feed withdrawal on pork quality and the prevalence of salmonella and gastric ulcers at slaughter. National Pork Producers Council Report. [www.nppc.org](http://www.nppc.org)
- MOSS, B. W. (1980) The effects of mixing, transport and duration of lairage on carcass characteristics in commercial bacon weight pigs. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 31:308-315.
- MURRAY, A. C. & JONES, S. D. M. (1992) The effect of mixing, fasting and genotype on carcass shrinkage and pork quality. *Proceedings of the 38th International Congress of Meat Science and Technology*. Clermont-Ferrand, França. pp. 205-208.
- MURRAY, A. C. & JONES, S. D. M. (1994) The effect of mixing, feed restriction and genotype with respect to stress susceptibility on pork carcass and meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*. 74: 587-594.
- MURRAY, A. C. (2000) Reducing losses from farm gate to packer. *Advances in Pork Production*. 11: 175-180.
- MURRAY, A. C., JONES, S. D. M. & SATHER, A. P. (1989) The effect of pre-slaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Canadian Journal of Animal Science*. 69: 83-91.

- MURRAY, A. C., ROBERTSON, W., NATTRESS, F. M. & FORTIN, A. (1998) Effect of pre-slaughter feed restriction on pig carcass yield and pork quality. *Advances in Pork Production*. 9: abstract 10.
- ODINK, J., ELBERS, A. R. W., SMEETS, J. F. M., VISSER, I. J. R., ALSEMGEEST, P. & WIJNGAARDS, G. (1992) Haematological and clinico-chemical profiles of barrows at the farm and at slaughter. *Meat Science*, 32: 307-310.
- SCHAEFER, A. L., DOORNENBAL, H., TONG, A. K. W., MURRAY, A. C. & SATHER, A. P. Effect of time off-feed on blood acid-base homeostasis in pigs differing in their reaction to halothane. *Canadian Journal of Animal Science*. 67: 427-436.
- SHAW, F. D. & TUME, R.K. (1992) The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurements of plasma constituents : a review of recent work. *Meat Science*, 32: 311-329.
- SHAW, F. D., TROUT, G. R. & MCPHEE, C.P. (1995) Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. *Meat Science*, 39: 237-246.
- SUTTON, D. S., ELLIS, M., LAN, Y., McKEITH, F. K. & WILSON, E. R. (1997) Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. *Meat Science*, 46:173-180.
- TARRANT, P. V. (1991) The last feed before slaughter. *Pig International*. 21:39-41.
- WARRISS, P. D. (1985) Marketing losses caused by fasting and transport during the preslaughter handling of pigs. *Pig News and Information*. 6:155-157.
- WARRISS, P. D. (1987) The effect of time and conditions of transport and lairage on pig meat quality. In: *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Edited by P. V. Tarrant, G. Eikelenboom & G. Monin. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Holanda.
- WARRISS, P. D. (1989) The relationships between glycogen stores and muscle ultimate pH in commercially slaughtered pigs. *British Veterinary Journal*. 145: 378-383.
- WARRISS, P. D. (1994) Antemortem handling of pigs. In: *Principles of Pig Science*, Nottingham University Press, pp. 425-432.
- WARRISS, P. D. (2000) *Meat Science - An Introductory text*. CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.
- WARRISS, P. D., BROWN, S. N., BEVIS, E. A. & KESTIN, S. C. (1990) The influence of pre-slaughter transport and lairage on meat quality in pigs of two genotypes. *Animal Production*. 50:165-172.
- WARRISS, P. D., DUDLEY, C. P. & BROWN, S. N. (1983) Reduction of carcass yield in transported pigs. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 34: 351-356.

# ASPECTOS COMPARATIVOS ENTRE CARNES SEGUNDO A COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS E TEOR DE COLESTEROL

Neura Bragagnolo

Dra em Ciência de Alimentos. Departamento de Ciência de Alimentos  
Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas  
C. P. 6121. 13083-970, Campinas, SP, Brasil,  
neura@fea.unicamp.br, fax: 0 55 19 7887890.

## 1 Introdução

A relação entre dieta e saúde está cada vez mais evidente nos trabalhos realizados sobre o assunto. Com isso, hoje em dia os consumidores têm se mostrado mais preocupados e interessados em saber o que realmente estão consumindo. Criadores de animais, conscientes deste interesse, têm tentado através modificações de dietas fornecidas aos animais e melhoramento genético, oferecer à população carnes que proporcionam dietas mais saudáveis.

Carnes são constituídas, em geral, por 60 a 80% de água e 15 a 25% de proteína, sendo o restante formado principalmente por gorduras, sais, pigmentos e vitaminas. Carnes são alimentos preferidos pela maioria dos consumidores, no entanto, são apontados como alimentos com alto teor de colesterol, gordura e ácidos graxos saturados e baixos níveis de ácidos graxos insaturados.

A doença cardiovascular é a principal causa de morte no Brasil e em muitos países. A incidência desta doença tem sido relacionada com os altos níveis de colesterol sanguíneo (Keys, 1970, Mattson et al., 1972, Kato et al., 1979, Stamler et al., 1986). Para mantê-lo em baixos níveis a American Heart Association (2001) recomenda uma dieta equilibrada, com baixo teor de lipídios, colesterol e ácidos graxos saturados e maior taxa de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados.

O colesterol é uma substância pertencente ao grupo dos lipídios, presente predominantemente no reino animal. Desempenha funções importantes no organismo humano, sendo constituinte normal de todas as células do corpo, chave intermediária na produção de ácidos biliares, precursor de hormônios e participa da síntese da vitamina D<sub>3</sub>. A maior parte do colesterol do organismo humano, aproximadamente 70%, é proveniente da síntese biológica (colesterol endógeno), sendo que apenas 30% é fornecido pela dieta (colesterol exógeno).

Os ácidos graxos saturados são considerados hipercolesterolêmicos e os mais preocupantes, neste sentido, são mirístico (C14:0), láurico (C12:0) e palmítico (C16:0). O ácido esteárico (C18:0) tem função neutra, uma vez que no organismo se transforma imediatamente em ácido oléico (C18:1) (Sinclair, 1993). Os ácidos graxos saturados aumentam o nível de colesterol sanguíneo por reduzirem a atividade do receptor LDL-colesterol e reduzirem o espaço livre de LDL na corrente sanguínea (Grundy e Denke, 1990). Dos ácidos graxos insaturados, merecem atenção os ácidos graxos *trans* oriundos do processamento e da hidrogenação dos óleos e gorduras. São

considerados mais aterogênicos que os saturados, pois além de aumentarem o nível de LDL, diminuem o nível de HDL (Lambertson, 1992). Já os ácidos graxos poliinsaturados naturalmente *cis* são benéficos uma vez reduzem agregações das plaquetas e os triacilgliceróis e, conseqüentemente, o risco de doenças cardíacas (Kinsella et al., 1990).

Desta forma, estudos que investigam os fatores influentes nestes constituintes nos animais são importantes para oferecer a população carnes de baixo teor de gordura saturada e colesterol.

## 2 Métodos analíticos para determinação de colesterol

A análise de alimentos é dispendiosa e complicada, e os métodos variam largamente em custo, exatidão, precisão e complexidade. A validação e revalidação de métodos analíticos são necessários para se obter dados confiáveis.

Numerosos métodos têm sido desenvolvidos ao longo de muitos anos para a determinação de colesterol em alimentos no sentido de se buscar dados precisos e exatos. Os principais métodos analíticos para análise de colesterol podem ser divididos em três grupos: colorimétricos, enzimáticos e cromatográficos. Dos três métodos, o procedimento colorimétrico é o mais barato e tem sido o mais utilizado na determinação de colesterol em carnes (Kritchevsky e Tepper, 1961, Tu et al., 1967, Swize et al., 1992, Prusa e Hughes, 1986, Reitmeier e Prusa, 1987, Morgan et al., 1988, Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1992, 1995). O método enzimático também é menos oneroso, no entanto é pouco utilizado em amostras de carnes (Hutchison et al., 1987). No entanto, métodos colorimétricos e enzimáticos tendem a superestimar o teor de colesterol, pela presença de substâncias interferentes. Os métodos cromatográficos, embora mais caros, são os mais específicos, pois têm a capacidade de separar os interferentes. Muitos trabalhos empregam cromatografia gasosa na análise de colesterol em carnes (Slover et al., 1987; Bohac et al., 1988; Heymann et al., 1990) e atualmente a cromatografia líquida de alta eficiência está sendo utilizada (Arneith e Al-Ahmad, 1991, Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2001a,b,c,d).

Muito se discute sobre a falta de especificidade do método colorimétrico, no entanto, Bohac et al. (1988) realizaram um estudo comparativo em carne suína e bovina entre um método colorimétrico e cromatografia gasosa e não encontraram diferença significativa nos teores de colesterol. Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2001a) também não encontraram diferença significativa nos teores de colesterol de carne suína e bovina obtidos pelo mesmo método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. No entanto, o método colorimétrico requer um controle rigoroso das condições analíticas para assegurar resultados precisos e exatos (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1992).

Independente do método utilizado, a determinação de colesterol envolve as seguintes etapas: (1) extração dos lipídios totais por um solvente orgânico ou mistura de solventes, (2) remoção do solvente, (3) saponificação alcalina dos lipídios, (4) extração da matéria insaponificável, (5) remoção do solvente e (6) quantificação. Os lipídios são extraídos de preferência com a mistura de clorofórmio, metanol e água, segundo Folch et al. (1957) ou Bligh e Dyer (1959), que são procedimentos semelhantes. Atualmente, a tendência é a fazer saponificação direta da amostra

eliminando a primeira etapa. A saponificação direta da amostra é mais rápida, menos trabalhosa e principalmente utiliza um volume menor de solvente, o qual diminuí o custo da análise e o problema do descarte e evita o uso de solventes tóxicos como o clorofórmio e o metanol. Em todas as etapas cuidados especiais devem ser tomados para a obtenção de resultados confiáveis.

### 3 Teores de colesterol em carnes

Valores encontrados na literatura para colesterol em carnes variam largamente. Valores de 30 mg/100g na carne suína crua (Csallany, 1989) a 114 mg/100g na carne bovina crua (Kritchsky e Tepper, 1961) foram relatados. Estas discrepâncias podem ser atribuídas a variação natural das amostras devido a uma série de fatores tais como idade, raça, sistema de alimentação, sexo, localização anatômica, nível de gordura externa e interna, local de criação, sistema de criação, estação do ano e método de cozimento. Entretanto, um exame da literatura sobre determinação de colesterol revela que estas diferenças podem ser geradas, em grande extensão, pelos diferentes procedimentos analíticos utilizados.

Amostras de carne de frango (separada em carne branca, escura e pele), carne suína (bisteca, lombo, pernil e toucinho) e carne bovina (contrafilé, coxão duro, coxão mole, músculo e peito) adquiridas no comércio de Campinas, São Paulo, foram analisadas quanto ao teor de colesterol por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1992, 1995). Estes cortes representam diferentes localizações anatômicas com diferentes graus de gorduras. O método utilizado foi o colorimétrico de Bohac et al. (1989) otimizado e validado no próprio laboratório.

Os resultados obtidos para carne crua (Tabela 1) variaram de 49 mg/100 para a bisteca e lombo a 104 mg/100g para a pele de frango. Os valores de colesterol obtidos para carne suína e toucinho não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) embora o toucinho tenha apresentado um valor ligeiramente maior que os cortes de carne. Dos cortes de carne bovina, o coxão duro também apresentou um maior teor de colesterol, mas não foi significativamente diferente dos demais cortes. No entanto, a carne escura e a pele de frango apresentaram valores significativamente maiores, que a carne branca de frango, carnes bovinas e suínas.

Comparando-se estes dados com os teores de colesterol relatados na Tabela de Composição de Alimentos da USDA (1999) (Tabela 2) observa-se que para a carne de frango, os valores são semelhantes, enquanto para carne suína são ligeiramente maiores e para a carne bovina maiores no filé e menores na alcatra.

Quando as amostras foram analisadas cozidas, foi observado que houve um aumento no teor de colesterol decorrente da perda de água com a consequente concentração dos constituintes. Para avaliar a possibilidade de perda durante o cozimento, foram calculados os teores de colesterol de amostras pareadas, em base seca, para eliminar a influência da água (Tabela 1). Verificou-se uma perda significativa, devido ao tratamento térmico, o qual variou de 8% na carne branca de frango a 19% no lombo suíno.

Os valores de colesterol para carne branca de frango assada encontrados na Tabela de Composição de Alimentos da USDA (1999) (Tabela 2) são maiores que os obtidos por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1992) enquanto para carne escura



**Tabela 1** — Concentração de colesterol (mg/100g) em carnes

Carne	Colesterol (mg/100g)		Perda pelo cozimento (%)
	crua	cozida	
<b>Bovina</b>			
Contrafilé	51 ± 6	66 ± 6	14
Coxão duro	56 ± 6	NR	NR
Coxão mole	50 ± 4	NR	NR
Músculo	52 ± 4	67 ± 4	16
Peito	51 ± 6	NR	NR
<b>Suína</b>			
Bisteca	49 ± 5	97 ± 6	NH
Lombo	49 ± 7	69 ± 12	19
Pernil	50 ± 6	82 ± 8	12
Toucinho	54 ± 6	56 ± 6	NH
<b>Carne de frango</b>			
Carne branca	58 ± 10	75 ± 17	8
Carne escura	80 ± 9	124 ± 20	14
Pele	104 ± 5	139 ± 37	NH

<sup>NR</sup> não realizado;

<sup>NH</sup> não houve perdas.

Referência: Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1992, 1995).

ocorreu o contrário. Em relação as carnes suínas assadas (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 1995), o valor de colesterol no pernil foi semelhante, enquanto para lombo os valores descritos na Tabela de Composição de Alimentos da USDA (1999) são maiores. Nas carnes bovinas, os teores de colesterol em carne cozida, independente do tipo de cozimento são maiores na Tabela de Composição de Alimentos da USDA (1999). Estas variações são devidas, provavelmente, as diferenças na temperatura interna de cozimento, tempo de cozimento, tamanho e formato da amostra e também ao modo de cozimento. No entanto, de acordo com Morgan et al. (1988) e Prusa e Hughes (1986) não foram observadas diferenças no conteúdo de colesterol em carnes bovinas cozidas por vários métodos (assado, microondas, frito em frigideira e refogado). Trabalho realizado pelo INMETRO (2001) com carne de frango, suína e bovina também verificou que não houve diferença significativa no teor de colesterol por diferentes tratamentos térmicos.

**Tabela 2** — Valores de colesterol (mg/100g) em carnes de acordo com a Tabela Composição de Alimentos da USDA (1999)

Carne	Crua	Grelhada	Assado na panela	Assada no forno	Frita	Ensopada
Carne de frango						
Carne branca	58	-	-	93	96	88
Carne escura	80	-	-	85	90	77
Carne suína						
Lombo	63	80	80	-	-	-
Pernil	68	-	-	94	-	-
Carne bovina						
Alcatra	38	80	-	-	-	-
Filé	71	86	-	86	-	-

Considerando que um dos fatores que pode influir o teor de colesterol é a raça, foi realizado um trabalho em Longissimus dorsi cru e grelhado das raças bovinas Nelore (*Bos indicus*), Canchin (cruzamento de 3/8 Nelore x 5/8 Charcelais) e Beefalo (cruzamento de 3/8 híbrido Beefalo x 5/8 Nelore) (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2001c). Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no teor de colesterol entre as raças estudadas.

Outro fator que pode influenciar os níveis de colesterol em animais é a idade. Suínos com 15, 21 e 110 dias resultantes do cruzamento (Hampshire com Landrace x Large White) e Camborough 15 (Duroc Pic com Landrace Pic x Large White Pic) foram analisados. Observou-se que o teor de colesterol da carne diminuiu com o aumento da idade dos animais (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2001b).

Foi verificado também que a inclusão da gordura externa em lombo (amostras pareadas de lombo com e sem gordura externa) não alterou o conteúdo de colesterol (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2001d).

Em termos de colesterol, portanto, a carne bovina, suína e a carne branca de frango apresentaram valores semelhantes. No entanto, a carne escura e pele de

frango apresentaram valores significativamente maiores. Dos fatores influentes aqui analisados, apenas a idade dos animais influenciou o teor de colesterol. Por outro lado, os níveis de colesterol no sangue não dependem somente do conteúdo de colesterol dos alimentos, mas também do teor de gordura e do balanço de ácidos graxos saturados e insaturados.

## 4 Teores de lipídios totais e ácidos graxos saturados e insaturados

Os teores de lipídios totais variaram de 1,7 g/100g na carne bovina (coxão mole) a 7 g/100g na carne escura de frango (Tabela 3). Observa-se que a carne bovina apresentou valores de lipídios totais menores, semelhante a carne branca de frango e ao lombo. Os cortes de pernil, paleta (suínos) e carne escura de frango apresentaram valores mais elevados. Valores ainda maiores foram encontrados em pele de frango e toucinho. Como esperado, o lombo com gordura externa apresentou valores maiores (13 g/100g) do que retirando-se toda gordura externa (3 g/100g). Em relação à saúde humana, no sentido de reduzir o risco a doenças cardiovasculares, as recomendações nutricionais são de consumir alimentos com baixo teor de gordura. Segundo Food Advisory Committee da Inglaterra (1990) alimentos contendo até 5% de gordura podem ser considerados alimentos com baixo teor de gordura. Os valores para as carnes no presente trabalho, foram obtidos retirando-se toda camada externa de gordura.

Em comparação com os valores encontrados na Tabela de Composição de Alimentos da USDA (1999), os teores de lipídios totais da carne branca e escura de frango, cruas, foram maiores, enquanto para pernil suíno foi semelhante e para lombo suíno e carne bovina foram menores.

A composição de ácidos graxos na carne suína, média dos quatro cortes analisados (paleta, pernil, lombo e toucinho) foi,  $40 \pm 2$ ,  $44 \pm 2$  e  $14 \pm 2\%$  para ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente. Na carne bovina, média dos três cortes analisados, foi de  $45 \pm 4$ ,  $40 \pm 4$  e  $7 \pm 4\%$  para ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente (Tabela 4). Na carne de frango os valores médios considerando carne branca, carne escura e pele foram de  $33 \pm 1$ ,  $46 \pm 2$  e  $21 \pm 1\%$  para saturados, monoinsaturados e poliinsaturados, respectivamente.

Comparando-se as três carnes, observamos que a carne bovina apresentou maior teor de ácidos graxos saturados e menor teor de ácidos graxos poliinsaturados enquanto o frango mostrou ter mais ácidos graxos poliinsaturados e menos ácidos graxos saturados que as demais. Em termos de ácidos graxos monoinsaturados as três carnes foram semelhantes. O ácido esteárico, um ácido graxo saturado com 18 carbonos quando presente na dieta, não aumenta o teor de colesterol sanguíneo (Grundy, 1994). Se a quantidade deste ácido for subtraída do total de ácidos graxos saturados da carne de frango, suína e bovina, teremos, 28, 28 e 31%, respectivamente. Isto sugere que a ingestão de carne suína, de frango e bovina pode ter efeito similar no colesterol sanguíneo.

Atualmente é importante considerar a relação  $\omega 6/\omega 3$  dos ácidos graxos. Na carne bovina a razão foi 1,9 (Tabela 5) estando dentro do máximo recomendado pelo British Department of Health, (1994) da Inglaterra. A razão  $\omega 6/\omega 3$  para carne suína e de

**Tabela 3** — Concentração de lipídios totais em carnes cruas

Carne	Lipídios totais (g/100g)
Bovina	
Contrafilé	2,4 ± 0,7
Coxão mole	1,7 ± 0,4
Coxão duro	1,9 ± 0,9
Suína	
Lombo	3,0 ± 1
Pernil	5,0 ± 3
Paleta	5,0 ± 1
Toucinho	83 ± 1
Carne de Frango	
Carne branca	2,7 ± 0,6
Carne Escura	7 ± 1
Pele	56 ± 1

Dados não publicados.

**Tabela 4** — Percentagem de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em carnes

Ácidos graxos (%)	Carne bovina	Carne suína	Carne de frango
Saturados	45 ± 4	40 ± 2	33 ± 1
Monoinsaturados	40 ± 4	44 ± 2	46 ± 2
Poliinsaturados	7 ± 4	14 ± 2	21 ± 1

Dados não publicados.

frango variou de 10 a 21, estando bem acima do máximo recomendado de 4 para a dieta total, implicando a necessidade de compensar esta deficiência com outros componentes da dieta.

A quantidade de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados expressas em mg/100g usando fator de conversão (Holland et al., 1986) pode ser observada na Tabela 5. Como os ácidos graxos foram calculados em mg/100g de carne, é compreensível que os cortes que têm mais gordura apresentem valores maiores de ácidos graxos. Comparando estes resultados (Tabela 5) com os da Tabela de Composição de Alimentos da USDA (1999) nota-se que a carne branca de frango apresentou proporcionalmente menor teor de ácidos graxos saturados e maior de ácidos graxos poliinsaturados. Por outro lado, para carne escura de frango, carne bovina e suína os resultados foram semelhantes.

Em geral, dentre os tratamentos de cozimento, a forma grelhada ou cozida na água resulta em menor teor de gordura e conseqüentemente em menor teor de ácidos graxos (INMETRO, 2001).

**Tabela 5** — Percentagem de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados em carnes

Analito	Carne bovina		Carne suína		Carne de frango	
	Contrafilé	Lombo	Pernil	Branca	Escura	
Lipídios totais (g/100g)	2,4	3,0	5,0	2,7	7,0	
Saturados (g/100g)	0,98	1,09	1,82	0,84	2,18	
Monoinsaturados (g/100g)	0,88	1,20	2,00	1,17	3,04	
Poliinsaturados (g/100g)	0,15	0,38	0,64	0,54	1,39	
$\omega 6/\omega 3$	1,9	21	12	14	10	

Dados não publicados.

Considerando o fator raça bovina, a raça Beefalo apresentou um valor ligeiramente menor, mas não significativo, de lipídios totais, tanto para carne grelhada como para carne crua. O total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados foram semelhantes entre as raças e entre os tratamentos, cru e grelhado. Em todas as raças e em amostras cruas e grelhadas, os ácidos graxos saturados foram sempre menores que 50% e os poliinsaturados variaram de 8 a 11%. O teor de lipídios das carnes cruas e grelhadas das três raças variou de 2,1 a 4,0 g/100g.

Em relação à idade de suínos, o teor de lipídios diminuiu ligeiramente com a idade na carne, mas aumentaram substancialmente no toucinho. A porcentagem de ácidos graxos saturados foi mantida com a idade, mas o total de ácidos graxos monoinsaturados foi ligeiramente maior e o de poliinsaturados menores na carne de animais com 110 dias. No toucinho o total de ácidos graxos saturados aumentou enquanto o total de ácidos poliinsaturados decresceu ligeiramente com a idade (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2001b).

O efeito da retirada da gordura externa no lombo foi significativo apenas na porcentagem de ácidos graxos poliinsaturados, observando-se menor valor no lombo com gordura externa (Bragagnolo e Rodriguez-Amaya, 2001d).

De acordo com American Heart Association (2001) a quantidade de ácidos graxos saturados recomendado para uma dieta de 2500 calorias deve ficar entre 19 a 28 g/dia.

Verifica-se pela Tabela 5 que qualquer uma das carnes apresentam valores menores. O consumo com moderação é permitido, sem ultrapassar o valor máximo de 28 g de gordura/dia na dieta total. Cabe ainda lembrar que ao consumir, toda gordura externa deve ser retirada, diminuindo assim a ingestão de gordura.

## 5 Referências Bibliográficas

- AMERICAN HEART ASSOCIATION. Dietary Guidelines for Health American Adults. ([http://www.americanheart.org/Heart\\_and\\_Stroke\\_A\\_Z\\_Guide/dietg.html](http://www.americanheart.org/Heart_and_Stroke_A_Z_Guide/dietg.html)), 2001.
- ARNETH, W., AL-AHMAD, H. Cholesterol und seine ester in fleisch - Analytik und Gehalte Mitteilungsblatt, 112: 201, 1991.
- BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal Biochemistry, 37: 911, 1959.
- BOHAC, C. E., RHEE, K. S. Influence of animal diet and muscle location on cholesterol content of beef and pork muscles. Meat Science, 23: 71, 1988.
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne de frango. Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de. São Paulo, 28: 122, 1992.
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 15: 11, 1995.
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Determinação de colesterol em carnes: comparação de um método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. Revista do Instituto Adolfo Lutz, 60: 53, 2001a.
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Simultaneous determination of total lipid, cholesterol and fatty acids in meat and backfat of suckling and adult pigs. Food Chemistry (enviado em julho de 2001b).
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Influence of beef cattle breed and grilling on the total lipid, cholesterol and fatty acid composition. Archivos Latinoamericanos de Nutricion (enviado em julho de 2001c).
- BRAGAGNOLO, N., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. Ciência e Tecnologia de Alimentos (aceito para publicação 2001d)
- BROWN, M. S., KOVANEN, P. T., GOLDSTEIN, L. Regulation of plasma cholesterol by lipoprotein receptores. Science, 212: 628, 1981.
- CSALLANY, A. S., KINDOM. S. E., ADDIS, P. B., LEE, J. HPLC method for quantitation of cholesterol and four of its major oxidation products in muscle and liver tissues. Lipids, 24: 645, 1989.
- DEPARTMENT OF HEALTH. Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease. Report on Health and Social Subjects no 46. HMSO, London, 1994.
- FOLCH, J., LEES, M., STANLEY, G. H. S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. The Journal of Biological Chemistry, 226: 497, 1957.
- FOOD ADVISORY COMMITTEE. Report on review of food labelling and advertising. London, 1990.
- GRUNDY, S. M. Influence of stearic acid on cholesterol metabolism relative to other long chain fatty acids, American Journal Nutrition, 60: 986S, 1994.
- GRUNDY, S. M., DENKE, M. A. Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. Journal Lipid Reserch, 31: 1149, 1990.

- HEYMANN, H., HEDRICK, H. B., KARRASCH, M. A., EGGEMAN, M. K., ELLER-SIECK, M. R. Sensory and chemical characteristics of fresh pork roasts cooked to different endpoint temperatures. *Journal of Food Science*, 55: 613, 1990.
- HOLLAND, B., WELCH A. A., UNWIN, I. D., BUSS, D. H., PAUL, A. A., Southgate, D. A. T. McCance and Widdowson's. *The Composition of Foods*. Cambridge, UK, p. 8-9, 1986.
- HUTCHISON, G. I., GREENFIELD, H., WILLS, R. B. H. Composition of Australian foods. 35. pork. *Food Technology Australia*, 39: 216, 1987.
- KEYS, A. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*, 41:1, 1970.
- KATO, H., TILLOTSON, J. NICHAMAN, M., RHOADS, G., HAMILTON, H. Epidemiological studies of coronary heart disease and stroke of Japanese men living in Japan, Hawaii and California. *American Journal Epidemiology*, 97: 373, 1973.
- KINSELLA, J. E., LOKESH, B., STONE, R. A. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *American Journal Clinical Nutrition*, 52: 1, 1990.
- KRITCHEVSKY, D., TEPPER, S. A. (1961). The free and ester sterol content of various foodstuffs. *Journal Nutrition*, 74: 441, 1961.
- INMETRO. <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/teorGordura>
- LAMBERTSON, G. Trans fatty acids topic for lipidforum. *American Oil Chemists' Society*, 3: 196, 1992.
- MATTSON, F. H., ERICKSON, B. A., KLIGMAN, A. M. Effect of dietary cholesterol on serum cholesterol in man. *American Journal Clinical Nutrition*, 25: 589, 1972.
- MORGAN, J. B., CALKINS, C. R., MANDIGO, R. W. Effect of trim level, cooking method, and chop type on lipid retention, caloric content, and cholesterol level in cooked pork. *Journal Food Science*, 53: 1602, 1988.
- PRUSA, K. J., HUGHES, K. V. Cholesterol and selected attributes of pork tenderloin steaks heated by conventional, convection and microwave ovens to two internal endpoint temperatures. *Journal Food Science*, 51: 1139, 1986.
- REITMEIER, C. A., PRUSA, K. J. Cholesterol content and sensory analysis of ground pork as influenced by fat level and heating. *Journal Food Science*, 52: 916, 1987.
- SEUS, I. The nutritional value of meat and meat products. A critical look at their constituents as compared with other foods. *Fleischwirtsch*, 70: 1444, 1990.
- SINCLAIR, A. J. Dietary fat and cardiovascular disease: the significance of recent developments for the food industry. *Food Australia*, 45: 226, 1993.
- SLOVER, H. T., THOMPSON, Jr. R. H., DAVIS, C. S., MEROLA, G. V. The lipid composition of raw and cooked fresh pork *Journal of Food Composition and Analysis*, 1: 38, 1987.
- STAMLER, J., WENTWORTH, D., NEATON, J. D. Is relationship between serum cholesterol and risk of premature death from coronary heart disease continuous and graded? Findings in 356 222 primary screenees of the Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT). *JAMA*, 256: 2823, 1986.
- SWIZE, S. S., HARRIS, K. B., SAVELL, J. W., CROSS, H. R. Cholesterol content of lean and fat from beef, pork, and lamb cuts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 5:160, 1992.
- TU, C., POWRIE, W. D., FENEMA, O. Free and esterified cholesterol content of animal muscles and meat products. *Journal of Food Science*, 32: 30, 1967.
- USDA. Nutrient Database for Standard Reference, Release 13, NDB no 10199, 1999.

# QUALIDADE DA CARNE SUÍNA E DIETA DE VITAMINA E

Gilbert M. Weber

Christos Antipatis

Roche Vitamins Ltd., CH-4070 Basel (Suíça)

[gilbert.weber@roche.com](mailto:gilbert.weber@roche.com)

[christos.antipatis@roche.com](mailto:christos.antipatis@roche.com)

## Resumo

A qualidade de carnes é muito afetada pela oxidação de lipídios. Como resultado direto, há uma série de modificações indesejáveis, tal como deterioração da cor, deterioração do sabor, redução da capacidade de retenção de água e oxidação do colesterol podem ocorrer em produtos de carne processados, sejam frescos ou congelados. A vitamina E é um antioxidante biológico lipossolúvel muito potente, encontrado principalmente nas membranas celulares e subcelulares. Quando a vitamina E é adicionada em altas quantidades à dieta alimentar, é encontrada em altas quantidades no tecido animal. Tecidos de suínos possuem alta concentração de PUFA (Ácidos Graxos Poli-Insaturados), e em razão disso a carne de suínos é mais sujeita à oxidação. Com um suplemento apropriado de vitamina E adicionado à dieta alimentar, se obtém um controle efetivo da oxidação de lipídios e excelente palatabilidade (maciez, sabor, suculência). Há grande interesse nisto principalmente em razão da carne processada, como as carnes moídas e cozidas. Estratégias apropriadas de alimentação que levem em conta a duração e o nível do suplemento de vitamina E são essenciais para que se atinja as demandas dos consumidores para carnes de alta qualidade com características mais saudáveis com relação a ácidos graxos.

## 1 Introdução

Nos últimos anos, tem aumentado a consciência da importância da carne na alimentação para a saúde humana. A carne é uma rica fonte de nutrientes essenciais, e traz uma importante contribuição para a obtenção de uma alimentação balanceada. Carnes magras contêm 75% de água, 22% de proteína de alta qualidade, 2% de gordura e 1% de minerais e vitaminas.

Além do seu valor nutritivo, a carne tem outros atributos importantes, incluindo suas atraentes propriedades sensoriais. As três propriedades sensoriais pelas quais consumidores julgam a qualidade de carne mais prontamente são aparência, textura e sabor, o último sendo composto de dois fatores distintos - sabor e odor (Liu et al., 1995). No supermercado, consumidores discriminam com relação a cortes de carne que perderam a aparência fresca. Em razão disso, a carne pálida geralmente tem que ser moída ou vendida a um preço reduzido (Weber, 1998).

As tendências modernas com relação à utilização de comidas práticas e pré-prontas resultaram num aumento da produção de produtos de carne pré-cozidos, processados e reestruturados. Entretanto, estes alimentos são altamente suscetíveis à oxidação lipídica e à deterioração do sabor, trazendo novos desafios a frigoríficos,



distribuidores e cientistas. Atualmente, em geral se aceita que, com exceção da deterioração bacteriana, a oxidação de lipídios é o processo primário em que ocorre a deterioração da qualidade dos alimentos de carne de músculo (Buckley et al., 1995).

A vitamina E é o antioxidante lipossolúvel mais importante em sistemas biológicos capaz de interromper a cadeia da oxidação lipídica nas membranas celulares. Quando suplementada ao animal através de sua alimentação, a vitamina E é depositada nas membranas celulares e nas frações subcelulares dos tecidos muscular e adiposo. Ela previne a formação de hidroperóxidos lipídicos, produtos de degradação que causam a deterioração do odor e do sabor, o que é associado com rancidez. Nesta revisão, daremos ênfase aos efeitos da adição de vitamina E na alimentação para a melhoria da qualidade da carne de suínos.

## 2 Oxidação de Lipídios e Qualidade da Carne

### 2.1 Mecanismo

A oxidação de lipídios é um processo autocatalítico que ocorre em alimentos e membranas biológicas, resultando numa deterioração significativa da qualidade da carne. A rancidez oxidativa inicia logo após a morte, quando o fluxo de sangue pára e os processos metabólicos são interrompidos. O processo é favorecido por uma série de fatores, sendo os mais importantes relacionados à presença de PUFA no músculo, que servem como um substrato para o processo de oxidação.

Os principais catalizadores da oxidação de lipídios são componentes altamente reativos conhecidos como radicais livres. Um radical livre é uma entidade química que contém um ou mais elétrons não-pareados. Espécies importantes de radicais livres incluem derivados do oxigênio, como o ânion superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ), o radical hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ), o átomo único de oxigênio ( $1O_2$ ) e o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Radicais livres são produtos normais do processo metabólico e também desempenham papéis benéficos no corpo, incluindo a proteção contra infecções por bactérias e parasitas. Infelizmente, radicais livres não são capazes de discriminação, e também atacam as membranas celulares de PUFA, outras estruturas celulares e DNA, se o sistema de defesa antioxidante natural não for capaz de dar conta do excesso de radicais livres.

Outros fatores que promovem a oxidação de lipídios incluem componentes metabólicos tais como mioglobina, hemoglobina, citocromos e metais de transição (ferro, por exemplo), os quais são liberados durante a maturação da carne. O rompimento da integridade das membranas musculares (como na desossa mecânica, na trituração ou moagem, na reestruturação ou no cozimento, por exemplo) também acelera a oxidação de lipídios (Buckley et al., 1995).

A oxidação de lipídios começa com uma fase de iniciação na qual o iniciador, um radical livre ou um metal de transição, media a produção de radicais lipídicos (Tabela 1). Estes radicais lipídicos continuam a gerar radicais de outras moléculas lipídicas durante a fase de propagação. Na fase terminal, os radicais reagem entre si, resultando na formação de hidroperóxidos (Tabela 1). Estas moléculas não- radicais podem causar mais degradação e liberar componentes voláteis de cadeia curta, tais como aldeídos, cetonas e álcoois.

**Tabela 1** — Mecanismo da Oxidação de Lipídios

Iniciação	$RH + \text{iniciador} \Rightarrow R^\circ + H^+$
	$RH + O_2 \Rightarrow ROO^\circ + H^+$
Propagação	$R^\circ + O_2 \Rightarrow ROO^\circ$
	$ROO^\circ + RH \Rightarrow ROOH + R^\circ$
	$ROO^\circ \Rightarrow RO^\circ + OH^-$
Terminação	$ROO^\circ + R^\circ \Rightarrow ROOR$
	$R^\circ + R^\circ \Rightarrow RR$
	$ROO^\circ + ROO^\circ \Rightarrow ROOR + O_2$

(RH = lipídios insaturados,  $R^\circ$  = radical lipídico,  $ROO^\circ$  = radical peroxilipídico, ROOH = hidroperóxido)

As modificações oxidativas que ocorrem nos sistemas lipídicos das carnes são geralmente quantificadas medindo-se os produtos secundários da degradação. Os dados são geralmente expressos em valores de SRAT (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico). Os valores de SRAT são geralmente um bom indicador do grau de deterioração das características organolépticas da carne em resultado da oxidação (Crackel et al., 1988).

## 2.2 Efeitos da Oxidação de Lipídios na Qualidade da Carne

A oxidação de lipídios reduz a qualidade da carne de diversas formas, incluindo deterioração do sabor, oxidação do pigmento muscular, perda de água e oxidação de colesterol.

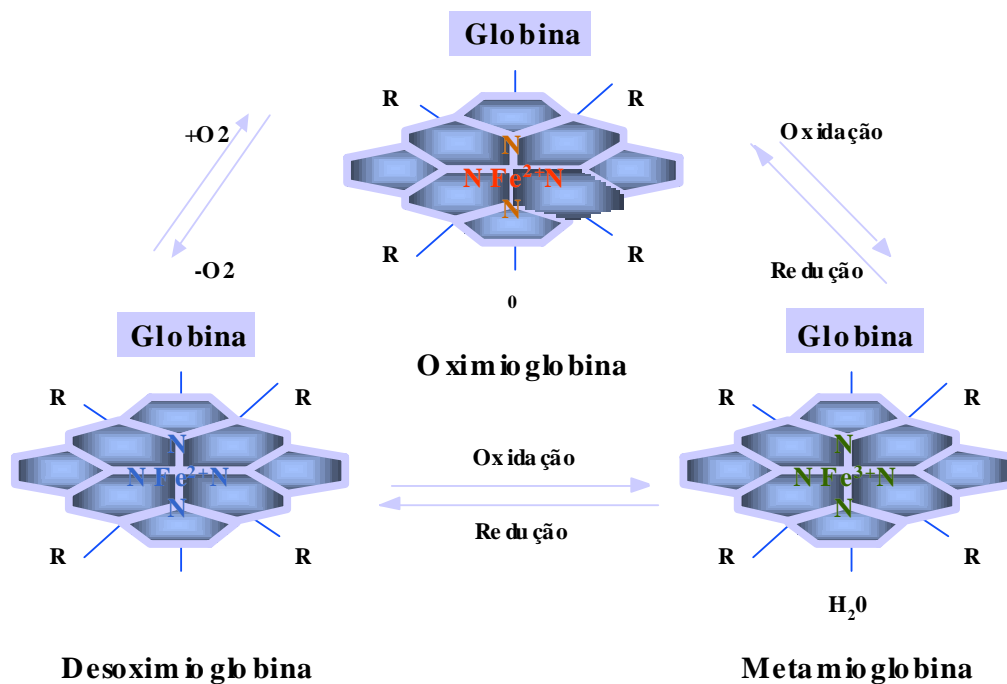
## 2.3 Deterioração do Sabor

Durante a peroxidação, PUFA's são degradados em componentes voláteis de cadeia curta, tais como aldeídos, cetonas, álcoois, ésteres e ácidos, o que gera deterioração do odor e do sabor. A oxidação de lipídios em produtos da carne é aumentada durante o cozimento e armazenamento subseqüentes. Este fenômeno, reconhecido como Sabor ao Aquecimento (*WOF - Warmed-Over Flavor*) é uma grande preocupação para carnes pré-cozidas. O desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, os quais dependem basicamente do grau de insaturação dos componentes da carne, reduz imensamente a aceitabilidade dos consumidores.

## 2.4 Oxidação do Pigmento Muscular

A coloração da carne é o fator principal que afeta a aparência do produto no momento da compra. A coloração da carne suína é influenciada pelo teor de pigmentos, pela forma química do pigmento e pela estrutura da carne, que frequentemente varia entre diferentes raças e músculos (Lindahl et al., 2001). O pigmento

muscular mioglobina pode existir numa forma férrico-oxigenada, como oximioglobina vermelho-intenso ou em uma forma férrico-oxidada, como metamioglobina vermelha com tons marrons (Faustman e Cassens, 1990) (Figura 1). Durante o armazenamento e exposição nas prateleiras de supermercado, a oximioglobina é transformada em metamioglobina por oxidação. Consumidores consideram menos saudável a pouca atrativa coloração marrom.



**Figura 1** — Coloração da Carne e Formas Associadas de Mioglobina (adaptado de Wilson, 1998)

## 2.5 Perda de Água

Ao estabelecer-se o *rigor mortis*, o pH cai, a miosina é desnaturada e a actinmiosina se forma causando uma redução post-mortem de miofibrilas, e conseqüente perda exsudativa da carne. Processos oxidativos podem afetar a habilidade das membranas de funcionar como uma barreira semipermeável, e podem contribuir para a perda de água (Jensen, 1998). A perda de água em carnes de porco frescas tende a aumentar durante o armazenamento refrigerado, e pode causar uma perda de peso no produto que gira entre 8-12% (Monaham et al., 1994, Dirinck et al., 1996). No intuito de atender às demandas futuras do mercado de consumo, o requisito principal identificado pela maioria dos envolvidos no comércio da carne

suína (frigoríficos, distribuidores, supermercados, etc.) na Europa, México, EUA, China, Japão, Polônia e Rússia é diminuir a perda de água e eliminar a PSE (Pale Soft Exsudative - Pálida Mole Exsudativa) (Garnier, 1998).

## 2.6 Oxidação de Colesterol

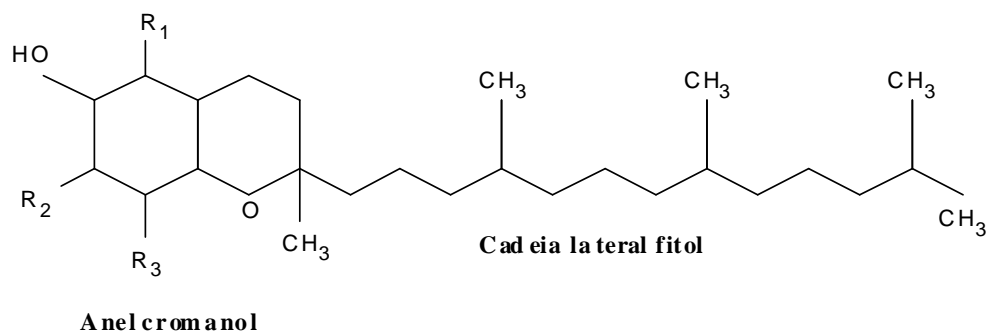
As moléculas de colesterol formam uma parte integral da bicamada lipídica da membrana celular, e estão intimamente associadas com fosfolipídios da membrana. Os produtos da oxidação do colesterol (POCs) são encontrados em um grande número de alimentos, incluindo ovos e seus subprodutos, batatas fritas, biscoitos, laticínios e carnes e seus subprodutos (Maraschiello, 1998). Carnes cruas contêm apenas uma pequena quantidade (1 ppm) de POCs, enquanto que o armazenamento, o cozimento e a irradiação aumentam sua ocorrência. Foram encontrados níveis de até 5 ppm de POCs em carnes cozidas, e a concentração pode alcançar 10 ppm em carnes armazenadas por 4 dias (Engeseth et al., 1993). A oxidação aumentada de colesterol em altas temperaturas e durante o armazenamento é causada pelo aumento da geração de radicais livres derivados da oxidação de PUFA's nas carnes de porco cozidas e armazenadas (Osada et al., 2000). Alguns dos produtos da oxidação foram relatados como sendo geradores de uma variedade de efeitos biológicos adversos, incluindo aterosclerose, citotoxicidade, mutagenese e carcinogenese.

## 3 Vitamina E

A oxidação de lipídios na carne e em seus produtos pode ser efetivamente controlada por antioxidantes naturais e/ou sintéticos, tais como nitrito, BHA e BHT. Entretanto, como os consumidores atuais estão cada vez mais preocupados com a saúde, houve também um aumento da resistência ao uso de antioxidantes sintéticos em alimentos. Existe agora um interesse considerável em substâncias naturais com propriedades antioxidantes, incluindo a vitamina E, a vitamina C, o  $\beta$ -caroteno e uma grande gama de microelementos e peptídeos. A vitamina E, especialmente, quando incorporada à ração de animais e depositada nas membranas, provou ser mais eficiente na prevenção da oxidação de lipídios do que qualquer outro antioxidante (Morrissey, 1994).

### 3.1 Química

Pelo menos oito componentes com atividade de vitamina E foram isolados de óleos vegetais (Figura 2). Estes componentes são  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol and  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocotrienol. Tocoferols e tocotrienóis se diferenciam pela estrutura da cadeia lateral de fitol. A nomenclatura  $\alpha$ -  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$  indica o número e posição dos grupos metil no anel de cromanol da molécula. "Vitamina E" é um termo genérico utilizado para todo o grupo de tocoferóis e tocotrienóis, dado que todos exercem uma atividade biológica similar. Entretanto, a eficácia é baixa para os tocotrienóis, enquanto que tocoferóis, e em particular o  $\alpha$ -tocoferol, são muito mais ativos e valem por praticamente toda a atividade da vitamina E em tecidos vivos.



Composto	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>3</sup>
α-Tocoferol	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>
β-Tocoferol	CH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>
γ-Tocoferol	H	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>
δ-Tocoferol	H	H	CH <sub>3</sub>

Figura 2 — Estrutura Química dos Tocoferóis (Sheehy, 1995)

### 3.2 Metabolismo

A vitamina E incluída na dieta alimentar é absorvida no intestino delgado, onde é incorporada como quilomicra ricos em triglicerídeos e transportada via linfa intestinal para o fígado. Ela é secretada pelas células do fígado para a circulação geral associada a lipoproteínas (LDL, VLDL), e então depositada nas membranas e estruturas subcelulares (mitocôndrias, microsossomos), onde exerce proteção contra a peroxidação dos fosfolipídios.

### 3.3 Localização na Membrana Celular

A vitamina E é um antioxidante lipídico solúvel, que é fisiologicamente depositado nas membranas celulares. O anel de cromanol do α-tocoferol (α-T) localiza-se entre os grupos polares dos fosfolipídios, e a cadeia lateral de fitol interage com os ácidos graxos insaturados em direção ao interior da membrana. Esta localização específica do α-T na membrana e a mobilidade lateral da molécula permitem que ele funcione de forma efetiva para proteger os PUFA oxidáveis da peroxidação por espécies reativas de oxigênio (Liu, 1995).

## 4 Efeitos da Dieta Alimentar com Vitamina E na Carne de Suínos

### 4.1 Efeitos da Dieta Alimentar com Vitamina E na Deposição de $\alpha$ -T no Tecido de Suínos

Níveis elevados de vitamina E na ração aumentam as concentrações de  $\alpha$ -T nos músculos e tecidos adiposos de suínos (Pfalzgraf et al., 1995, Laurisen et al., 1999, Corino et al., 1999, Rey et al., 2001, Phillips et al., 2001, Kerth et al., 2001). Os níveis musculares de  $\alpha$ -T aumentaram aproximadamente 4,3 vezes nos músculos de suínos recebendo ração com suplemento de 200 mg de acetato de  $\alpha$ -tocoferol ( $\alpha$ -TA)/kg quando comparados com suínos que não receberam suplemento de  $\alpha$ -TA (Hoving-Bolink et al., 1998). Uma equação linear entre o consumo de  $\alpha$ TA e a deposição muscular com um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de 0,85 foi descrita por Jensen (1998):

$$Mg\alpha - T/kgm.longissimusdorsi = (-3.0) + 4.0(\log(\alpha - TAsuplementar(mg/kg)))$$

Como com bifes, os níveis de tocoferol nos tecidos dependem da duração da suplementação. Morrissey et al. (1996), por exemplo, demonstraram que os níveis de  $\alpha$ TA no tecido de suínos continuaram a crescer durante um período de suplementação de 126 dias. Um fornecimento de curta duração fornecido aos suínos nos últimos 35 dias do período de terminação com uma dieta suplementar de 200 mg  $\alpha$ TA/kg aumentou os níveis de  $\alpha$ TA muscular em duas vezes mais se comparado a músculos de suínos recebendo um suplemento de 20 mg  $\alpha$ TA. Similarmente, foi observado um aumento duas vezes maior nos níveis de  $\alpha$ TA quando uma dieta de 200 mg  $\alpha$ TA foi administrada nos últimos 42 dias (Ray et al., 2001). Entretanto, amostras de carne de suínos suplementados por 126 dias eram significativamente menos suscetíveis à peroxidação do que músculos de suínos alimentados com o mesmo suplemento por 35 dias (Morrissey et al., 1996). Neste estudo, os níveis mais elevados de  $\alpha$ TA foram observados na gordura renal e subcutânea, seguidos pelo fígado, pulmão, coração, rim, músculos e cérebro, que continham níveis aproximadamente equivalentes. Foi sugerido (Jensen et al., 1990) que as concentrações de  $\alpha$ TA no soro e fígado refletem o status nutricional imediato do animal, enquanto que as concentrações de vitaminas nos tecidos adiposo e esquelético refletem sua história nutricional de longa duração. Entre os músculos, os níveis mais altos de  $\alpha$ TA foram encontrados em músculos oxidativos do ramo torácico, seguido pelos músculos do pescoço e tórax, ramo pélvico e costas (O'Sullivan et al., 1996). Foi demonstrado que fibras musculares vermelhas têm níveis mais altos de  $\alpha$ TA do que fibras brancas (Laurisen et al., 1999).

Além da duração da suplementação, a deposição de vitamina E nos tecidos de suínos depende muito da quantidade, qualidade e tipo da gordura presente na dieta alimentar. Um grande número de fatores relativos à ração, tal como a quantidade de gordura e sua qualidade, bem como o tipo da gordura, também exercem efeito. Músculos de suínos alimentados com um suplemento basal (10mg vitamina E/kg) continham concentrações significativamente mais baixas de vitamina E quando os suínos eram alimentados com 3% de óleo de soja, comparado a 3% de sebo (Mohan

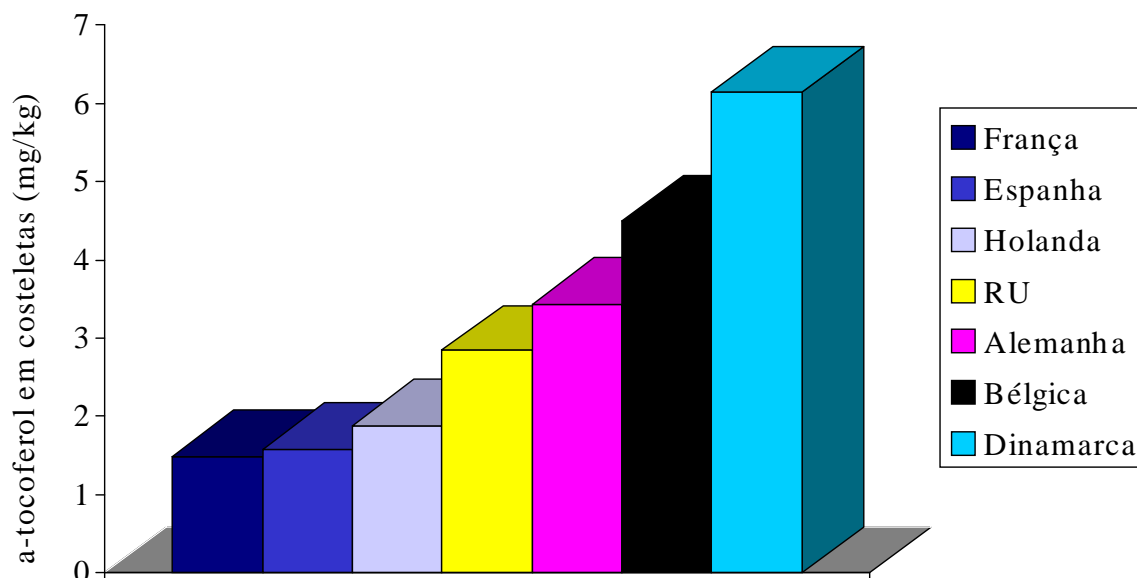
et al., 1992). Quando os suínos receberam um suplemento de 200 mg  $\alpha$ TA /kg por 42 dias durante o período de terminação, os músculos de suínos que receberam 2% de óleo de girassol apresentaram níveis mais altos de  $\alpha$ TA do que aqueles que tiveram 2% de óleo de oliva acrescentado à sua ração (Rey et al., 2001). Entretanto, a absorção de vitamina E não foi afetada pelo tipo de gordura provida quando os suínos foram alimentados com o alto nível de 200 mg  $\alpha$ TA/kg por 126 dias. De acordo com Jensen (1998), isto indica que a absorção de vitamina E pode ser sensível a modificações na composição da ração quando está sendo considerado um baixo nível de fornecimento de vitamina E, mas não quando falamos de níveis como 100 ou 200 mg  $\alpha$ TA.

Jensen (1998) postula que um fornecimento de 100 ppm  $\alpha$ TA /kg na ração é eficaz na redução da oxidação lipídica na carne suína fresca. Com a equação linear proposta, pode-se calcular o valor correspondente para uma concentração ideal de vitamina E de 5 mg  $\alpha$ TA/kg LD em músculos. Com o intuito de verificar como as carnes do varejo se apresentam em relação a este nível ideal, duas pesquisas (Anonymous, 1998) foram conduzidas recentemente para analisar o conteúdo de vitamina E na carne suína europeia. Em uma primeira pesquisa em 1996 os países envolvidos foram França, Espanha, Holanda, Reino Unido, Alemanha, Bélgica e Dinamarca. Neste estudo, 5 amostras de cortes de carne suína fresca (*m. longissimus dorsi*) foram coletadas ao acaso das prateleiras dos supermercados locais mais importantes, sendo então analisado o teor de vitamina E. Foram relatadas diferenças significativas na quantidade média presente de vitamina E na carne originada de diferentes países europeus (Figura 3). Somente a carne da Dinamarca, com 6,1mg  $\alpha$ TA/kg na carne fresca, apresentou níveis acima dos considerados como o ideal requerido para a melhoria da estabilidade da oxidação da carne. Em uma segunda pesquisa, foram analisados 20 cortes de carne suína da Dinamarca, França, Espanha e Holanda. Mais uma vez, a Holanda apresentou os níveis médios mais elevados, enquanto que os cortes da França continham as mais baixas concentrações de vitamina E. A variação entre amostras foi também muito maior entre os cortes vindos da França.

A suplementação de porcos “pesados”, com média de peso entre 120 kg, e mais de 160 kg por ocasião do abate, com 200 ppm de  $\alpha$ TA durante os últimos 60 dias da fase de terminação não é apenas eficaz no aumento dos níveis de  $\alpha$ TA muscular e na redução da oxidação lipídica em carnes de porco frescas, mas também melhora o peso da carcaça aquecida e o rendimento de carcaça (Corino et al., 2001).

## 4.2 Carne suína Crua Refrigerada

A oxidação lipídica da carne de suínos e de seus derivados é reduzida aumentando-se a suplementação de  $\alpha$ TA na ração (Dirinck et al., 1996, Houben et al., 1998 Laurisen et al., 1999, Corino et al., 1999, Rey et al., 2001, Phillips et al., 2001). Cannon et al. (1996) alimentaram porcos com uma dieta alimentar controlada não contendo suplemento de vitamina E, ou com uma dieta alimentar contendo 100 mg  $\alpha$ TA/kg de vitamina E. Os valores de SRAT (uma medida de oxidação lipídica) foram mais baixos para os cortes das carnes dos porcos alimentados com vitamina E do que para as carnes do grupo de controle a 3 e 5 dias da exposição no varejo durante armazenamento a vácuo de até 56 dias. Entretanto, todos os valores SRAT para ambos os grupos de tratamento estavam abaixo do valor limiar para detecção



**Figura 3** — Média da Quantidade de Vitamina E na Carne de Suínos

organoléptica de sabor ao aquecimento (*WOF - Warmed-Over Flavour*). Dirinck et al. (1996) estudaram a qualidade da carne fresca de porco refrigerada a 4°C através de uma análise sensorial (painel sensorial) e verificaram melhores escores sensoriais de sabor fresco, maciez e suculência nos cortes quando os níveis de vitamina E foram aumentados de 60 ppm para 200 ppm. De modo geral, a média da redução da oxidação lipídica nas carnes de porco cruas armazenadas por refrigeração depende dos níveis de vitamina E adicionados à ração e das condições do armazenamento (Tabela 2).

**Tabela 2** — Média da Redução da Oxidação Lipídica de Carnes Suínas Cruas Armazenadas por Refrigeração em Suínos suplementados com 100 ou 200 mg  $\alpha$ TA/kg Comparado a Nível de Suplemento Basal de 0-30 mg  $\alpha$ TA/kg (Jensen, 1998)

t°armaz.	Período exposição	Embalagem	Produto	Vitamina E na dieta	Redução da oxidação lipídica
4-7°C	6-13 d	MAP	Costeletas	100	45%
				200	45-53%
4°C	5-8 d	Ar atmosférico	Costeletas	100	20-76%
				200	20-77%
4°C	6-8 d	Ar atmosférico	Costeletas pré-congel.	100	47-87%
				200	34-88%
4°C	4-8 d	Ar atmosférico	Hamb. cru	100	25-39%
				200	67-77%

Ashgar et al. (1991) verificaram que a suplementação dietética de 200 ppm melhorou a estabilidade da cor de cortes de carne suína após 3 e 6 dias de



armazenamento por refrigeração comparados com cortes de carne suína de animais que receberam suplemento basal (10 mg/kg) ou intermediário (100 mg/kg). O suplemento de vitamina E de 200 contra 4,5 mg melhorou a estabilidade da cor dos ossos e melhorou a estabilidade da cor dos músculos durante a exposição ao ar ou em atmosferas modificadas. O benefício do suplemento na coloração muscular foi detectado apenas no armazenamento com iluminação (Lanari et al., 1995). Vários relatos (Houben et al., 1998, Jensen et al., 1997, Phillips et al., 2001) falharam em demonstrar benefícios do suplemento alimentar de vitamina E na estabilidade da coloração da carne de músculo. Isto talvez possa ser explicado pela baixa quantidade de mioglobina existente na carne suína se comparada a outras carnes vermelhas, como a bovina e a ovina.

Cheah et al. (1995) avaliaram os efeitos do suplemento de  $\alpha$ TA nas características PSE em duas raças de suínos, Landrace e Pietrain, e em dois genótipos, gene positivo para Halotano (nn) e gene negativo (NN). O  $\alpha$ TA foi suplementado a 200 mg/kg para um dos grupos de porcos Pietrain (nn) por 130 dias. Três indicadores de integridade de membrana foram medidos: fragilidade de eritrócitos, atividade de fosfolipase  $A_2$  e liberação de  $Ca^{2+}$ . Altos valores dessas medidas indicam animais do tipo PSE. Os animais positivos para gene Halotano apresentaram valores mais altos de todos os parâmetros, independentemente da raça. Os porcos Pietrain positivos para o gene Halotano que receberam o suplemento  $\alpha$ TA tiveram valores muito similares aos dos porcos normais. Neste experimento o suplemento de vitamina E resultou em porcos Halotano-positivos que exibiram características de porcos Halotano-negativos, o que indicaria que o suplemento de vitamina E poderia ser utilizado para reduzir a incidência de PSE.

Onibi et al. (1998) encontraram um decréscimo altamente significativo ( $p < 0,001$ ) na perda de água no músculo (M. semimenbranoso) após suplementação alimentar de 200 ppm de vitamina E. Entretanto, o fornecimento de 100 mg  $\alpha$ TA foi suficiente para garantir uma perda de água muito pequena em músculos de carne suína frescas (Jensen et al., 1997, Laurisen et al., 1999). Jensen (1998) propõem as seguintes hipóteses para a relação entre vitamina E e perda de água no músculo *post-mortem*:

1. estabilização das membranas através de proteção aumentada contra a oxidação lipídica;
2. estabilização das membranas através de interações físico-químicas;
3. inibição da fosfolipase  $A_2$ ; e
4. redução da ruptura celular e aumento da extensão do sarcômero.

### 4.3 Carne Suína Moída

O processo de moeção da carne favorece a oxidação pelo rompimento da estrutura da carne e incorporação de oxigênio. Dietas ricas em vitamina E podem controlar de forma efetiva a oxidação lipídica em carne crua moída de porco. Isto foi demonstrado (Houben et al., 1998) para carne suína fresca moída e desossada, empacotada ou embrulhada em bandejas com embalagem permeável ao oxigênio ou em MAP PACKS. Com a exposição em MAP PACKS durante 10 dias em prateleiras refrigeradas de

supermercado a temperatura de 7°C, a oxidação lipídica aumentou dez vezes mais na carne moída controle (sem suplemento de vitamina E) em comparação à carne rica em vitamina E (suplemento de 200 ppm de vitamina E). A oxidação lipídica na carne suína moída empacotada em bandejas e embalada com material permeável a oxigênio foi baixa nos dois tratamentos.

#### 4.4 Carne de Suínos Congelada

Durante o armazenamento da carne de suínos em freezers, a oxidação lipídica é o maior problema. Jensen et al. (1998) descobriram que aumentando-se os níveis musculares de  $\alpha$ TA de 1,6 para 2,9 mg, 4,2 mg ou 5,5 mg a oxidação lipídica era reduzida em 39, 56 e 62% respectivamente, o que indica que a oxidação lipídica em carnes congeladas é inversamente proporcional aos níveis musculares de vitamina E. Ashgar et al. (1991) encontraram melhorias na estabilidade da coloração de cortes frescos de carne suína armazenados previamente a -20°C por 4 meses. No geral, a estabilidade da coloração da carne suína congelada foi menor do que a da carne fresca.

#### 4.5 Produtos Cozidos, Pré-Cozidos e Curados de Carne suína

A relativa redução nos valores de SRAT pela ração suplementada com vitamina E em cortes de carne suína pré-cozidas armazenadas por refrigeração e em hambúrguer varia entre 15 e 40% (Jensen, 1998). Phillips et al. (1991) descobriram que um suplemento de 170 ppm de vitamina E por 42 dias reduziu a presença de SRAT em hambúrguer salgado e não salgado após 6 dias de refrigeração e em carnes suínas salgadas após 4 dias de congelamento, em comparação ao hambúrguer de suínos alimentados com nível intermediário de vitamina E (48 ppm), o que indica que a oxidação lipídica foi retardada. Rey et al. (2001) também demonstraram uma redução nos valores de SRAT pela suplementação de vitamina E em cortes de carne suína pré-cozidas e resfriadas nos dias 0, 3, 6 e 9 após o cozimento. Os mesmos autores relataram uma interação entre fontes alimentares de gordura e suplementação de  $\alpha$ TA com os grupos com ração rica em óleo de girassol apresentando níveis mais baixos de SRAT do que os grupos com óleo de oliva.

Após o armazenamento de carnes de porco à temperatura de 4°C por 2 dias, Monahan et al. (1992) observaram níveis reduzidos de produtos de oxidação do colesterol (POC) em carnes cozidas de suínos alimentados com suplemento de  $\alpha$ TA entre 100 ou 200 mg, comparado às carnes de suínos alimentados com suplemento de 10 mg. A suplementação de vitamina E resultou na redução da formação de POC em aproximadamente 35% nos cortes de carne suína pré-cozidos refrigerados 9 dias após o cozimento (Rey et al., 2001). O suplemento alimentar de vitamina E ainda é efetivo após os processos de cura e aquecimento (De Winne e Dirinck, 1997), e os níveis endógenos de vitamina E em presuntos cozidos curados de suínos alimentados com 200 mg  $\alpha$ TA aumentaram 5 vezes mais do que nos presuntos de suínos suplementados com 8 mg  $\alpha$ TA na ração. A oxidação lipídica foi reduzida e a produção de produtos voláteis da oxidação foi menor, o que está em acordo com os escores sensoriais melhorados encontrados em presuntos ricos em vitamina E.

## 4.6 Melhorias das Características dos Ácidos Graxos na Carne de Suínos Através da Alimentação

A carne de suínos é frequentemente condenada por seu alto conteúdo de gordura e colesterol. Entretanto, esta opinião tão difundida não está correta, dado que produtos não processados de carne suína magras contém apenas entre 2-7% de gordura (Honikel e Arneth, 1996). Como os ácidos graxos da dieta são incorporados diretamente ao tecido muscular dos suínos, a composição de ácido graxos da carne é relativamente fácil de ser manipulada. Em razão do desequilíbrio em n-6:n-3 na carne suína, o conceito de melhoria desta razão é de importância particular nesta espécie. Cadeias mais longas C 20:5 e C 22:6 n-3 de PUFA podem ser favorecidas através do fornecimento de óleo de peixe, e a C 18:3 pode ser favorecida alimentando-se os porcos com semente de colza ou linhaça (Wood, 1997, Lauridsen et al., 1999). Com altas concentrações de PUFA, embora o valor nutritivo da carne seja favorecido e a aceitabilidade dos consumidores aumentada, o processo de oxidação que leva à deterioração do odor e do sabor, especialmente nos produtos da carne, é o problema mais grave.

## 5 Conclusões

A oxidação lipídica é o maior contribuinte para a deterioração da qualidade de produtos da carne. Como resultado direto da rancidez oxidativa, uma série de mudanças, tais como a deterioração da cor, deterioração do sabor, redução da capacidade de retenção de água e oxidação de colesterol podem ocorrer em produtos de carne frescos, congelados e processados. A Vitamina E é um antioxidante biológico lipossolúvel muito potente que ocorre principalmente nas membranas celulares e subcelulares. A suplementação alimentar com altos níveis de vitamina E favorece a sua presença no tecido animal e controla de maneira efetiva a oxidação lipídica na carne de suínos.

Devido à alta presença de PUFA no tecido de suínos, a carne destes animais têm tendência à oxidação lipídica. Quando a ração dos suínos é suplementada com níveis adequados de vitamina E, obtém-se uma matéria prima de alta qualidade com uma proteção inerente ideal contra a oxidação lipídica e excelente palatabilidade (maciez, sabor, suculência). Isto é de especial interesse para os produtos industrializados, tal como carne moída e cozida. Estratégias apropriadas de alimentação devem levar em conta a duração e o nível do suplemento de vitamina E fornecido.

Atualmente, consumidores demonstram grande interesse em carnes com características mais saudáveis com relação a ácidos graxos, como resultado de recentes recomendações nutricionais. Carnes que favorecem o consumo de PUFA n-3 saudáveis e/ou ácidos graxos mono-insaturados podem ser produzidas através de estratégias de alimentação apropriadas se uma proteção antioxidante suficiente for proporcionada pela vitamina E. Animais alimentados de acordo com estas recomendações apresentarão resposta imune melhorada e melhor saúde.

## 6 Referências

- ANONYMOUS (1997). Retailers benefit from antioxidant. *Meat International*, 7: 10-12.
- ANONYMOUS (1998). Few take advantage of vitamin E. *Meat International*, 8: 32-34.
- ASGHAR A, LIN CF, GRAY JI, BUCKLEY DJ, BOOREN AM, CRACKEL RL and FLEGAL CJ (1989). Influence of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation of membrane bound lipid stability in broiler meat. *Br Poultry Sci*, 30: 815-823.
- ASGHAR A, GRAY JI, BOOREN AM, GOMAA EA, ABOUZIED MM and MILLER ER (1991). Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of a-tocopherol in the muscle and on pork quality. *J Sci Food Agric*, 57: 31-41.
- BUCKLEY DJ, MORRISSEY PA and GRAY JI (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J Anim Sci*, 73: 3122-3130.
- CANNON JE, MORGAN JB, SCHMIDT GR, TATUM JD, SOFOS JN, SMITH GC, DELMORE RJ and WILLIAMS SN (1996). Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. *J Anim Sci*, 74: 98-105.
- CHEAH KS, CHEAH AM and KRAUSGRILL DI (1995). Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Meat Science*, 39: 255-264.
- CORINO C, ORIANI G, PANTALEO L, PASTORELLI G and SALVATORI G (1999). Influence of dietary vitamin E supplementation on "heavy" pig carcass characteristics, meat quality and vitamin E status. *J Anim Sci Jul* 77:1755-1761.
- CRACKEL RL, GRAY JI, PEARSON AM, BOREN AM and BUCKLEY DJ (1988). Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meats. *Food Chemistry*, 28: 187-196.
- De WINNE A and DIRINCK P (1997). Studies on Vitamin E and Meat Quality. 3. Effect of feeding high vitamin E levels to pigs on the sensory and keeping quality of cooked ham. *J Agric Food Chem*, 45: 4309-4317.
- DIRINCK P, De WINNE A, CASTEELS M and FRIGG M (1996). 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. *J Agric Food Chem*, 44: 65-68.
- FAUSTMAN C and CASSENS RG (1990). The biochemical basis for discolouration in fresh meat: a review. *J Muscle Foods*, 1: 217-243.
- GARNIER J-P (1998). What is 'magic matrix ?' *Pork topics*, 1, Newsletter published by PIC (Pig Improvement Company).
- HONIKEL KO and ARNETH W (1996). Cholesterol content of various meat species and its relation to fat content. In : *Proceedings of the 42nd Annual International Congress of Meat Science and Technology*, pp. 214-215.
- HOUBEN HJ, EIKELENBOOM G and HOVING-BOLINK AH (1998). Effect of the dietary supplementation with vitamin E on colour stability and lipid oxidation in packaged, minced pork. *Meat Science*, 48: 265-273.
- HOVING-BOLINK AH, EIKELENBOOM G, Van DIEPEN JTM, JONGBLOED AW and HOUBEN JH (1998). Effect of dietary supplementation on pork quality. *Meat Science*, 49: 205-212.
- JENSEN M, LINDHOLM A and HAKKARAINEN J (1990). The vitamin E distribution in serum, liver adipose and muscle tissues in the pig during depletion and repletion. *Acta Vet Scan*, 31: 129-136.

- JENSEN C, GUIDERA J, SKOVGAARD IM, STAUN LH, SKIBSTED LH, JENSEN SK, MOLLER AF, BUCKLEY J and BERTELSEN G (1997). Effects of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol deposition in porcine m. psoas major and m. longissimus dorsi and on drip loss, colour stability of pork meat. *Meat Science*, 45: 491-500.
- JENSEN C (1998). Dietary vitamin E and pork meat quality. Ph.D. thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- JENSEN C, SKIBSTED LH and BERTELSEN G (1998). Oxidative stability of frozen stored raw pork chops, chill stored pre-frozen raw pork chops, and frozen stored pre-cooked sausages in relation to dietary CuSO<sub>4</sub>, rape seed oil and vitamin E. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 207: 363-368.
- KERTH CR, CARR MA, RAMSEY CB, BROOKS JC, JOHNSON RC, CANNON JE and MILLER MF (2001). Vitamin-mineral supplementation and accelerated chilling effects on quality of pork from pigs that are monomutant or noncarriers of the halothane gene. *J Anim Sci*, 79:2346-55.
- LANARI MC, SCHAEFER DM, CASSENS RG and SCHELLER KK (1995). Dietary vitamin E supplementation and discolouration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. *Meat Science*, 41: 337-350.
- LAURIDSEN C, NIELSEN JH, HENCKEL P and SORENSEN MT (1999). Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. *J Anim Sci*, 77:105-115.
- LINDAHL G, LUNDSTROM K and TORNBERG E (2001). Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science* 59:141-151.
- MONAHAN FJ, GRAY JI, BOOREN AM, MILLER ER, BUCKLEY DJ, MORRISSEY PA and GOMAA EA (1992). Influence of dietary treatment on lipid and cholesterol oxidation in pork. *J Agric Food Chem*, 40: 1310-1315.
- MONAHAN FJ, GRAY JI, ASGHAR A, HAUG A, STRASBURG GM, BUCKLEY DJ and MORRISSEY PA (1994). Influence of diet on lipid oxidation and membrane structure in porcine muscle microsomes. *J Agric Food Chem*, 42: 59-63.
- MORRISSEY P (1994). Overview of vitamin E. *Meat Symposium 'Vitamin E and meat quality'*, April 21, University College Cork, Ireland.
- MORRISSEY PA, BUCKLEY DJ, SISK H, LYNCH PB and SHEEHY PB (1996). Uptake of  $\alpha$ -tocopherol in porcine plasma and tissues. *Meat Science*, 44: 275-283.
- O'GRADY MN, MONAHAN FJ, MOONEY MT, BUTLER F, BUCKLEY DJ, KERRY J, ALLEN P and KEANE MG (1996). Inhibition of oxymyoglobin oxidation by vitamin E. In: *Proceedings of the 42nd International Congress of Meat Science and Technology*; pp. 100-101.
- ONIBI GE, SCAIFE JR, MURRAY I and FOWLER VR (1998). Use of  $\alpha$ -tocopherol acetate to improve fresh pig meat quality of full-fat rapeseed-fed pigs. *JAOCs*, 75: 189-198.
- OSADA K, HOSHINA S, NAKAMURA S and SUGANO M (2000). Cholesterol oxidation in meat products and its regulation by supplementation of sodium nitrite and apple polyphenol before processing. *J Agric Food Chem*, 48:3823-3829.

- O'SULLIVAN MG, KERRY JP and BUCKLEY DJ (1996). The effect of dietary vitamin E supplementation on the stability of oxidative and glycolytic pork muscles. In: Proceedings of the 42nd International Congress of Meat Science and Technology, pp. 102-103.
- PFALZGRAF A, FRIGG M, STEINHART H, KIRCHGESSNER M and ROTH FX (1995). Influence of dietary fat and vitamin E on the lipids in pork meat. *Fett Wissenschaft und Technologie*, 97:13-20.
- PHILLIPS AL, FAUSTMAN C, LYNCH MP, GOVONI KE, HOAGLAND TA and ZINN SA (2001). Effect of dietary  $\alpha$ -tocopherol supplementation on color and lipid stability in pork. *Meat Science*, 58:389-393.
- REY AI, KERRY JP, LYNCH PB, LOPEZ-BOTE CJ, BUCKLEY DJ and MORRISSEY PA (2001). Effect of dietary oils and alpha-tocopheryl acetate supplementation on lipid (TBARS) and cholesterol oxidation in cooked pork. *J Anim Sci*, 79:1201-1208.
- SHEEHY PJA, MORRISSEY PA and BUCKLEY DJ (1997). Effects of vitamins in the feed on meat quality in farm animals: vitamin E. In: Garnsworthy P C and Wiseman J, *Recent Advances in Animal Nutrition*, Nottingham University Press, pp. 3-27.
- SMITH GC (1997). Effects of supplemental dietary vitamin E on meat and poultry quality. Proceedings Roche Technical Seminar, Fayetteville, Arkansas, pp. 35-60.
- TICHIVANGANA JZ, and MORRISSEY PA (1985). Metmyoglobin and inorganic metals as pro-oxidants in raw and cooked muscle systems. *Meat Science*, 15: 107-116.
- WEBER G M (1996). Vitamins and the immune response of farm animals. Proceedings of the Maryland Nutrition Conference, Baltimore (USA), pp. 146-163.
- WEBER G M (1998). Effects of dietary vitamin E on shelf-life of beef meat. In: Symposium on growth in Ruminants: Basic aspects, theory & practice for the future, Bern, Switzerland, pp. 255-264.
- WESTCOTT EA, STUBBS RL, MORGAN JB, SCHAEFER DM, BELK KE, DOLEZAL HG and SMITH GC (1997). Domestic caselife strategic alliance: vitamin E project. Proceedings Roche Technical Symposium, Avon, Colorado, pp. 23-34.
- WOOD J (1997). Animal Fats, human diet and meat flavour. In: *New Meats: the potential of animal diets to change meat quality: a review of MAFF research*, University of Bristol, pp. 8-15.
- WOOD JD and ENSER M (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br J Nutr*, 78: S49-S60.

# A INOCUIDADE COMO PARÂMETRO DE QUALIDADE – O HACCP NA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA

Simone Moraes Raszl

Instituto Pan-Americano de Proteção de Alimentos e Zoonoses (INPPAZ)  
Organização Pan-Americana da Saúde/ Organização Mundial da Saúde (OPAS/ OMS)  
Talcahuano 1660, Martinez (1640), Buenos Aires, Argentina  
Fone (+54 11) 4836 0527, fax (+54 11) 4839 0927,  
simone@inppaz.ops-oms.org

## 1 Introdução

O conceito de qualidade da carne suína e de seus derivados envolve vários aspectos inter-relacionados e dependentes de todas as etapas da cadeia produtiva, desde o nascimento do animal até o preparo e consumo do produto final.

Em função do ponto de vista pelo qual se analisa este conceito, a ênfase pode ser maior no aspecto nutricional, sensorial, econômico, sanitário ou higiênico. Enfocando a questão sanitária e higiênica, nota-se a grande preocupação e crença, muitas vezes equivocada, sobre as enfermidades que podem ser transmitidas à população pela ingestão da carne suína ou de seus derivados. Este fato é facilmente percebido ao compararmos os índices de consumo desta proteína no Brasil (3º) e no mundo (1º).

Um dos aspectos de qualidade percebida pelo consumidor é a inocuidade. E este aspecto também interessa não só à indústria mas também aos organismos governamentais que têm o objetivo de promover a saúde da população.

Para o controle das enfermidades transmitidas por alimentos, a melhor ferramenta existente nos dias atuais é o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP).

Este artigo tem o objetivo de mostrar e exemplificar como o sistema HACCP pode controlar as enfermidades transmitidas pela carne suína e seus derivados, aplicando-o em todas as etapas da cadeia produtiva e melhorando, assim, este parâmetro de qualidade.

De acordo com a FAO, o sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP) é:

**uma abordagem preventiva e sistemática direcionada a perigos biológicos, químicos e físicos, através de antecipação e prevenção, em vez de inspeção e testes em produtos finais.**

O objetivo do sistema HACCP é identificar os perigos que podem ocorrer em qualquer etapa da cadeia produtiva do alimento, estabelecendo os processos de controle preventivos para garantir a inocuidade do produto final ao consumidor.

Antes de seguir adiante é importante esclarecer dois conceitos importantes. O primeiro deles é a palavra *inocuidade*, que significa a ausência de contaminantes biológicos, químicos ou físicos no alimento, que poderiam afetar a saúde do consumidor final, causando-lhe alguma enfermidade ou lesão. O segundo conceito é o verbo *controlar*, que no sistema HACCP entende-se por evitar, eliminar ou reduzir a níveis aceitáveis um determinado perigo para a saúde do consumidor.

Cada vez mais se utiliza o termo "do campo à mesa" da expressão em inglês "*from farm to table*". Isto se deve à crescente aplicação do sistema HACCP em todas as etapas da cadeia produtiva e a seu êxito como metodologia para garantir a inocuidade dos alimentos em toda a cadeia produtiva.

Ademais, existem muitos perigos que só podem ser controlados no campo, ou seja, na produção primária. Outros só serão controlados durante o preparo para o consumo, etapas que geralmente estão fora do controle da indústria.

Apesar de processar as matérias primas e de ter sido o primeiro elo da cadeia a aplicar os princípios do HACCP, a indústria de processamento e industrialização da carne suína já percebeu que muitos perigos só podem ser controlados integrando todas as etapas, do campo à mesa.

## 2 Bases do Sistema HACCP

O sistema HACCP baseia-se em um sistema de engenharia conhecido como *Failure, Mode and Effect Analysis (FMEA)*, que significa Análise de Falhas, Modos e Efeitos. Este sistema analisa, em cada etapa do processo, os erros que podem ocorrer, suas causas prováveis e seus efeitos, para então estabelecer o mecanismo de controle. É uma ferramenta de gerenciamento que oferece um programa efetivo de controle de perigos.

A metodologia do sistema HACCP é racional, pois se baseia em dados registrados referentes a causas de enfermidades transmitidas pelos alimentos (ETA). Além disso, é lógica e abrangente, já que considera todas as etapas, ingredientes, o processo e o uso subsequente do produto.

O primeiro acontecimento que deu origem ao sistema HACCP está associado a W.E. Deming, cujas teorias de gerenciamento da qualidade são consideradas a principal causa de mudança na qualidade dos produtos japoneses, nos anos 50. O Dr. Deming e outros profissionais desenvolveram o sistema de gerenciamento da qualidade total (total quality management - TQM), que aborda um sistema voltado para fabricação e que pode melhorar a qualidade e reduzir os custos.

O segundo acontecimento, e também o principal, foi o desenvolvimento do conceito do HACCP. Na década de 1960, a Pillsbury Company, o Exército e a Administração Espacial e da Aeronáutica (NASA) dos Estados Unidos desenvolveram um sistema para a produção de alimentos inócuos para o programa espacial americano. Considerando as doenças que poderiam afetar os astronautas e comprometer uma missão espacial, aquelas de origem alimentar foram consideradas entre as mais importantes. Sendo assim, a Pillsbury Company, encarregada de fornecer os alimentos para os vôos espaciais tripulados, introduziu e adotou o sistema HACCP para garantir a inocuidade do produto final, enquanto reduzia o número de testes e inspeções finais.

A Academia Nacional de Ciências dos EUA, em 1985, respondendo às agências de controle e fiscalização de alimentos, recomendou o uso do sistema HACCP nos programas de inocuidade dos alimentos.

Em 1988, a Comissão Internacional para Especificações Microbiológicas em Alimentos (ICMSF) publicou um livro que sugeria o sistema HACCP como a base para o controle de qualidade, do ponto de vista higiênico e microbiológico.



A Comissão do *Codex Alimentarius* incorporou as *Diretrizes para aplicação do Sistema HACCP* (ALINORM 93/13<sup>a</sup>, Appendix II), em sua vigésima reunião, em Genebra, na Suíça, de 28 de junho a 7 de julho de 1993, como anexo do Código de Práticas Internacionais Recomendadas - Princípios Gerais de Higiene Alimentar [CAC/RCP 1-1969, Rev. 3 (1997)].

Ao ser compatível com outros sistemas de controle de qualidade, o sistema HACCP permite que inocuidade, qualidade e produtividade sejam abordadas em conjunto, resultando em maior confiança por parte dos consumidores, mais lucros para os produtores e empresas, além de melhores relações entre os que trabalham pelo objetivo comum de garantir a inocuidade e a qualidade dos alimentos.

### 3 Princípios do Sistema HACCP

Por ser científica e sistemática, a implementação do sistema HACCP reduz a necessidade de inspeção e testes no produto final, aumenta a confiança do consumidor e resulta num produto comercialmente mais viável. Além disso, facilita o cumprimento de exigências legais e permite o uso mais eficiente de recursos, acarretando redução nos custos em todas as etapas da produção e uma resposta mais imediata para as questões de inocuidade.

Apesar da aplicação do sistema HACCP ser compatível com a implementação de sistemas de Gerenciamento da Qualidade Total (TQM) e as normas da série ISO 9000, para o gerenciamento da inocuidade, o sistema HACCP é a escolha mais adequada.

A metodologia é lógica, ordenada e possui sete princípios, através dos quais pode-se controlar os perigos para a saúde dos consumidores. Estes princípios são aplicados na seguinte seqüência, de maneira organizada e sistemática:

#### 3.1 Princípio 1: Análise de Perigos

Nas diretrizes para aplicação do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP) a análise de perigos é descrita como:

**Um processo de coleta e avaliação de informações sobre perigos e as circunstâncias que resultam na sua presença, para decidir quais são significativos para a inocuidade do alimento e que devem, portanto, serem abordados no plano HACCP.**

O termo perigo é definido pela Comissão do *Codex Alimentarius* como uma propriedade biológica, física ou química, que pode tornar um alimento prejudicial para o consumo humano. Os perigos devem ser de tal natureza que sua eliminação ou redução a níveis aceitáveis seja essencial para a produção de alimentos inócuos.

Os perigos ocorrem com mais freqüência nos alimentos de origem animal. Em 48% dos surtos ocorridos entre 1973 e 1987, nos EUA, nos quais se identificou o veículo, os produtos envolvidos eram carne bovina, carne de aves, carne suína, ovos, pescado, moluscos ou produtos lácteos.

Os perigos são classificados de acordo com a metodologia usada para sua detecção no alimento. Assim podem ser biológicos, químicos ou físicos. Como exemplos de perigos biológicos podemos citar as bactérias e vírus patogênicos, parasitas e as toxinas bacterianas. Entre os perigos químicos estão os pesticidas,

contaminantes tóxicos inorgânicos, resíduos de medicamentos veterinários, aditivos alimentares tóxicos, lubrificantes, tintas, desinfetantes e toxinas naturais (micotoxinas, toxinas marinhas etc). Os perigos físicos correspondem a fragmentos de vidro, metal e madeira ou outros objetos que possam causar lesão ao consumidor.

Para vários tipos de microrganismos, a transmissão por via feco-oral tem grande significado epidemiológico, principalmente aqueles que apresentam uma dose infectante mínima tão baixa que podem induzir a enfermidade sem precisar multiplicar-se no alimento. Nesses casos, estes agem basicamente como vetores. A contaminação dos alimentos pode ocorrer através do homem ou de espécies animais que atuam como reservatórios para esses microrganismos. A água é importante neste contexto. Da mesma forma, a contaminação cruzada por insetos pode ser observada, porém é mais freqüente por utensílios e equipamentos. A prevenção efetiva é assegurada através do cumprimento rígido das medidas básicas de higiene, sendo o comportamento um fator importante.

Os parasitas, vírus e príons não crescem em alimentos, mas podem estar presentes nas matérias-primas cruas, como a carne, ou ser transmitidos como contaminantes. Em contraste, os bolores e as bactérias, com exceção de algumas espécies individuais, são capazes de crescer em alimentos se as condições forem satisfatórias.

Considerando-se a importância específica da transmissão feco-oral na patogênese de muitas infecções causadas por alimentos, fica óbvio que o conceito HACCP, em nenhuma circunstância, substitui as medidas básicas de higiene. Ao contrário, baseia-se em conceitos de práticas higiênicas eficazes para a produção de alimentos. Estas práticas incluem higiene pessoal, limpeza, desinfecção, controle de pragas, segurança da água usada, capacitação dos manipuladores e técnicos envolvidos na produção dos alimentos. Outros componentes são controle de temperatura e de umidade relativa na produção e nos locais de armazenamento, além da separação adequada das etapas e das linhas de produção para evitar contaminação cruzada. Ou seja, estamos falando das Boas Práticas de Fabricação, conhecidas pelas siglas BPF ou GMP, do inglês *Good Manufacturing Practices*.

As GMP são princípios gerais que devem ser aplicados à produção, transporte, preparo e qualquer outra atividade relacionada à elaboração de alimentos com o objetivo de produzir alimentos inócuos para o consumidor. São consideradas como um pré-requisito para a implantação do sistema HACCP porque permitem o controle de vários perigos através destas medidas básicas de higiene e de conduta.

### 3.2 Princípio 2: Pontos Críticos de Controle

As diretrizes do *Codex Alimentarius* definem Ponto Crítico de Controle (PCC) como:

**uma etapa em que se pode aplicar um controle e que seja essencial para evitar ou eliminar um perigo à inocuidade do alimento ou para reduzi-lo a um nível aceitável.**

Se um perigo for identificado em uma etapa onde é necessário o controle em termos de inocuidade, e se não existir qualquer medida de controle naquela etapa ou em qualquer outra, então o produto ou o processo deve ser modificado naquela etapa,

ou em um estágio anterior ou posterior, de modo a incluir uma medida de controle para este perigo.

### 3.3 Princípio 3: Limites Críticos

Para cada ponto crítico de controle (PCC) especificado deve-se estabelecer os limites críticos. Eles são definidos como critérios que separam o que é aceitável do que não é. Um limite crítico representa os parâmetros usados para julgar se uma etapa está gerando produtos inócuos. Pode-se estabelecer limites críticos para fatores como temperatura, tempo (período de exposição mínima), dimensões físicas do produto, atividade de água, nível de umidade, presença ou ausência de fragmentos de metal, etc. Esses parâmetros, se mantidos dentro dos limites, confirmam a inocuidade do produto.

### 3.4 Princípio 4: Monitoramento do PCC

As diretrizes para aplicação do Sistema HACCP do *Codex Alimentarius* definem monitoramento como:

**o ato de realizar uma seqüência planejada de observações ou medidas de parâmetros de controle para avaliar se um PCC está sob controle.**

O monitoramento determina, em cada PCC, se os limites críticos estão sendo respeitados. Os procedimentos de monitoramento devem detectar qualquer perda de controle de um PCC a tempo de evitar a produção de alimento potencialmente perigoso ou de interrompê-la. Deve-se especificar, de modo completo, como, quando e por quem será executado o monitoramento.

Os objetivos do monitoramento incluem a) medir o nível de desempenho da operação do sistema no PCC (análise de tendência); b) determinar quando o nível de desempenho do sistema leva à perda de controle do PCC, por exemplo, quando há desvio de um limite crítico; c) estabelecer registros que reflitam o nível de desempenho da operação do sistema do PCC para cumprir o plano HACCP.

### 3.5 Princípio 5: Ações Corretivas

As diretrizes para aplicação do Sistema HACCP do *Codex Alimentarius* definem ação corretiva como:

**qualquer ação a ser tomada quando os resultados do monitoramento do PCC indicarem perda de controle.**

A perda de controle é considerada um desvio do limite crítico de um PCC. Os procedimentos de desvio são um conjunto documentado e predeterminado de ações que deve ser implementado em caso de desvio. Estes devem ser controlados, tomando-se ações para controlar o produto que não está de acordo e corrigir a causa da não-conformidade. O controle do produto inclui identificação, avaliação do comprometimento do produto, reprocessamento, desvio para outro fim ou eliminação do produto afetado. As ações corretivas tomadas devem ser registradas e estes registros devem ser devidamente arquivados.

A causa que gerou a não-conformidade deve ser identificada e eliminada para que não volte a ocorrer.

### 3.6 Princípio 6: Verificação

Verificação é definida pelas diretrizes do Codex como:

**a aplicação de métodos, procedimentos, testes e outras avaliações, além do monitoramento, para determinar o cumprimento do plano HACCP.**

Verificação e métodos de auditoria, procedimentos e testes, inclusive amostras aleatórias e análises, podem ser usadas para determinar se o sistema de HACCP está trabalhando corretamente.

O procedimento de verificação deve especificar o que será feito, como, quem será o responsável e com que frequência (periodicidade).

### 3.7 Princípio 7: Documentação e Registros

O documento é um escrito ou impresso que fornece uma informação. Os registros são provas escritas que documentam um ato que ocorreu. São essenciais para revisar a adequação do plano HACCP e sua capacidade de garantir a inocuidade.

O documento é o próprio plano HACCP, manuais de Boas Práticas de Fabricação ou de Boas Práticas Agrícolas, os Procedimentos de Higiene e outras fontes de informação usadas para garantir a inocuidade dos alimentos. Os registros mostram o histórico do processo, o monitoramento, os desvios e as ações corretivas (inclusive descarte de produto) aplicadas ao PCC identificado. Os registros podem ter diversos formatos, como um quadro de processamento, um registro escrito ou eletrônico. Depois de terminado, o registro se torna um documento que comprova o controle da inocuidade do alimento, ou seja, comprova que as informações e instruções dos documentos citados acima foram obedecidas e cumpridas.

A importância de registros para o sistema de HACCP não pode ser subestimada. É imprescindível que o produtor mantenha registros completos, atualizados, corretamente arquivados e precisos. Sempre que há suspeita de algum desvio ou no momento da verificação de um plano HACCP, os registros são usados como fonte valiosa de informação.

## 4 Aplicação do Sistema HACCP na Produção de Carne Suína e seus Derivados

Para facilitar a análise da cadeia produtiva da carne suína e seus derivados, consideremos as seguintes etapas: produção primária, abate, processamento e industrialização, distribuição, comercialização e consumo. Os perigos a serem considerados numa análise para o plano HACCP são aqueles que possam afetar a saúde do consumidor, causando-lhe enfermidade ou lesão.

Entretanto isto não impede que os princípios do sistema HACCP sejam adotados também para controlar perigos relacionados a questões sanitárias de rebanhos de suínos ou para aspectos que afetem a qualidade sensorial, nutricional e organoléptica da carne suína e de seus derivados. Na realidade a metodologia preventiva deste sistema é uma ferramenta bastante útil que pode abordar todos estes aspectos.

O sistema HACCP é produto-processo-específico. Isto significa que para cada produto e cada processo haverá um plano HACCP diferente, com seus PCC próprios.

Os exemplos de perigos utilizados a seguir ilustram como este sistema pode ser útil para garantir a inocuidade da carne suína e dos produtos derivados desta, com suas variáveis em cada etapa e em cada situação específica da cadeia produtiva.

#### **4.1 Produção primária**

A produção primária envolve todas as atividades relacionadas com a criação do animal até o abate. No caso da criação de suínos, deve-se considerar inclusive as etapas prévias ao nascimento dos animais, ou seja, controle sanitário dos reprodutores, fabricação de ração etc.

É nesta fase que ocorrem grande parte dos perigos que podem afetar o consumidor. Muitas contaminações que podem ocorrer nas etapas da produção primária não podem ser controladas pelo processamento ou preparo da carne, sendo, assim, de fundamental importância seu controle.

Entre os vários perigos identificados nesta etapa, os resíduos de medicamentos na carne chamam a atenção por suas implicações para o consumidor. Um dos grupos que exige cuidados é o das substâncias antimicrobianas usadas com fins terapêuticos. Estes resíduos podem afetar a saúde do consumidor pois facilitam o desenvolvimento de cepas bacterianas resistentes a estas drogas, tanto nos animais como diretamente no ser humano. Se consideramos que várias bactérias que normalmente habitam o trato intestinal dos animais são patogênicas para o ser humano, podemos prever a possibilidade de ocorrência de surtos de ETA causados por estas bactérias que serão resistentes aos tratamentos convencionais. A ingestão de resíduos de antibióticos na carne suína acima dos níveis permitidos selecionarão as bactérias resistentes no organismo do consumidor, produzindo as mesmas consequências, ou seja, uma resistência crescente dos surtos de ETA aos tratamentos aplicados normalmente.

O HACCP pode controlar o perigo identificado - resíduos de antibióticos na carne suína - através das seguintes medidas preventivas: assegurar o uso adequado destes medicamentos sob orientação de um médico veterinário, obedecer o período de carência para as drogas usadas, dosagem correta do medicamento, etc.

Podemos considerar esta etapa, aplicação de antibióticos, como um ponto crítico de controle, pois nela será possível evitar, eliminar ou reduzir o perigo a níveis aceitáveis e não há nenhuma etapa posterior do processamento que possa controlar este perigo. Os limites críticos, de acordo com o tipo de medicamento usado, incluem a dosagem correta e o período de carência antes do abate. O monitoramento deve observar se estes limites estabelecidos estão sendo cumpridos. A ação corretiva para uma dosagem alta aplicada pode ser um intervalo de carência maior que o normal ou, se o animal já foi abatido, o descarte da carcaça, por exemplo. Os registros devem trazer a informação colhida no monitoramento, data, responsável pela coleta de informação e quaisquer outros dados importantes, inclusive de ações corretivas tomadas. A verificação pode ser uma análise periódica dos níveis de resíduos de antibióticos na carne dos animais abatidos por análises químicas e revisão dos registros do monitoramento e das datas do abate para averiguar se os períodos de carência são respeitados.

Este exemplo ilustra a aplicação dos princípios do sistema HACCP para controlar um dos perigos identificados na produção primária. Observe que, em certos casos,

uma mesma medida preventiva pode controlar mais de um perigo e em outros casos um único perigo pode precisar de mais de uma medida para ser controlado.

O uso de antibióticos é muito importante porque aliado ao manejo adequado e medidas de higiene permitirá um controle da microbiota potencialmente patogênica, diminuindo a possibilidade de contaminação da carne durante o abate e processamento. Entretanto, seguindo a metodologia preventiva do HACCP, para controlar os microrganismos patogênicos, é importante detectar o foco de contaminação para os animais e trabalhar de maneira a evitar que esta contaminação aconteça para evitar ou eliminar o uso destes medicamentos. Por exemplo, *Salmonella* pode contaminar os animais através da ração contaminada. Ao invés de tratar os animais com antibióticos de última geração é melhor controlar a fabricação da ração. Esta fonte de contaminação, assim como a de outros perigos, deve ser controlada desde as criações de avós e matrizes reprodutoras para garantir animais mais saudáveis para a reprodução e engorda.

É por esta e outras razões que a análise de perigos deve estar fundamentada em dados confiáveis como análises laboratoriais, artigos e livros científicos, consulta com especialistas, dados epidemiológicos e outras fontes que possam ajudar a detectar e conhecer o verdadeiro significado do perigo potencial para a saúde dos consumidores.

Outros perigos que podem ser controlados pelo HACCP na produção primária de suínos são os resíduos de pesticidas. A Comissão do *Codex Alimentarius* recomenda limites máximos para medicamentos veterinários e para resíduos de pesticidas em alimentos. Estes resíduos de medicamentos e pesticidas, acumulados na carne dos animais chegarão ao consumidor final porque não são eliminados pelos processos tecnológicos de processamento e industrialização da carne suína.

Nesta etapa da produção são feitos controles para evitar a presença de parasitas de suínos que podem infectar o ser humano se forem ingeridos junto com a carne. Este é o caso típico da *Taenia solium*, *Trichinella spiralis* e *Toxoplasma gondii*. Este último, segundo dados recentes do CDC, é o terceiro responsável por mortes causadas por ETA nos EUA. Lembrando que o contágio destes e de outros parasitas pode ocorrer pela ingestão de carne mal cozida, ambas parasitoses podem ser controladas por etapas posteriores mas é na granja que se pode aplicar um controle eficaz e confiável através de técnicas de manejo e higiene adequadas que previnam a contaminação dos animais.

Tratando-se de medidas de higiene, é importante lembrar que antes da implantação do sistema HACCP devem ser adotadas as Boas Práticas Agrícolas, conhecidas pela sigla BPA ou GAP, do inglês *Good Agricultural Practices*. Estas medidas de higiene evitam muitos problemas gerados pela falta de higiene e manejo inadequado.

Uma fonte importante de contaminação que deve ser controlada é a alimentação fornecida aos animais. Vários contaminantes chegam à granja pela ração ou pelo tipo de alimento utilizado. Por exemplo, controlando a qualidade destes produtos pode-se evitar a presença de *Trichinella spiralis* e de outros microrganismos cuja manutenção do ciclo depende de serem ingeridos pelos suínos.

As micotoxinas são outro problema que pode afetar a saúde dos consumidores de carne suína e derivados. Geralmente contaminam a carne ao serem ingeridas junto com a ração. São toxinas produzidas por bolores quando em condições de temperatura, umidade e substrato adequados. Neste caso, o substrato pode ser a

ração dos animais ou grãos usados na elaboração desta. As micotoxinas acumulam-se na carne dos animais e podem resistir ao processamento ou industrialização do alimento chegando ao consumidor. Seu efeito é cumulativo e não atuam de forma aguda, dificultando o diagnóstico e a identificação do alimento implicado. Entretanto o controle é possível na produção primária, no armazenamento de grãos e da ração elaborada, através do controle dos fatores que propiciam a multiplicação de bolores com a conseqüente produção destas substâncias.

Um dos problemas enfrentados pelo produtor primário ao aplicar o sistema HACCP na criação de suínos é a disponibilidade e o custo dos testes existentes para o monitoramento e a verificação de perigos biológicos e químicos no rebanho. Os testes devem ser reconhecidos para uso no campo e suas limitações devem ser estabelecidas de modo que sua interpretação seja racional. Alguns dos testes disponíveis usados em animais vivos e que permitem monitorar características importantes para a inocuidade de alimentos são:

1. teste SOS (*Sulfamethazine on Site*) de urina para a presença de sulfonamidas;
2. teste ELISA para a detecção de patógenos (ex.: *Trichinella*, *Salmonella*, *Mycobacterium paratuberculosis*). Os testes ELISA para *Trichinella* e *Salmonella* ainda estão em pesquisa;
3. teste de swab em animal vivo (LAST = *live animal swab test*) para detectar resíduos de antimicrobianos na urina;
4. testes sorológicos séricos para a detecção de anticorpos de certos patógenos.

Outro aspecto muito importante nesta etapa da produção é o transporte dos animais da granja para o local de abate. As condições de estresse durante o transporte podem diminuir a eficiência do sistema imunológico dos animais permitindo um aumento da microbiota potencialmente patogênica, como o *Campylobacter*, com conseqüente aumento no grau de contaminação da pele, principalmente na região peri-anal. A falta de higiene adequada dos veículos também pode propiciar um excesso de microrganismos de origem fecal na pele dos animais, dificultando a higiene durante o processamento e tornando a carne potencialmente perigosa.

Os mesmos cuidados devem ser observados no período prévio ao abate, não só conferindo conforto térmico, mas também com cuidados de higiene e inspeção ante-mortem que possam identificar e isolar animais enfermos antes que sejam abatidos e transformados em matérias-primas e alimentos.

## 4.2 Abate

Considerando esta fase desde o momento do abate até o armazenamento das carcaças, prontas para serem transformadas em cortes ou produtos industrializados, existem várias etapas que devem ser controladas pelo sistema HACCP.

O controle começa na depilação dos animais, passa pela lavagem pré-evisceração, pela evisceração propriamente dita, seguida da retirada e lavagem das cabeças, depilação e lavagem final, lavagem das vísceras comestíveis e resfriamento da carcaça.

Analisando os perigos nestas etapas nos deparamos com várias possibilidades de contaminação, mantendo e aumentando a prevalência do perigo potencial. Entretanto também observamos etapas que podem controlar os perigos como é o caso da lavagem final após a depilação. Considerando esta etapa como um PCC, a medida preventiva poderia ser o uso de substâncias aprovadas de ação antimicrobiana na água de enxágüe. Os limites críticos estabelecidos para este exemplo relacionam-se à presença/ ausência de contaminação fecal visível, ao tipo e concentração do desinfetante usado na água de enxágüe e à pressão da água.

O monitoramento se dá pela observação destes parâmetros por inspeção visual, checagem do desinfetante por testes rápidos de concentração de acordo com o tipo usado e leitura em visor de controle de pressão. As ações corretivas estabelecidas podem ser um ajuste na concentração do desinfetante e/ou a pressão da água, nova lavagem da carcaça, identificação da causa que gerou a falha e sua correção.

Cada monitoramento feito deve ser registrado, assim como as ações corretivas tomadas. A verificação pode ser a revisão periódica dos registros de processo, a manutenção preventiva semanal do equipamento usado para lavar as carcaças e avaliação periódica da eficácia do desinfetante por meio de análises laboratoriais. Observe que várias etapas envolvem os mesmos parâmetros acima.

O resfriamento das carcaças é extremamente importante porque se for lento pode permitir o crescimento de microrganismos patogênicos que tenham resistido ao enxágüe final, além de interferir na qualidade organoléptica da carne. Este é um exemplo de uma medida que controla um perigo para a inocuidade e que ao mesmo tempo pode controlar um aspecto de qualidade sensorial da carne. Nesta etapa é muito importante o tempo decorrido entre o abate e o resfriamento além do tempo necessário para chegar à temperatura desejada. É imprescindível que os termômetros, usados para medir a temperatura das carcaças e da câmara fria, estejam corretamente calibrados.

Os aspectos de instalações, higiene pessoal, segurança da água, controle de pragas, treinamento de funcionários, procedimentos de limpeza e desinfecção e outros podem ser tratados e controlados pela adoção das Boas Práticas de Fabricação (BPF ou GMP = *Good Manufacturing Practices*) e pelos Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO ou SSOP = *Sanitation Standard Operation Procedures*).

### 4.3 Processamento e industrialização

O processamento e a industrialização da carne suína geram, além de cortes de carne fresca, uma variedade muito grande de produtos derivados ingeridos todos os dias por diferentes grupos de consumidores.

Apenas para citar alguns exemplos das diferentes tecnologias de fabricação aplicadas, os produtos derivados da carne suína podem ser cozidos, defumados, curados, ou marinados. Cada processo envolve uma análise de perigos diferente que deve levar em conta, além dos possíveis contaminantes presentes, o tipo de produto final e o consumidor. É importante considerar se este produto está pronto para o consumo ou se sofrerá algum processamento final pelo consumidor. Além disso, é necessário ter em conta quem é o provável consumidor, se este grupo inclui crianças ou idosos, ou qualquer outra classe de consumidores mais suscetível às contaminações potenciais presentes num destes alimentos.



A aplicação do HACCP no processamento e industrialização da carne suína já está mais avançada e tem sido usado por várias empresas para garantir a inocuidade da carne e seus derivados para o consumidor final. Muitas etapas do processamento e industrialização foram projetadas especialmente para o controle de perigos, como o caso do processamento térmico dos produtos ou o armazenamento em câmaras com temperaturas baixas.

No primeiro caso o controle se dá por eliminação de microrganismos patogênicos que possam estar presentes no produto e no segundo caso o controle ocorre ao impedir a multiplicação destes patógenos. Em ambos os casos o monitoramento se faz por medição de temperatura; entretanto cada PCC tem limites críticos diferentes.

As ações corretivas poderiam ser o reproprocessamento, o descarte, a destinação para outro fim e a investigação e resolução da causa da falha na temperatura. Os registros seriam planilhas com dados da observação da temperatura ou termógrafos e a verificação incluiria a análise microbiológica do produto para comprovar se houve eliminação dos patógenos ou se a multiplicação foi impedida, além da revisão dos gráficos de temperatura.

Existem muitas outras etapas no processamento e industrialização; entretanto sempre que forem relacionadas a um ponto crítico de controle terão o objetivo de evitar ou eliminar um perigo ou, ainda, reduzi-lo a níveis aceitáveis.

A industrialização da carne suína pode ajudar, também, a controlar perigos gerados na produção primária. Um caso destes é o controle da concentração de sal e do tempo de cura em salames para eliminar oocistos de *Toxoplasma gondii* que possam estar presentes na carne usada para elaborar este produto. Mesmo tratando-se de alimentos artesanais estas medidas possuem grande valor.

#### **4.4 Distribuição e comercialização**

A garantia da inocuidade na distribuição e comercialização de carne suína e de seus derivados está intimamente relacionada à cadeia de frio e às medidas básicas de higiene. Falhas nestas medidas podem destruir todo o trabalho de controle realizado pela indústria ou durante a produção primária. Entretanto, este tipo de falha ou falta de controle causará, além da multiplicação de microrganismos patogênicos, o crescimento de deterioradores e o aumento da atividade enzimática autolítica. O resultado será o aparecimento de características organolépticas desagradáveis para o consumidor que evidenciam um apodrecimento do produto, como odor e cor característicos, fazendo com que o produto seja desprezado.

A manutenção da temperatura adequada de transporte e comercialização do produto é vista como um aspecto das Boas Práticas de Fabricação, especificamente do controle de operações, não sendo necessariamente um Ponto Crítico de Controle, já que pode ser controlada por um programa de pré-requisitos do sistema HACCP. Isto geralmente acontecerá com a maioria dos produtos e derivados da carne suína uma vez que são transportados e comercializados embalados.

#### **4.5 Consumo**

Tratando-se do consumo da carne suína e dos derivados preparados em serviços de alimentação coletiva, o controle da carne começa na recepção da matéria

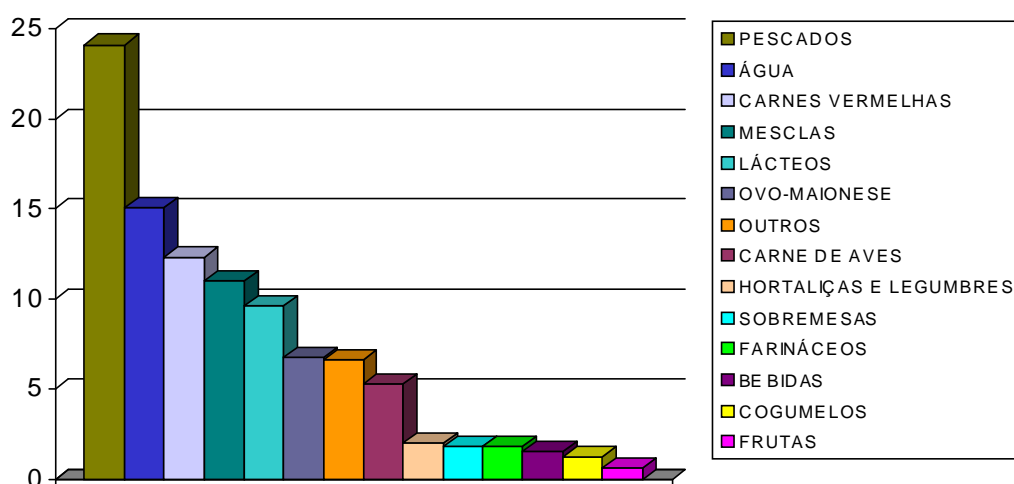
prima, passa pelo armazenamento, descongelamento (se for o caso), tratamento térmico, manutenção de temperatura ou resfriamento e distribuição para o consumo. Obviamente muitas destas etapas não existem em produtos como é o caso de presunto ou salame. Geralmente o Ponto Crítico de Controle para este tipo de estabelecimento está no tratamento térmico e/ou em alguma etapa posterior, dependendo do tipo de processamento que está sendo realizado.

Para o consumidor, as orientações devem ser dirigidas à escolha adequada no momento da compra, tratamento térmico para evitar o consumo de carne mal cozida que poderia causar toxoplasmose, por exemplo, e armazenamento adequado do alimento já preparado, além de cuidados para evitar a contaminação cruzada entre produtos crus e cozidos. Sem chegar ao ponto de exigir que o consumidor final entenda os princípios do HACCP, é importante que ele receba informações e orientações para adotar medidas e cuidados do preparo de alimentos.

Segundo dados obtidos pelo Sistema Regional de Vigilância das Enfermidades Transmitidas pelos Alimentos - SIRVETA, da Organização Pan-Americana da Saúde, através da notificação voluntária dos países americanos, de 1993 a 2001, o terceiro grupo de alimento que mais causa surtos é o das carnes vermelhas (Gráfico 1) e o principal lugar de ocorrência de surtos são os domicílios (Gráfico 2).

## 5 Figuras

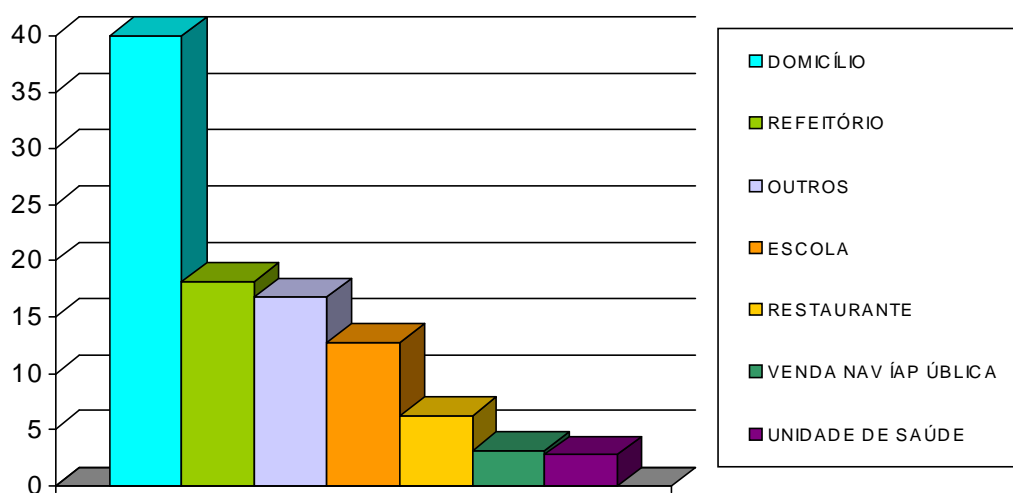
**Gráfico 1: SURTOS DE ETA DE ACORDO COM O TIPO DE ALIMENTO**



Fonte: SIRVETA, <http://intranet.inppaz.org.ar/nhp/ve/ehome.asp>

Figura 1 —

## Gráfico 2: SURTOS DE ETA DE ACORDO COM O LOCAL DE OCORRÊNCIA



Fonte: SIRVETA, <http://intranet.inppaz.org.ar/nhp/ve/ehome.asp>

Figura 2 —

Sendo assim, além da indústria, o consumidor também deve estar informado e consciente dos perigos que podem afetar sua saúde e que medidas podem ser adotadas para evitar ou controlar a sua ocorrência. Isso tem sido feito por vários organismos governamentais, não governamentais e internacionais, como o INPPAZ, através de campanhas educativas e informativas promovendo e incentivando a participação comunitária nos programas de inocuidade de alimentos.

## 6 Conclusão

A adoção do sistema HACCP, por sua abordagem preventiva, permite o controle de perigos que possam estar presentes na carne suína e em seus derivados diminuindo a ocorrência de surtos de ETA. O consumidor que percebe a inocuidade como qualidade terá maior confiança no consumo destes produtos.

Atualmente, grande parte dos perigos relacionados à carne suína devem-se à contaminação durante a produção primária uma vez que a indústria já vem adotando as Boas Práticas de Fabricação e o sistema HACCP. Nota-se, portanto, a necessidade de adoção deste sistema na primeira etapa da cadeia produtiva.

A crescente aceitação do sistema HACCP em todo o mundo, por indústrias, governos e consumidores, junto com a compatibilidade com sistemas de garantia da qualidade, permitem prever que esta será a ferramenta mais utilizada no século XXI, para garantir a inocuidade dos alimentos.

## 7 Referências Bibliográficas

- BERNARDES, L. A. H., PRATA, L. F., 2001. Qualidade da carne suína - parte 1. Artigo na web: [www.beefpoint.com.br](http://www.beefpoint.com.br)
- Codex Alimentarius Commission, 1993. *Codex Alimentarius*. Volume 3: Codex Standards for Veterinary Drugs Residues in Food. Recommended International Code of Practice for Control of the Use of Veterinary Drugs. CAC/RCP 038-1993. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Codex Alimentarius Commission, 1997. *Codex Alimentarius*. Recommended Code of Practice. General Principles of Higiene. CAC/RCP 1-1969, Rev. 3. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Codex Alimentarius Commission, 1997. *Codex Alimentarius*. Volume 1: General Requirements. 2a ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Codex Alimentarius Commission, 1997. *Codex Alimentarius*. Volume 2B: Pesticides Residues in Food - Maximum Residue Limits. List of Codex Extraneous Maximum Residue Limits in Food. EMRL(1)-1997. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Codex Alimentarius Commission, 1999. *Codex Alimentarius*. Volume 2B: Pesticides Residues in Food - Maximum Residue Limits. List of Codex Maximum Residue Limits for Pesticides Residues in Food . MRL(1)-1999. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Food and Drug Administration, Center for Veterinary Medicine, 2001. A proposed framework for evaluating and assuring the human safety of the microbial effects of antimicrobial new animal drugs intended for use in food-producing animals. Artigo na web: <http://www.fda.gov/cvm/index/vmac/antimi18.html>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. Food Quality and Safety Systems. A training manual on food hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system. FAO Publication, Rome, 232 p.
- Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application, Annex to CAC/RCP 1-1969, Rev. 3 (1997).
- IDEXX Food Safety Net Services, 1998. The comprehensive Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Course. IDEXX, Westbrook.
- JAY, J., 1991. Modern Food Microbiology. 4a. ed. Chapman & Hall, New York.
- MARTINS, M. C., SILVEIRA, C., BARROS, P. M., BELFORT, Jr. R., NEVES, R. A., 1990. Isolamento do *Toxoplasma gondii* de carnes e derivados provenientes de região endêmica de toxoplasmose ocular - Erechim RS. Arq. Bras. Oftalmol. 53(2), 60-66.
- MEAD, P. S., SLUTSKER, L., DIETZ, V., McCAIG, L. F., BRESEE, J. S., SHAPIRO, C., GRIFFIN, P. M., TAUXE, R. V., 2001. Food-Related Illness and Death in the United States. Emerging Infectious Disease. 5 (5).
- MICHAELIS DICIONÁRIO, 1999. Página web: <http://www.uol.com.br/michaelis/>
- RASZL, S. M.; BEJARANO, N.; CUELLAR, J.; ALMEIDA, C. R., 2001. HACCP: ferramenta essencial para a inocuidade de alimentos. OPAS, INPPAZ, BIREME, Buenos Aires. Disponível na página web: <http://intranet.inppaz.org.ar/nhp/GMP/homepage.htm>
- ROPPE, L., 2001. Situação atual e tendências da suinocultura mundial. Artigo na web: [http://www.porkworld.com.br/atualidades/tr\\_tendencias.html](http://www.porkworld.com.br/atualidades/tr_tendencias.html)

STEVENSON, K. E., BERNARD, D. T., 1995. HACCP: Establishing Hazard Analysis Critical Control Point Programs. A workshop manual. 2a. ed. The Food Processors Institute, Washington.

USDA, 2001. Animal production food safety. An overview for FSIS employees. Artigo na web: <http://www.fsis.usda.gov/OFO/HRDS/animalp/animalproduction/obj/obj1.htm>

USDA/ FSIS, 1999. Generic HACCP model for pork slaughter. Artigo na web: <http://www.fsis.usda.gov/OA/haccp/haccp-14.pdf>

USDA/ FSIS, 1999. Generic HACCP model for raw, ground meat and poultry products. Artigo na web: <http://www.fsis.usda.gov/OA/haccp/haccp-3.pdf>

# SEGUNDA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA - COMENTÁRIOS FINAIS

Luigi Faucitano

Agriculture & Agri-Food Canada  
Dairy and Swine Research and Development Centre  
2000, 108 Rte. East, J1M 1Z3 Lennoxville (QC) Canada  
e-mail: Faucitano1@em.agr.ca

A Segunda Conferência Internacional sobre Qualidade de Carne Suína cobriu alguns dos mais importantes tópicos que a indústria da carne enfrenta hoje, como 1) cruzamentos que comprovadamente induzem a mudanças no teor de gordura da carne e características musculares; 2) alimentação, que pode contribuir para a variação na qualidade da carcaça e da carne e também da validade da carne suína; 3) manejo na granja (sistema de criação ao ar livre), que pode beneficiar tanto o bem-estar dos suínos, quanto a qualidade de carne.

Algumas palestras abordaram programas de rastreabilidade implementados na Europa e na América do Sul como ferramenta para controlar a qualidade da carne suína. De fato, esta questão é preocupante, pois o público está ouvindo falar cada vez mais sobre organismos resistentes a antibióticos, surtos de envenenamento alimentar, surgimento de doenças ligadas à carne, resíduos na carne e a controvérsia quanto a plantas e animais geneticamente modificados. Para manter a confiança dos consumidores, os concorrentes da suinocultura mundial desenvolveram ou estão tentando desenvolver programas de garantia de qualidade, isto é, rastreabilidade, junto com o modelo HACCP para melhorar a segurança da carne suína para permanecerem competitivos.

Estas questões coincidem com as necessidades de pesquisa recentemente identificadas pelas principais associações de produtores de carne suína do Canadá como os maiores desafios da suinocultura.

## **1 Necessidades atuais e futuras de pesquisas para melhorar a qualidade de carne suína - uma perspectiva canadense**

A produção total de suínos terminados do Canadá é de 20,6 milhões de cabeças, com um aumento anual de produção de 13% e com uma taxa de exportação de carne suína de 17% no ano passado. Em geral, 40% deste total é exportado para os EUA. Em vista da liberalização do comércio entre EUA, Canadá e México, mercados internacionais que se abriram recentemente, é importante que a produtividade e qualidade da indústria canadense de carne suína seja mantido e até mesmo aumentado. O aumento da produtividade implica no desenvolvimento de estratégias que otimizem a relação entre a qualidade exigida pelos consumidores e o custo de produção, e

também a diminuição do impacto ambiental. As necessidades identificadas pela indústria canadense para manter sua posição no mercado e ser competitiva nos próximos anos são: garantia da segurança da carne suína, desenvolvimento de programas de alimentação eficazes e econômicos e melhoramento genético dos suínos com o objetivo de produzir carne suína magra e nutritiva.

## 1.1 Qualidade de carcaça

Hoje, os produtores canadenses concordam que o objetivo de remover toucinho da carcaça já foi atingido há muito, e às vezes ultrapassado, e questionam até aonde a gordura pode ser reduzida sem afetar a palatabilidade da carne suína. Outra necessidade identificada é a determinação de formas de ajustar a distribuição de gordura na carcaça para satisfazer a demanda por produtos específicos e a capacidade de "personalizar" genótipos para as diferentes necessidades do mercado. Para este fim, estão surgindo novas técnicas e equipamentos mais sofisticados de ultrassom, que oferecem meios para avaliar o valor da carcaça como um todo de forma mais detalhada. No entanto, o grau de precisão destes novos instrumentos ainda deve ser avaliado. A pesquisa e o desenvolvimento neste campo também pode ser útil para avaliar a lucratividade de se criar suínos até um peso maior (até 130 kg) para responder às necessidades imediatas da indústria da carne. A seleção genética pode ajudar a atingir esta meta, porque os genótipos de alto potencial de crescimento magro podem ser criados até maiores pesos sem comprometer o desempenho e melhorando as características de carcaça em termos de maior tamanho e profundidade de músculo.

## 1.2 Qualidade de carne

Objetivando o desenvolvimento do mercado, a indústria canadense está envolvida na identificação de atributos de qualidade de carne suína e no ajuste da produção às necessidades de mercado através do melhoramento genético. Para isto, a indústria canadense está seriamente comprometida em diminuir a incidência de carne PSE (pálida, mole, exsudativa). De fato, a PSE é responsável por perdas financeiras diretas (-5\$/carcaça) no mercado interno e redução das vendas internacionais (mais de 40% de produtos não vendidos). Portanto, a indústria destacou a necessidade de pesquisas para identificar os genes associados com má qualidade de carne suína e estudar o impacto das práticas atuais de comercialização, transporte e abate no desenvolvimento deste defeito de qualidade.

A longo prazo, o melhoramento da qualidade sensorial da carne suína através do aumento da validade do produto (estabilidade de lipídios), da minimização de odores desagradáveis (i.e., odor de cachaço) e maciez também receberão maior atenção, pois estes aspectos de qualidade de carne são considerados fatores-chave que determinam as decisões de compra e de consumo. Todas estas realizações melhorarão a uniformidade dos produtos de carne suína, ajudando a obter fatia de mercado para estes produtos no mercado interno e internacional.

### **1.3 Características da fibra muscular**

Com a perspectiva de produzir uma qualidade de carne suína melhor e mais uniforme, as pesquisas devem dar mais atenção ao estudo da relação ainda obscura entre a tipologia das fibras musculares (número e tamanho das fibras) e qualidade de carne. Este campo de estudo é especialmente oportuno se pensarmos nos esforços das principais empresas de genética dirigidos à produção de um suíno de crescimento rápido e com alto rendimento de tecido magro depois da erradicação do gene HAL da população. Devido à herdabilidade moderada das características das fibras musculares, o futuro da tecnologia genética hoje é representado pela identificação dos genes responsáveis pela regulação do número e do tamanho das fibras musculares e da densidade capilar. Portanto, são necessárias mais pesquisas, mesmo à luz da nova tendência de extensão do período de terminação para produzir um suíno mais pesado, mas ainda magro.

### **1.4 Segurança alimentar**

A indústria de carnes do Canadá se sente muito vulnerável a questões de segurança. AS preocupações específicas são a contaminação do alimento com microorganismos patogênicos e de deterioração, ou com químicos industriais ou agrícolas que podem resultar em envenenamento alimentar. Como o conhecimento do controle destas fontes de contaminação é menos desenvolvido, pois se aplica à produção e ao manejo pré-abate, hoje há vários esforços dirigidos ao desenvolvimento de programas efetivos de HACCP na granja. Por exemplo, mais controle é aplicado ao momento de retirada de ração (jejum) antes do abate e composição da última ração. De fato, ambos fatores podem afetar o grau de esvaziamento gástrico antes do abate, levando a um maior risco de contaminação cruzada entre carcaças devido à presença de estômagos cheios ao longo da linha e evisceração.

### **1.5 Manejo na granja**

A preocupação do público com o bem-estar animal em instalações modernas e de manejo fez com que os produtores desenvolvessem sistemas que realmente melhorem as condições dos suínos e da carne suína. A prática de manter grandes grupos de animais total ou parcialmente ao ar livre é um exemplo. A popularidade da produção ao ar livre está aumentando em todo o mundo. O RU teve o aumento mais significativo de unidades ao ar livre na última década, de menos de 6% antes de 1975 para aproximadamente 25% hoje. Um aumento semelhante em popularidade é relatado na França, onde a produção ao ar livre é hoje de 10% das matrizes (25% na Bretanha). Nos países do sul da Europa, como Espanha e Portugal, a produção ao ar livre de suínos em terminação representando mais um sistema de produção ao ar livre, além do tradicional usado para os suínos ibéricos. Na Itália, uma crescente proporção de suínos pesados criados para presunto Parma são mantidos em sistemas semi-confinados (ao ar livre de 30 a 70 kg e confinados até 160 kg). Devido a seus significativos benefícios em termos de saúde, bem-estar, ganho diário, eficiência alimentar, distribuição de peso e custos de criação (economia de 15-20% por animal), as expectativas são de um aumento desta alternativa de produção em todo o



território italiano. As difíceis condições climáticas, especialmente no inverno, evitaram que os produtores canadenses criassem suínos ao ar livre até agora, mas seguindo a tendência da Suécia, cujas temperaturas no inverno não são muito diferentes das canadenses, é provável que este sistema de criação também seja bem-sucedido na América do Norte. No entanto, são necessários mais estudos de larga escala usando instalações de abate comerciais e não experimentais para documentar os efeitos gerais da produção ao ar livre sobre o comportamento, composição de carcaça e qualidade de carne de suínos.

## 1.6 Alimentação

Como os custos da ração são ao redor de 60% do custo total de produção, um aumento na eficiência alimentar deve ter considerável impacto econômico. Formular uma dieta envolve a determinação da mistura de ingredientes que satisfaçam as exigências nutricionais dos animais de acordo com objetivos estabelecidos de produção (minimizando custos de produção) em relação ao seu apetite. Embora o valor nutricional dos ingredientes possa ser considerado constante, as necessidades diárias dos animais evoluem à medida que crescem e o peso aumenta. O potencial de crescimento de proteína não é o mais importante fator que determina as exigências nutricionais de suínos em crescimento. Embora existam dados na literatura sobre a composição do ganho de peso dos suínos em geral, esta informação não pode ser usada para ser usada para formular rações balanceadas que sejam adequadas às necessidades de todos os suínos. De fato, apenas através do conhecimento preciso do potencial de crescimento protéico e do consumo de energia de suínos é que seremos capazes de formular rações adequadas às exigências dos animais, e, ao mesmo tempo, minimizar os efeitos adversos que a produção de suínos pode ter sobre o ambiente.

Os progressos da seleção genética nos últimos anos resultaram na produção de suínos de alto desempenho. Os maiores desempenhos são em termos de crescimento rápido, deposição de proteína e eficiência alimentar. No entanto, como estes novos genótipos têm altas necessidades nutricionais, sua produção pode não ser adequadas às novas regulamentações do mercado internacional que levam em conta a redução gradual de subsídios governamentais e políticas ambientais. Portanto, valeria a pena estudar as curvas de deposição de proteína e de lipídios destes genótipos a fim de determinar suas reais exigências nutricionais e, conseqüentemente, reduzir os custos de ração e a produção de nitrogênio.

## 1.7 Tipo comportamental

Os problemas comportamentais que impõem restrições sobre a produtividade também devem ser considerados. De fato, o aumento da seleção para um certo tipo de suíno de rápido crescimento magro levou à produção de suínos excitáveis, que são difíceis de manejar nos procedimentos pré-abate. Observações em quatorze abatedouros em vários países, inclusive no Canadá, indicaram que estes suínos têm características comportamentais que tornam o seu manejo difícil, como: 1) hiper-atividade ao toque; 2) instinto gregário extremo; 3) refugio constante nos corredores. Se esta tendência continuar, o uso de corredores de fila única para

dirigir os suínos para o equipamento de atordoamento ou o uso de atordoamento com CO<sub>2</sub>, cujo uso está aumentando em todo o mundo, causará problemas de qualidade de carcaça e de carne por causa do uso excessivo de pincanas elétricas e reação violenta à exposição ao gás, respectivamente. Conseqüentemente, como proposto recentemente no relatório de consenso do Conselho Canadense de Pesquisa em Alimentos Agrícolas (2000), devem ser realizados estudos mais detalhados sobre a regulação genética de características comportamentais de suínos para incluir estas características em esquemas de seleção.

## **2 Agradecimentos**

Este ano, novamente a Embrapa Suínos e Aves reuniu com sucesso palestrantes falando sobre a realidade da produção de carne suína em diferentes regiões do mundo, permitindo a troca de informações nas preocupações mais recentes da indústria da carne suína, principalmente segurança alimentar, planos de alimentação e melhoramento genético. Gostaria de agradecer especialmente aos moderadores da conferência, que tiveram total disponibilidade para presidir as sessões de discussão após as palestras.

## **MENSAGEM DE AGRADECIMENTO**

Jorge Vitor Ludke

Pesquisador III  
Embrapa Suínos e Aves  
Concórdia, SC - Brasil  
e-mail: [jorge@cnpisa.embrapa.br](mailto:jorge@cnpisa.embrapa.br)

### **Prezados participantes da Segunda Conferência Internacional Virtual sobre qualidade de Carne Suína**

O comitê organizador do evento agradece a participação dos 962 inscritos nesta conferência. Este interesse pelos assuntos abordados e a participação no evento são motivo de satisfação para nós que atuamos em pesquisa na Embrapa Suínos e Aves.

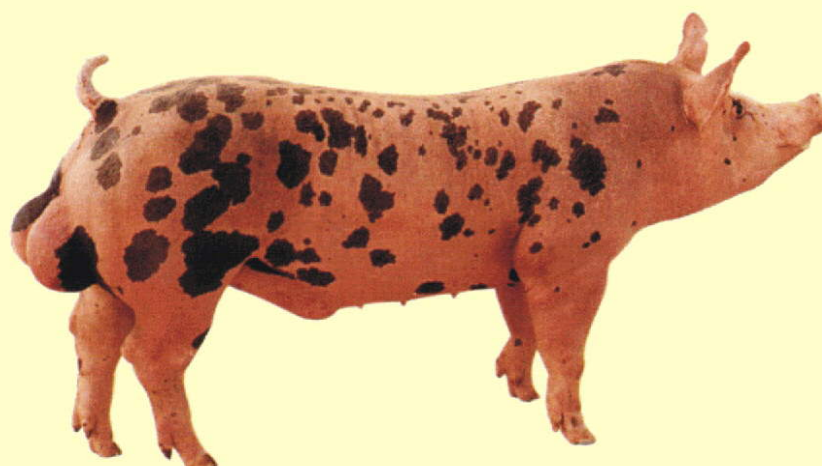
Queremos aproveitar a oportunidade para agradecer a todos os palestrantes que contribuíram enviando as suas palestras. Tivemos a satisfação de apresentar importantes informações técnicas envolvendo o conceito de qualidade na produção de carne suína. Este conceito amplo que engloba o que se chama de "carne de qualidade" e que reflete a preocupação em produzir e transformar com qualidade em todas as etapas do processo.

Aos coordenadores dos tópicos apresentados, a todos os colaboradores que contribuíram para a execução das ações necessárias para assegurar o pleno andamento e manutenção da conferência o nosso muito obrigado. Agradecimento especial para o colega Dr. Roberto Aguilar da Silva, grande idealizador da realização das conferências virtuais na Embrapa e ao colaborador Jackson Altenhofen, o Web Designer desta Conferência.

Nosso agradecimento às instituições que deram o apoio e respaldo tecnológico para a execução da conferência. Especial agradecimento queremos expressar homenageando a Universidade do Contestado - Campus de Concórdia cuja infraestrutura na área de educação a distância permitiu que durante 30 dias a Conferência estivesse ao alcance de todos.

Finalmente expressamos também nossos agradecimentos aos patrocinadores deste evento que possibilitaram que todas as informações geradas fossem disponibilizadas de forma gratuita aos participantes.

Jorge Vitor Ludke  
Pesquisador III da Embrapa Suínos e Aves  
Comitê Organizador da Conferência  
Concórdia, 06.12.2001.



**Embrapa**

---

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Suínos e Aves  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Caixa Postal 21, 89.700-000, Concórdia, SC

Telefone (49) 4428555, Fax (49) 4428559

<http://www.cnpsa.embrapa.br>

[sac@cnpsa.embrapa.br](mailto:sac@cnpsa.embrapa.br)