

## O Estresse no Manejo Pré-Abate e na Qualidade da Carne Suína



ISSN 0101- 6245  
Versão Eletrônica  
Dezembro, 2006

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Suínos e Aves  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Documentos 119***

## **O Estresse no Manejo Pré-Abate e na Qualidade da Carne Suína**

*Charli Ludtke  
Carlos Eduardo Wayne Nogueira  
William Bertoloni  
Osmar Antonio Dalla Costa  
Germano Jorge Dornelles Soares*  
Autores

Embrapa Suínos e Aves  
Concórdia, SC  
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Suínos e Aves**

Rodovia BR 153 - KM 110  
89.700-000, Concórdia-SC  
Caixa Postal 21  
Fone: (49) 3441 0400  
Fax: (49) 3442 8559  
<http://www.cnpsa.embrapa.br>  
sac@cnpsa.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Embrapa Suínos e Aves**

Presidente: Cláudio Bellaver  
Secretário-Executivo: Tânia M.B. Celant  
Membros: Teresinha M. Bertol  
          Cícero J. Monticelli  
          Gerson N. Scheuermann  
          Airton Kunz  
          Valéria M. N. Abreu  
Suplente: Arlei Coldebella

Coordenação editorial: Tânia M.B. Celant  
Revisão técnica: Teresinha M. Bertol, Cícero J. Monticelli, Gerson N. Scheuermann  
Normalização bibliográfica: Irene Z.P. Camera  
Editoração eletrônica: Vivian Fracasso  
Foto(s) da capa: Charli Ludtke

1ª edição  
Versão eletrônica (2007)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Embrapa Suínos e Aves**

---

O estresse no manejo pré-abate e na qualidade da carne suína/ Charli Ludtke...[et al.]. – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006.  
4Op.; 21cm. – (Documentos/Embrapa Suínos e Aves, ISSN 0101-6245; 119).

1. Suínos – carne – qualidade. 2. Suíno – manejo pré-abate – estrsse. I. Ludtke, Charli. II. Título. III. Série.

CDD 664.9

# **Autores**

## **Charli Ludtke**

Médica Veterinária, M.Sc. em Estresse no manejo pré-abate e qualidade da carne suína, acadêmica do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial - Faculdade de Agronomia (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, charli@wspabr.org.

## **Carlos Eduardo Wayne Nogueira**

Médico Veterinário, D.Sc. em Medicina Veterinária, professor da Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, nogueira@ufpel.tche.br.

## **William Bertoloni**

Zootecnista, D.Sc. em Engenharia de Alimentos, professor Departamento de Zootecnia e Extensão Rural, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá, MT, bertoloni@ufmt.br.

## **Osmar Antonio Dalla Costa**

Zootecnista, D.Sc. em Sistema de produção de suínos ao ar livre, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC,osmar@cnpa.embrapa.br.

**Germano Jorge Dornelles Soares**

Químico, D.Sc. em Ciências dos Alimentos,  
professor do Programa de Pós Graduação em  
Ciência e Tecnologia Agroindustrial - Faculdade de  
Agronomia (FAEM), Universidade Federal de  
Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS,  
germojds@ufpel.tche.br.

# Sumário

<b>O Estresse no Manejo Pré-Abate e na Qualidade da Carne Suína.....</b>	<b>7</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>7</b>
<b>Caracterização do estresse.....</b>	<b>7</b>
Avaliação da resposta fisiológica do estresse.....	10
Formas de avaliações.....	11
Determinação de cortisol.....	11
Determinação de lactato.....	12
<b>Mecanismos através dos quais podem afetar a qualidade da carne.....</b>	<b>12</b>
<b>Influência da genética na qualidade da carne.....</b>	<b>14</b>
Gene Rendimento Napole (RN).....	14
Gene Halotano.....	14
<b>Situações de estresse no manejo pré-abate.....</b>	<b>15</b>
<b>Referências.....</b>	<b>18</b>

# O Estresse no Manejo Pré-Abate e na Qualidade da Carne Suína

---

*Charli Ludtke*

*Carlos Eduardo Wayne Nogueira*

*William Bertoloni*

*Osmar Antonio Dalla Costa*

*Germano Jorge Dornelles Soares*

## Introdução

No manejo pré-abate há fatores estressantes, que dependendo da duração ou severidade, são capazes de afetar o bem-estar e alterar a qualidade da carne. Um fator considerado crítico para o bem-estar é a movimentação inadequada dos animais. Assim, dependendo da forma de manejar os suínos, pode-se observar que maus tratos, medo, esforço e excessiva utilização de bastão elétrico, afetar o bem-estar e causam perdas na qualidade.

Suínos manejados de forma incorreta durante o carregamento, descarregamento e, posteriormente, na área de abate, podem apresentar modificações no comportamento e nas respostas fisiológicas. Esta prática de manejo influi na indução do estresse psicológico e físico. O estresse aumenta a liberação de hormônios adrenérgicos e corticotróficos, que interferem nas reservas de glicogênio muscular, antecipando a glicólise *post mortem*. Esse mecanismo, dependendo da intensidade, pode resultar em valores de pH desfavoráveis, que combinados à temperatura elevada das carcaças

suínas, provocam diminuição da capacidade de retenção de água e alteração na cor da carne . Portanto, há maior desnaturação das proteínas, aumentando a incidência de carne *palida, soft, exudative* (PSE) e *reddish-pink, soft, exudative* (RSE).

As adequações das condições de abate são fundamentais para atender futuras legislações de bem-estar animal, tornando extremamente relevante propostas que investiguem os níveis de estresse em relação a qualidade da carne, o que melhora sua competitividade no exigente mercado internacional.

Este trabalho revisa os principais mecanismos de respostas dos suínos ao estresse e sua influência na qualidade da carne.

## Caracterização do estresse

O estresse é o principal indicador utilizado para avaliar o bem-estar animal. A maioria dos autores, entre os quais destacam-se Grandin (1998), Moberg (2000), Machado Filho & Hötzel (2000), descrevem que o estresse não é causa e sim consequência. É uma demonstração de que os animais desenvolvem mecanismos de respostas quando sua homeostasia está ameaçada, necessitando de ajustes fisiológicos ou comportamentais para adequar-se aos aspectos adversos do manejo ou ambiente. A adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas e comportamentais visando manter o equilíbrio das funções vitais (Barnett & Hemsworth, 1990; Borell, von,1995).

As respostas são específicas para a ameaça sofrida e ocorrem em três linhas de defesa:

- Reconhecimento ao agente estressante.
- Defesa biológica contra o agente estressor.
- Consequência da resposta ao estresse - Custo Biológico.



A primeira reação ao estresse, é o reconhecimento do agente estressante com alteração do comportamento. Portanto, os animais têm reações comportamentais ao serem expostos a estímulos estressantes na tentativa de escapar ou aliviar-se do estressor (Moberg, 2000). As alterações comportamentais de estresse são rápidas, especialmente em situações agudas que revelam medo e refletem o sentimento para evitar o estressor (Passillé *et al.*, 1995). Um exemplo disto é o aumento da vocalização dos suínos no manejo pré-abate em condições estressantes. Warriss *et al.* (1994) e Grandin (1998) mediram os níveis de vocalização nessas condições e constataram correlação positiva entre vocalização e estresse, demonstrando que o manejo pré-abate inadequado altera o comportamento dos suínos.

A defesa biológica contra o agente estressor ocorre por ativação do sistema nervoso autônomo, através de uma resposta rápida, denominada “alarme”, “síndrome de emergência” ou também “reação de luta ou fuga” (Cannon, 1929; Moberg, 2000). A resposta ocorre quando os estímulos externos e internos são conduzidos via sistema nervoso, por neurotransmissores, até o hipotálamo, onde é secretado o hormônio liberador de corticotropina (CRH). Esse hormônio é transportado até a hipófise (pituitária), estimulando a síntese e a liberação de adrenocorticotropina (ACTH), que por sua vez estimula a liberação de glicocorticóides (cortisol) e catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pela glândula adrenal (Fig. 1). O CRH também estimula a resposta rápida de “luta ou fuga”, que num mecanismo coordenado pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), cria diferentes sinais, entre os quais, encontra-se o aumento da frequência respiratória e cardíaca nos animais (Matteri *et al.*, 2000).

Um dos exemplos mais evidentes da resposta rápida é a movimentação dos suínos no pré-abate. Brundige *et al.* (1998) verificaram aumento na frequência cardíaca de suínos, manejados no carregamento e descarregamento, utilizando bastão elétrico. Estas alterações foram acompanhadas de indicadores comportamentais de agitação (orelhas em pé, vocalização, perda de equilíbrio) e hormonais (aumento do

cortisol). Rushen (2000) afirma que uma vez entendidas as causas das alterações do comportamento, pode-se definir a inter-relação neurofisiológica e a atuação neuroquímica nos animais de produção.

Os glicocorticóides (cortisol) desempenham papel importante na gliconeogênese, que no fígado converte gordura e proteína em glicose para produção de energia. Esses hormônios potencializam a síntese e ação da epinefrina, a qual estimula a gliconeogênese e lipólise, mobilizando os estoques de energia para uma vigorosa atividade e, ao mesmo tempo, regula a concentração de glicocorticóides para manter a homeostasia. O aumento na liberação de hormônios adrenérgicos e corticosteróides acaba interferindo nos níveis de glicogênio e fosfocreatina muscular e, conseqüentemente, nas concentrações de Adenosina trifosfato (ATP), lactato e íons hidrogênio. O acúmulo de lactato e íons hidrogênio causam o declínio do pH *post mortem* (Warriss, 1998b; D'Souza *et al.*, 1998; StØier *et al.*, 2001; Henckel *et al.*, 2002; Allison *et al.*, 2003).

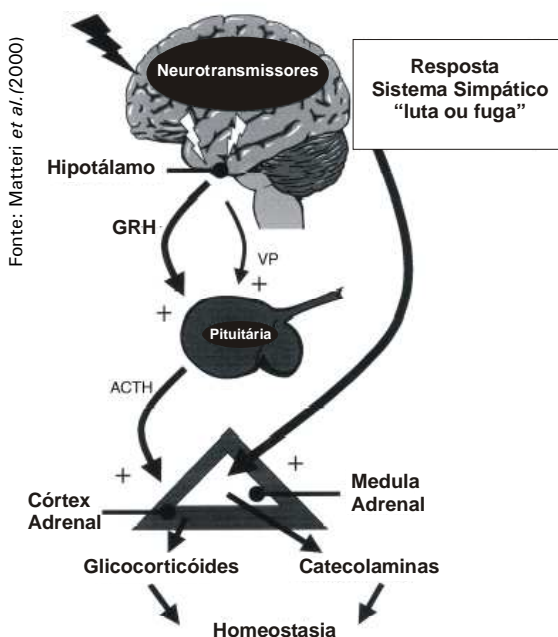


Fig. 1. Cérebro hipotálamo hipófise adrenal

Na tentativa de manter a homeostase, o estresse é positivo e tem valor adaptativo. O estresse crônico, entretanto, leva a uma outra reação, conhecida como “desistência aprendida”. O animal “aprende” que sua reação ao meio desfavorável não resulta em adaptação e, portanto, deixaria de reagir. Essa condição tem inúmeras conseqüências para o organismo animal: maior fragilidade do sistema imunológico, aumentando a susceptibilidade a doenças; redução da produtividade em alguns casos; ocorrência de comportamentos anômalos (Machado Filho & Hötzel, 2000).

A elevação crônica dos glicocorticóides, resulta no catabolismo protéico, hiperglicemia, supressão imune, susceptibilidade para infecção e depressão (Matteri *et al.*, 2000). A energia no estresse crônico é mobilizada constantemente, o que pode ser uma forma de desviá-la do mecanismo de produção (Zulkifli & Siegel, 1995). Outros efeitos são o aumento da vasoconstrição, a inibição do processo inflamatório e da resposta imunitária, observando-se que os corticosteróides diminuem a blastogênese de linfócitos B, a atividade das células *natural killer* e a síntese de citoquinas (van Borell, 1995).

O modelo de estresse apresentado na figura 2 é uma resposta em cascata representando os eventos biológicos, cuja natureza pode variar de indivíduo para indivíduo. Acredita-se que o principal problema, não está na natureza das defesas biológicas durante o estresse, mas no seu impacto para o animal. Portanto para determinar quando ou quanto o estresse afeta o bem-estar animal, deve ser avaliado o custo biológico. Quando o custo biológico de suportar a situação estressante desviar reservas de outras funções biológicas, como da manutenção da competência imunológica, reprodutiva, metabólica ou crescimento, o animal experimenta o diestresse. Durante o diestresse há o prejuízo das demais funções, o que coloca o animal no estágio pré-patológico, provocando vulnerabilidade a numerosas patologias (Moberg, 2000).

O efeito nas funções biológicas e a manutenção do estresse, quando não adaptado, levam ao aparecimento de patologias, ameaçando o

bem-estar animal. Há fatores que podem influenciar na percepção do estímulo, permitindo uma melhor resposta do animal e diminuindo os gastos metabólicos, entre os quais pode-se destacar a experiência prévia, idade, genética, interação humano-animal (Moberg, 2000).

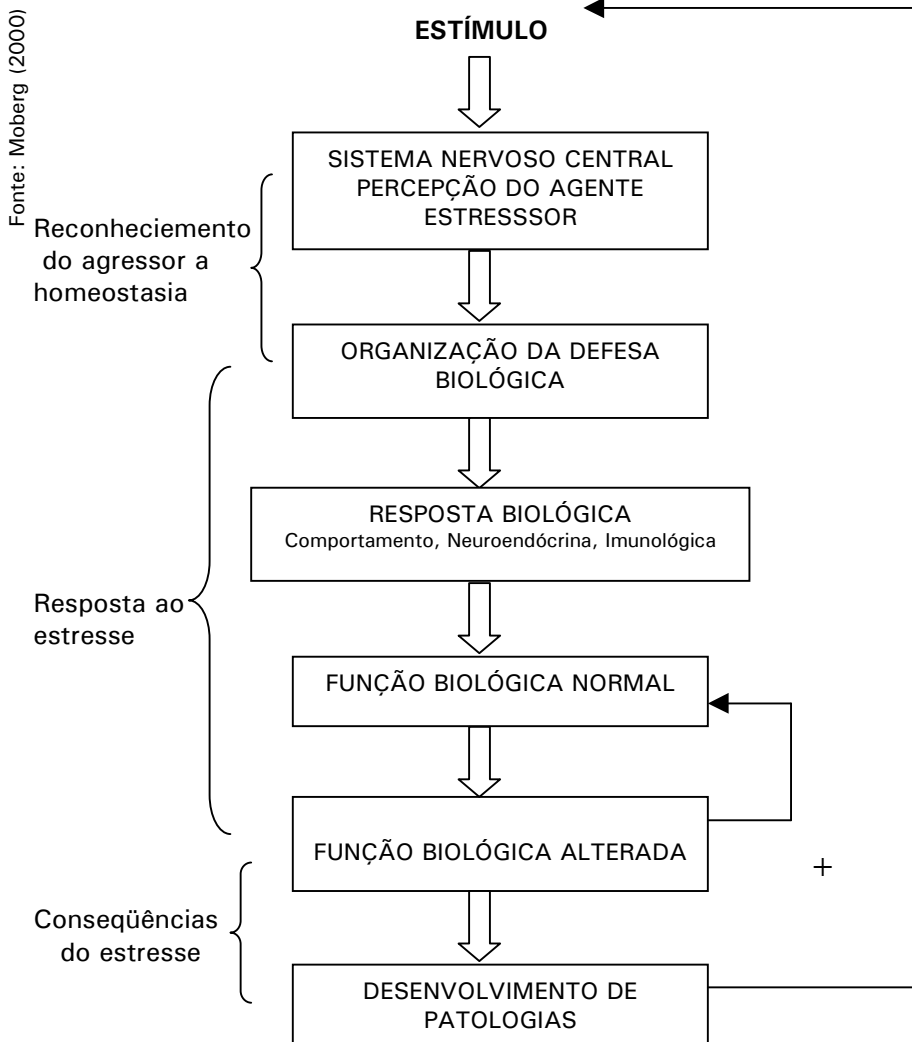


Fig. 2. Demonstração esquemática do mecanismo da resposta biológica dos animais ao estresse.

## Avaliação da resposta fisiológica do estresse

Selye, (1939), observou alterações marcantes no tamanho do tecido endócrino, subsequente à exposição a um agente estressante. As observações de Selye foram confirmadas em vários experimentos, demonstrando claramente que as respostas endócrinas, constituem um componente integral da resposta ao estresse (Kar *et al.*, 1991; Stratakis & Chrousos, 1995). Os sinais hormonais desempenham papel vital na manutenção da homeostasia e os hormônios endócrinos respondem de alguma forma, aos agentes estressantes específicos (Weissman, 1990; Wenk, 1998). Entretanto, o estresse pode afetar o controle do metabolismo hormonal. A maioria dos efeitos da resposta adaptável ao estresse, está na integração de múltiplos fatores que freqüentemente interagem na resposta hormonal e afetam diretamente a saúde física e o bem estar animal.

A secreção de hormônios corticosteróides pela córtex adrenal, está relacionada aos níveis de estresse e sua medida no plasma é relativamente fácil. Os níveis circulantes de hormônios corticosteróides podem ser extremamente sensíveis respondendo a estímulos discretos, incluindo baixos níveis de ativação emocional semelhantes à exposição a um novo meio ambiente.

Há outros fatores que devem ser considerados na sensibilidade característica do sistema neuroendócrino, todos relacionados aos procedimentos, como a manipulação, manejo, punção venosa para coleta sanguínea, enquanto formas específicas têm sido desenvolvidas para minimizar esta influência no experimento.

### Formas de avaliações

Há pelo menos dois métodos para medir o estresse; através da resposta comportamental e pela avaliação das funções biológicas (endócrinas e enzimáticas) nos fluídos ou tecidos de animais vivos. No caso dos animais de abate, informações adicionais do estresse *ante mortem*,

podem ser obtidas por avaliações posteriores na carcaça (Moberg, 1985; Shaw & Tume, 1992). Um dos maiores problemas no monitoramento do estresse é a variação na resposta individual, porque frente ao mesmo estressor cada animal responde diferentemente (Moberg, 1985; D'Souza *et al.*, 1998).

A fadiga e o estresse podem ser avaliados através de análises bioquímicas no plasma (adrenalina, noradrenalina, cortisol), bem como por avaliações visuais e físico-químicas da carcaça através da incidência de lesões na carcaça. Pode-se mensurar o estresse, avaliando-se as funções endócrinas, reações comportamentais e ações do sistema nervoso autônomo. No entanto, estas análises isoladas, não têm demonstrado qualidade para quantificar a situação de estresse, porém quando associadas, se tornam uma metodologia eficaz. Na prática da etologia, o bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas baseadas em que, se o estresse aumenta, o bem-estar diminui. Já os indicadores comportamentais são baseados especialmente na conduta de comportamentos anormais, e de comportamentos que se afastam do ambiente natural. Porém, se o nível da resposta rápida não permite adaptação ou à mudança ambiental, ou a resposta não está disponível, o animal pode alterar a sua biologia, através de mudanças significativas no seu sistema endócrino e autônomo via HPA.

### **Determinação de cortisol**

Em casos de manejo pré-abate mais estresante os animais elevam os níveis plasmáticos de cortisol. Em resposta ao estresse psicológico, prepara seu organismo com suprimento extra de energia, permitindo a “reação de luta ou fuga”. O cortisol é o maior hormônio adreno-cortical secretado, em resposta à liberação do hormônio adreno-corticotrófico (ACTH) pela hipófise em situações de estresse. A liberação se dá pela córtex adrenal, resultando em elevada concentração de glicose plasmática, através do aumento da glicogenólise hepática e gliconeogênese associada ao catabolismo da proteína. O hormônio

também é necessário para a efetividade das funções das catecolaminas, especialmente na mobilização de ácidos graxos voláteis (Shaw & Tume, 1992; Shaw & Trout, 1995). O efeito final dessas alterações metabólicas é aumentar a glicose sanguínea até seu nível normal e armazenar glicogênio para suprir de energia (Nelson & Cox, 2002).

Grandin, (1994) observou que em situações de extremo estresse, os valores de cortisol podem dobrar ou quadruplicar. D'Souza *et al.* (1998) observaram que há muitas diferenças individuais num mesmo grupo, alguns suínos podem ter aumento à resposta hormonal, quando comparados com outros, isto dificulta a comparação das respostas dos estressores de diferente intensidade. No entanto Shaw *et al.* (1992, 1995) sugeriram que na comparação de dois tratamentos, em relação ao estresse, aquele grupo que produzir cortisol em valores médios inferiores, seja adotado como o menos estressante, portanto, não prescindindo de padrões pré-estabelecidos.

Warriss *et al.* (1998a) e Gispert *et al.* (2000) mediram as concentrações plasmáticas de cortisol e encontraram correlação positiva entre os níveis de cortisol e o grau de lesões de pele, causadas por brigas entre os suínos no manejo. Bertoloni & Silveira, (2003) observaram que suínos insensibilizados com dióxido de carbono ou com corrente elétrica possuem diferentes níveis de cortisol. Warriss *et al.* (1998d) e Pérez *et al.* (2002) avaliaram tempos diferentes de transporte e constataram diferença significativa nas concentrações de cortisol, no entanto Warriss *et al.* (1998c) e Barton-Gade & Christensen, (1998) ao submeterem suínos a diferentes densidades de transporte, não constataram diferença neste hormônio. Brown *et al.* (1998) estabeleceram para suínos abatidos em condições estressantes  $17,02\mu\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$  e em situações de mínimo estresse  $7,62\mu\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ . Shaw & Trout (1995) avaliaram a concentração de cortisol plasmático em suínos que desenvolveram carne PSE, encontrando valores elevados ( $16,63\mu\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ ).

## Determinação de lactato

Em situações de estresse intenso pode ocorrer exaustão muscular formando grandes quantidades de ácido láctico, resultante da degradação intensa do glicogênio muscular, o qual poderá ser liberado na corrente circulatória. Como resultado, altas concentrações de lactato plasmático são formadas na exaustão muscular. Adicionalmente, liberação de catecolaminas como resultado de medo ou excitação podem também causar rápida glicogenólise (Shaw & Tume, 1992).

Warriss *et al.* (1994) observaram diferenças nas concentrações de lactato em suínos abatidos em condições de estresse ( $139,8\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ ) e mínimo estresse ( $63,5\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ ). Posteriormente Brown *et al.* (1998), Warriss *et al.* (1998a) e Støier *et al.* (2001) também encontraram diferença ao comparar manejo convencional e um manejo com o mínimo estresse. Gispert *et al.* (2000) avaliaram as concentrações de lactato, em suínos que possuíam escores altos de lesões de pele, constatando que, quanto mais numerosas as lesões, maior a deposição de lactato.

Aumentos nos níveis de lactato, também podem ser causados por outras situações de estresse, conforme foi observado por Warriss *et al.* (1998d) e Perez *et al.* (2002) em relação a tempos de transporte e Bertoloni & Silveira, (2003) que avaliaram diferentes métodos de insensibilização.

## Mecanismos através dos quais podem afetar a qualidade da carne

O manejo pré-abate estressante pode influenciar negativamente a qualidade da carne suína. As correlações entre as reações induzidas por fatores estressantes e a qualidade da carne, especialmente em termos de capacidade de retenção de água e intensidade da cor, foram comprovadas por diversos autores, entre os quais citam-se Tarrant (1989), Warriss (1998b), Milligan *et al.* (1998), Faucitano (2000), Nani



Costa (2002) e Rosenvold & Andersen (2003a). Portanto, há necessidade de se monitorar os pré-requisitos fisiológicos do músculo no momento do abate, devido à relação existente com a qualidade final da carne (Henckel *et al.*, 2002).

A conversão de músculo em carne é um processo que demanda energia. No músculo a energia provém da quebra de ATP em Adenosina difostato (ADP) e fósforo inorgânico. Após a morte, o ATP é restabelecido pela conversão de ADP para ATP pela transferência do fosfato da fosfocreatina e pela degradação de glicogênio. O declínio observado no pH, depende da habilidade para formação de lactato, a partir do glicogênio disponível (Bendall & Swatland 1988). As reações bioquímicas básicas fundamentam o declínio do pH após a morte, e este declínio exerce a maior influência nas características da qualidade da carne (Bendall & Swatland, 1988; Henckel *et al.*, 2002).

O declínio do pH depende das concentrações iniciais de glicogênio e fosfocreatina (Bendall & Swatland, 1988) que em situações de estresse são mobilizadas para produção de energia. Se estímulo é de baixa intensidade, a energia é provida pelo processo aeróbico, existindo oxigênio suficiente para suprir o músculo. Se o animal é abatido durante este estágio, pode não ser possível detectar influência no desenvolvimento do pH *post mortem* ou qualidade da carne, assim como, os níveis de glicogênio não são significativamente reduzidos (Henckel *et al.*, 2002). Dependendo da duração e do estímulo de baixa intensidade do estresse, a depleção do glicogênio poderá ocorrer (Gollnick & Matoba, 1984). Por exemplo nas situações causadas por longos períodos de jejum, que promovem degradação lenta do glicogênio muscular. A carne acidifica pouco no *post mortem* e resulta em pH<sub>24h</sub> próximo ao inicial, apresentando superfície seca, coloração escura e textura firme (DFD). Warriss *et al.* (1998d), Barreto & Butzke, (2003) e Leheska *et al.* (2003), constataram que os suínos com jejum acima de 24h manifestaram pH<sub>24</sub>  $\geq 6,0$  e alta incidência de carne DFD, quando comparados aos animais que tiveram jejum normal (18h).

Em condições de estresse de média intensidade, pode haver influência no declínio do pH, reduzindo a quantidade de glicogênio e fosfocreatina, antecipando a queda do pH *post mortem*. Esse nível de estresse requer que a contração do músculo seja suprida com maior produção de ATP, que provém de fontes anaeróbicas, pela degradação de fosfocreatina e glicogênio, formando altas concentrações de ácido láctico (Gollnick & Hermansen, 1973). Se o animal é abatido nesse momento, ocorre aumento na velocidade de queda do pH *post mortem*.

No estresse de alta intensidade, o processo de degradação é semelhante ao descrito anteriormente, porém a velocidade e a exigência de energia é maior, implicando em rápida exaustão muscular (Sahlin *et al.*, 1994; Henckel *et al.*, 2002). Manejos utilizando o bastão elétrico podem causar situações de alta e média intensidade de estresse. Diversos autores, (D'Souza *et al.* 1998, Faucitano *et al.* 1998, Wal *et al.* 1999 e StØier *et al.* 2001) comprovaram que o estresse pré-abate, utilizando bastão elétrico, acelera a velocidade de glicólise nas primeiras horas *post mortem*, promovendo uma maior incidência de carne PSE. Outras formas de estresse no abatedouro, como o abate imediatamente depois do descarregamento, ou um período descanso muito curto no pré-abate, pode aumentar a proporção de carne PSE (Warriss *et al.*, 1998d).

Em situações de estresse intenso, a velocidade de queda do pH pode aumentar de duas a quatro vezes, podendo o pH na primeira hora chegar a valores abaixo de 6,0 (Swatland, 1995). O desenvolvimento de acidez (baixo pH) no músculo, associado a temperaturas elevadas (acima de 25°C), provoca maior desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas e nas miofibrilares, durante a conversão do músculo em carne (Lawrie., 1998; Joo *et al.*, 1999; Chanon *et al.*, 2000). A desnaturação causa perda da solubilidade protéica e da capacidade da água ligar-se às proteínas, além de alterar a coloração (Hedrick *et al.*, 1993; Fisher *et al.*, 2000; Rosenvold & Andersen, 2003b), caracterizando o defeito PSE em diferentes graus. O aumento da liberação de água na fibra muscular se dá, devido ao rompimento das

ligações químicas, que alteram a reflectância do feixe de luz, diminuindo a intensidade da cor da carne (Hedrick *et al.*, 1993; Swatland, 1995; Rosenvold & Andersen, 2003a).

Em casos extremos de desnaturação protéica, o defeito PSE é facilmente observado, como decorrência de uma maior velocidade de queda de pH nas primeiras horas *post mortem*. O declínio rápido do pH nem sempre é indicativo de defeito, visto que, algumas carnes, podem apresentar velocidades normais de glicólise e adequada cor, porém com altos níveis de exsudação, o que as caracterizam como RSE (Ourique, 1989; Miller, 2001; Rosenvold & Andersen, 2003a).

A relação do estresse com a velocidade de glicólise é fundamental no metabolismo *post mortem*, para caracterizar os possíveis defeitos da carne. Para melhor dimensionar esses defeitos, alguns autores, entre os quais Machado Filho & Hötzel (2000) e Rosenvold & Andersen (2003a) classificam o estresse pelo tempo de duração: curto e longo. Suínos expostos a estresse de curta duração, estão susceptíveis a desenvolver defeitos na qualidade da carne como RSE e PSE. Enquanto o estresse de longa duração está associado à presença de carne DFD.

A carne RSE é um tipo de PSE intermediária, mas sem atingir o extremo da desnaturação protéica (Deng *et al.*, 2002). As primeiras descrições desse defeito foram realizadas por Kauffman *et al.* (1993), Warner *et al.* (1997) e Laack & Kauffman (1999) ao constatarem que algumas carnes apresentavam alto percentual de exsudação (acima de 5%) e coloração normal, diferindo da PSE. Esses autores baseando-se nas avaliações de cor  $L^*$  (brilho),  $pH_u$  e perda por exsudação, dividiram as amostras em quatro categorias: Vermelha, firme, não exsudativa (RFN) correspondendo a valores de  $L^*$  42-50, exsudação < 5% e  $pH_u$  < 6,0; vermelha, flácida, exsudativa (RSE)  $L^*$  42-50, exsudação > 5% e  $pH_u$  < 6,0; pálida, flácida, exsudativa (PSE)  $L^*$  > 50, exsudação > 5% e  $pH_u$  < 6,0 e escura, firme e seca na superfície (DFD)  $L^*$  < 42, exsudação < 5% e  $pH_u$  ≥ 6,0.

As variações na qualidade da carne suína têm sido observadas em diversos trabalhos, entre os quais cita-se Kirchheim *et al.* (2001), que constataram na Alemanha 38,1% (RSE), 8,4% (PSE), 5,7% (DFD) e 47,8% (RFN), na Irlanda O'Neil *et al.* (2003) encontraram 14,5% (RSE), 25,5% (PSE), 59,5% (RFN) e 0,5% (DFD). Enquanto nos Estados Unidos 28% (RSE), 7% (PSE), 45% (RFN) e 20% (DFD) (KAUFFMAN, 1997- citado por Miller, 2001). Há alta incidência de carne RSE em diversos países, no entanto, a causa desse defeito, ainda não está bem esclarecida (Laack & Kauffman, 1999; Joo *et al.*, 1999). Offer & Knight (1989), Bendal & Swatland (1988) e Cheah *et al.* (1998) relatam que a desnaturação da miosina é um dos principais fatores causadores da exsudação inaceitável. Warner *et al.* (1997), avaliando a influência da desnaturação das proteínas estruturais na exsudação, não constataram diferença entre amostras RSE e RFN. No entanto, Lundström *et al.* (1996) e Deng *et al.* (2002), verificaram que houve desnaturação na MML (meromiosina leve) e nas proteínas sarcoplasmáticas em suínos portadores, ou não, do gene da carne ácida. Cheah *et al.* (1998) atribuíram o aumento da incidência da carne RSE às condições estressantes de manejo. Entretanto, para a maioria dos autores a incidência da carne RSE está ligada à influência genética, como o gene do *Rendimento Napole* ou gene da carne ácida (Warner *et al.*, 1997; Bertram *et al.*, 2000; Miller *et al.*, 2000; Rübensam, 2000; Deng *et al.*, 2002).

## Influência da genética na qualidade da carne

A seleção genética, ao aumentar drasticamente a eficiência na produção de carne, induziu também alterações nas relações proteína:água, o que explica a menor retenção de água quando há aceleração da queda inicial do pH *post mortem* em músculos de suínos melhorados (Lonergan *et al.*, 2001), quando comparados a grupos sem melhoramento genético. A velocidade de crescimento muscular é intensificada devido ao aumento do número de fibras musculares e

proliferação de células satélites no período de seleção genética, podendo ocorrer efeitos negativamente correlacionados com a qualidade da carne, em termos de maior palidez (Barton-Gade, 1990; citado por Rosenvold & Andersen, 2003a).

As diferenças entre animais da mesma raça ou raças diferentes, podem ser causadas por um grande número de genes com pequeno efeito, conhecido como efeito poligênico. Dentre os fatores genéticos, os dois principais genes que tem influência direta na qualidade tecnológica da carne, são o gene *Rendimento Napole* (gene RN<sup>-</sup>) e o gene Halotano (gene *hal*) (Rosenvold & Andersen, 2003a).

### **Gene Rendimento Napole (RN)**

Os suínos que carregam o alelo RN<sup>-</sup> apresentam alto potencial glicolítico no músculo, convertendo em lactato no *post mortem*, e que resulta em pH final baixo (Monin & Sellier, 1985; Estrade *et al.*, 1993). Esse gene tem sido encontrado em populações de suínos Hampshire, ou populações com ancestrais Hampshire (Miller *et al.*, 2000). Não tem efeito na velocidade de declínio do pH, mas sim nos valores de pH final 24h *post mortem*, o que resulta em baixa retenção de água (Hamilton *et al.*, 2003).

Miller *et al.* (2000) avaliaram a frequência do gene RN<sup>-</sup> em suínos Hampshire e constataram alta frequência deste alelo, acompanhado de alta deposição de glicogênio muscular, pH final baixo e maior perda por gotejamento. Warner *et al.* (1997), avaliaram amostras de carne RSE e atribuíram a causa do pH mais ácido à presença do gene RN<sup>-</sup>. Lundström *et al.* (1996) e Deng *et al.* (2002) verificaram que a desnaturação da meromiosina leve (MML) e das proteínas sarcoplasmáticas, foi intensificada nos suínos portadores do gene RN<sup>-</sup>, devido a mudanças na conformação das proteínas, causadas pelo baixo pH. Entretanto, ainda há dúvida sobre, o principal mecanismo que causa a variação na retenção de água. Laack & Kauffman, (1999) não constataram alta incidência do gene RN<sup>-</sup> em amostras de carne RSE,

concluindo que a sua ocorrência, não está relacionada somente à presença desse gene.

## Gene Halotano

O gene *halotano*, também denominado de gene da síndrome do estresse porcino, causa hipertermia maligna, que é desencadeada através do estresse ou da exposição ao gás anestésico halotano (Fábrega *et al.*, 2002). Os efeitos do gene são conhecidos desde 1960 e associados ao desenvolvimento da carne PSE (Briskey, 1964). A carne PSE foi a primeira descrição de degeneração muscular feita por Ludvigsen, (1954) (Swatland, 1995). Em 1960 Sayre *et al.* (1963) descreveram que certas raças como Pietran, Poland China, ou certas linhagens genéticas com raças Landrace, continham alta incidência de carne PSE, enquanto, outras raças ou linhagens genéticas estavam praticamente livres deste defeito. Após, Eikelenboom & Minkema (1974) confirmaram que os suínos portadores do gene halotano (gene *hal*) reagem ao gás halotano, o que originou o termo 'gene halotano. O gene *hal* codifica para os receptores *ryanodine* (RYR1), os quais são proteínas transmembranas que atuam nos canais liberadores de cálcio (CRC) do retículo sarcoplasmático do músculo esquelético (Fujii *et al.*, 1991). A mutação ocorre na posição 1843, de uma base C (citosina) para uma base T (timina), resultando na substituição de um resíduo de arginina (Arg) na posição 615 da seqüência normal da proteína para um resíduo de cisteína (Cys) na seqüência mutante. Esta mutação está relacionada à síndrome do estresse porcino (PSS) (Fujii *et al.*, 1991; Mickelson & Louis, 1996).

A disfunção dos canais liberadores de cálcio (CRC) causa aumento do cálcio no citosol em decorrência de um estímulo, ocasionando contração muscular, hipertermia, taquicardia, acidose metabólica e respiratória (LOUIS *et al.* 1990). Os suínos portadores do gene *hal* heterozigotos (Nn) ou homozigotos recessivos (nn), quando expostos a fatores estressantes, podem apresentar alterações musculares, morte ou produzir carne PSE.

Diversos países eliminaram a presença do gene *hal* de suas linhas de seleção genética. No Brasil o gene *hal* encontra-se também reduzido ou eliminado (Bastos, 1998; Culau, 1999; Peloso *et al.*, 2001). Um grande número de trabalhos tem comprovado o efeito positivo do gene *hal* (homozigotos e heterozigotos) no rendimento de carcaça e percentual de carne magra (Aalhus *et al.*, 1991; Garcia-Macias *et al.*, 1996; Antunez, 1997; Larzul *et al.*, 1997; Leach *et al.*, 1996; McPhee & Trout, 1995). Por outro lado, há o efeito negativo na cor e capacidade de retenção de água. Suínos homozigotos e heterozigotos, acompanhados de estresse no manejo, desenvolvem maior velocidade de glicólise *post mortem*, baixos valores de pH inicial e altas temperaturas, o que induz ao desenvolvimento de carne PSE. Este efeito é mais severo nos animais homozigotos para o gene *hal*. Embora tenha se eliminado ou reduzido o gene *hal*, a condição PSE ainda continua alta, mostrando que outros fatores, como o manejo pré-abate inadequado, podem estar sendo negligenciados (Channon *et al.*, 2000; Gispert *et al.*, 2000; Rübensam, 2000).

## **Situações de estresse no manejo pré-abate**

O manejo pré-abate expõe os suínos a vários agentes estressantes, entre os quais citam-se a mudança de ambiente, transporte, método de movimentação, mistura com animais desconhecidos e sistemas de insensibilização (Grandin, 1994; Rosenvold & Andersen, 2003a).

A condução de suínos durante o carregamento, descarregamento e instalações do frigorífico, utilizando excessivamente o bastão elétrico, associado à falta de rigidez na aplicação da legislação de bem-estar animal, contribuem, significativamente, para as perdas de qualidade da carne suína (Brundige *et al.*, 1998; Faucitano, 2000; Zanella, 2000).

Suínos manejados com bastão elétrico no pré-abate apresentaram maior velocidade de queda do pH e menor retenção de água, no entanto, os

valores da cor  $L^*$  não são alterados (D'Souza *et al.*, 1998; Wal *et al.*, 1999). A eliminação do uso de bastão elétrico reduziu o percentual de carne PSE, de 41 para 9% (D'Souza *et al.*, 1998). No entanto, Guise & Penny (1989) não observaram redução na incidência de PSE, nem melhorias nas características físico-químicas de qualidade, somente diminuição das lesões de pele (escoriações). A redução das escoriações também foram observadas por Wal *et al.* (1999) e Faucitano *et al.* (1998) na eliminação do bastão elétrico.

As escoriações severas são um problema econômico, com diminuição do valor das carcaças (Faucitano, 2000). Barton-Gade & Christensen, (1998) encontraram correlação entre os escores de lesões e procedimentos de manejo inadequado em carcaças suínas.

Warriss *et al.* (1998a), avaliando suínos ( $n=5500$ ) abatidos em cinco países na Europa, constataram que 63% dos animais possuíam escoriações e, dessas, 10% apresentaram escores inaceitáveis (3 e 4), além de elevados níveis de cortisol ( $15,1$  e  $20,6\mu\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ ), lactato ( $60$  e  $76\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ ) e creatina fosfoquinase ( $1554$  e  $1801\text{U}\cdot \text{L}^{-1}$ ), quando comparados com suínos com escores 2 (cortisol-  $11,9\mu\text{g}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ ; creatina fosfoquinase- $1554\text{U}\cdot \text{L}^{-1}$  e lactato-  $54\text{mg}\cdot 100\text{mL}^{-1}$ ), comprovando que escoriações severas, decorreram de maior estresse físico e psicológico.

O tempo de transporte também tem causado estresse nos suínos. Perez *et al.* (2002), avaliaram suínos transportados em dois tempos (15min e 3h) e constataram que o menor tempo apresentou valores de pH menores, nas primeiras horas do *post mortem* e altos níveis de cortisol e lactato, quando comparado ao maior tempo. No entanto, os valores de perda por exsudação não apresentaram diferenças. Esses autores explicam que o maior tempo, apesar de expor os animais a maior período de condições estressantes, também proporciona uma melhor adaptação, tornando-os menos influenciados pelas agressões do meio.



A densidade de lotação adequada no transporte, sugerida por Warriss, (1994) para proporcionar maior bem-estar aos suínos, é de  $0,45\text{m}^2 \cdot 100\text{kg}^{-1}$ , valor que pode variar, conforme as condições climáticas. A alta densidade proporciona maior esforço dos suínos, inviabilizando as condições de recuperação da fadiga. Por outro lado, as baixas densidades oferecem maior espaço para o animal deitar-se, regulando a temperatura corporal e melhor adaptando-se às condições estressantes (Warriss *et al.*, 1998d; Nani Costa *et al.*, 2002). Warriss *et al.* (1998d), avaliando a atividade da enzima creatina fosfoquinase plasmática de suínos, verificaram que altas densidades de transporte induzem maior estresse físico. Entretanto, a cor e a capacidade de retenção de água não foram afetadas pela densidade de transporte (Barton-Gade & Christensen, 1998; Warriss *et al.*, 1998d ; Nani Costa *et al.*, 2002). Warriss, (1995b) e Wal *et al.*, (1997) mencionam que o estresse provocado no transporte, pode ser recuperado com um correto manejo nas instalações do frigorífico, sendo mais prejudicial o estresse provocado minutos antes do abate.

O tempo de descanso no frigorífico causa diferentes níveis de estresse em suínos (Faucitano, 1998). O tempo ótimo de descanso varia de 2 a 3h (Wal *et al.*, 1997; Milligan *et al.*, 1998). Warriss *et al.*, (1998d) constataram que utilizando 3h de descanso, os suínos acalmam-se diminuindo brigas e, conseqüentemente, recuperando os níveis de glicogênio muscular. Há diferença significativa entre os tempos de descanso dos suínos e a ocorrência de PSE, que diminui a com 3h de descanso. Entretanto, se o tempo de descanso for estendido, à proporção de danos cutâneos e de carne DFD, causadas pelas brigas e conseqüente depleção de glicogênio, aumentam (Warriss *et al.*, 1998d; Nanni Costa *et al.*, 2002). Contrariamente, para Dall Aaslyng & Barton-Gade, (2001) não foram constatadas diferenças entre as características de qualidade da carne suína em diferentes tempos de descanso, utilizando manejos com mínimo estresse (sem bastão elétrico).

A mistura de animais desconhecidos durante o manejo pré-abate deve ser evitado (Brown *et al.*, 1998). Suínos em grupos desenvolvem hierarquia social, a qual se interrompe quando animais desconhecidos são misturados, ocorrendo frequentemente briga para estabelecer uma nova ordem de dominação (Warriss, 1998b). Suínos que brigam apresentam aumento da depleção de glicogênio no músculo, aumentando desta forma o pH final da carne (Warris & Brown, 1987; Faucitano, 1998; Warriss *et al.*, 1998a). Brown *et al.* (1998), comparando grupos de suínos manejados com mínimo estresse e adaptados ao ambiente, com animais estranhos entre si, encontraram valores de pH inicial menor e níveis elevados de cortisol, lactato, creatina fosfoquinase, nesse último grupo. Entretanto, os valores de cor e capacidade de retenção de água, não foram afetados.

Na insensibilização de suínos os dois métodos mais utilizados são: elétrico e dióxido de carbono. Casteels *et al.*, (1995), Channon *et al.*, (2000, 2002) e Bertoloni & Silveira, (2003) verificaram que a insensibilização elétrica apresentou maior velocidade de glicólise *post mortem*, menor capacidade de retenção de água, aumento de corticosteróides e maior palidez, quando comparada com dióxido de carbono. Também constataram aumento da incidência de petéquias hemorrágicas (Velarde *et al.*, 2000, 2001; Channon *et al.*, 2002), indicando que a insensibilização elétrica promove aumento da atividade muscular e maior estresse psicológico (Troeger & Woltersdorf, 1990).

Esforços vêm sendo realizados no sentido de melhorar as condições de movimentação dos suínos até o insensibilizador. Um exemplo disto é o sistema com baixo estresse proposto por Barton-Gade *et al.* (1992) e Støier *et al.* (2001) onde portões automáticos movem-se das pocilgas de espera até a área de insensibilização, sem os suínos terem contato com os manejadores e bastão elétrico para conduzir. Støier *et al.* (2001) compararam este sistema (automatizado) com o convencional (utilizando bastão elétrico e misturando suínos estranhos no corredor de insensibilização) e constataram menor velocidade de glicólise *post*

*mortem*, melhor cor e capacidade de retenção de água, quando comparado ao sistema convencional.

## Referências

AALHUS, J. L.; JONES, S. D.; ROBERTSON, W. M.; TONG, A. K.; SATHER, A. P. Growth characteristics and carcass composition of pigs with known genotypes for stress susceptibility over a weight range of 70 to 120Kg. **Animal Production**, v.52, p.347-353, 1991.

ALLISON, C. P.; BATES, R. O.; BOOREN, A. M.; JOHNSON, R. C.; DOUMIT, M. E. Pork quality variation is not explained by glycolic enzyme capacity. **Meat Science**, v.63, p.17-22, 2003.

ANTUNEZ, R. C. **O efeito do genótipo *hal* sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados**. Uberlândia, 1997. 66 p. Dissertação (Mestrado em genética e bioquímica) – Curso de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

BARNETT, J. L.; HEMSWORTH, P. H. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, v.38, p.177-187, 1990.

BARRETO, P. L. M.; BUTZKE, J. J. C. The effect of lairage time in post mortem pH in pig muscle. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49.; BRAZILIAN CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2., 2003, Campinas, SP. **Proceedings...** São Paulo: 2003, p.63-64.

BARTON-GADE, P. Danish experience in meat quality improvement. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 4., 1990, Edinburgh. **Proceedings...** Edinburgh: [s.n.], 1990. v.15, p. 511-520.

BARTON GADE, P.; BLAABJERG, L.; CHRISTENSEN, L. New lairage system for slaughter pigs. Effect on behavior and quality characteristics. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 38., 1992, Clermont Ferrand. **Proceedings...** Clermont Ferrand: [s.n.], 1992. v.2, p.161-164.

BARTON GADE, P.; CHRISTENSEN, L. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. **Meat Science**, v.48, p.237-247, 1998.

BASTOS, R. G. **Caracterização do gene do estresse suíno e seu efeito sobre o peso e composição da carcaça.** Pelotas, 1998. 44 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BENDALL, J. R. ; SWATLAND, H. J. Review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, v. 24, p.85-126, 1988.

BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E. T. F. The influence of genetic background and stunning systems on welfare and meat quality of brazilian swine. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49.; BRAZILIAN CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2., 2003. Campinas, SP. **Proceedings...** São Paulo: [s.n.], 2003. p. 365-366.

BERTRAM, H. C.; PETERSEN, J. S.; ANDERSEN, H. J. Relationship between RN genotype and drp loss in meat from Danish pigs. **Meat Science**, v.56, p.49-55, 2000.

BOERLL, E. van. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. **Applied Animal Behaviour Science**. v.44, p.219-227, 1995.

BRISKEY, E. J. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. **Advances in Food Research**, v. 13, p.89-178, 1964.

BROWN, S. N.; WARRISS, P. D.; NUTE, G. R.; EDWARDS, J. E.; KNOWLES, T. G. Meat quality in pigs subjected to minimal pre-slaughter stress. **Meat Science**, v. 49, p.257-265, 1998.

BRUNDIGE, L.; OLEAS, T.; DOUMIT, M.; ZANELLA, A. J. Loading techniques and their effect on behaviour and physiological responses of market weight pigs. **Journal Animal Science**, v.76, p.95-99, 1998. Suplemento 1.

CANNON, W. B. **Bodily in pain, hunger, fear and range**: an account of recent researches into the function of emotional excitement. Nova York: Appleton, 1929.

CASTEELS, M.; van OECKEL, M.; BOSCHAERTS, L.; SPINCEMAILLE, G.; BOUCQUE, C. V. The relationship between carcass, meat and eating quality of three pig genotypes. **Meat Science**, v. 40, p.253-269, 1995.

CHANNON, H. A. PAYNE, A. M.; WARNER, R. D. Halothane genotype pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, v. 56, p.291-299, 2000.

CHANNON, H. A. PAYNE, A. M.; WARNER, R. D. Comparison of CO<sub>2</sub> stunning with manual electrical stunning (50Hz) of pigs on carcass and meat quality. **Meat Science**, v.60, p.63-68, 2002.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; JUST, A. Identification and characterization of pigs prone to producing "RSE" (reddish-pink, soft and exudative) meat in normal pigs. **Meat Science**, v.48, p.249-255, 1998.

CULAU, P. O. V. A. **Contribuição do gene halotano sobre características da qualidade da carne suína**. Porto Alegre, 1999. Tese (Doutorado em zootecnia) - Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

D'SOUZA, D. N.; DUNSHEA, F. R.; WARNER, R. D.; LEURY, B. J. The effect of handling pre-slaughter and carcass processing rate post-slaughter on pork quality. **Meat Science**, v.50, p.429-437, 1998.

DALL AASLYNG, M.; BARTON GADE, P. Low stress pré-slaughter handling: effect of lairage time on the meat quality of pork. **Meat Science**, v.57, p.87-92, 2001.

DENG, Y.; ROSENVOLD, K.; KARLSSON, A. H.; HORN, P.; HEDEGAARD, J.; STEFFENSEN, C. L.; ANDERSEN, H. J. Relationship between thermal denaturation of porcine muscle protein and water-holding capacity. **Journal of Food Science**, v.67, p.1642-1647, 2002.

EIKELNBOOM, G.; MINKEMA, D. Prediction of pale, soft, exudative muscle with a non-lethal test for the halothane-induced porcine malignant hyperthermia syndrome. **Tijdschrift voor Diergeneeskunde**, v.99, p.421-426, 1974.

ESTRADE, M.; VIGNON, X.; MONIN, G. Effect of the RN<sup>+</sup> gene on ultrastructure and protein fractions in pig muscle. **Meat Science**, v.35, p.313-319, 1993.

FÁBREGA, E.; MANTECA, X.; FONT, J.; GISPERT, M.; CARRION, D.; VELARDE, A.; RUIZ-DE-LA-TORRE, J. L. Effects of halothane gene and pré-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig pig crosses. **Meat Science**, v.62, 463-472, 2002.

FAUCITANO, L.; MAQUARDT, M. S.; OLIVEIRA, M. S.; SEBASTIANY, H. S.; TERRA, N. N. The effect of two handling and slaughter systems on skin damage, meat acidification and colour in pigs. **Meat Science**, v. 50, p.13-19, 1998.

FAUCITANO, L. Causes of skin damage to pig carcasses. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 81, p.39-45, 2000.

FISHER, P.; MELLETT, F. D.; HOFFMAN, L. C. Halothane genotype and pork quality. 2. Cured meat products of tree hothane genotypes. **Meat Science**, v.54, p.107-111, 2000.

FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S.; KHANA, V.; WEILER, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MACLENNAN, D. H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v.253, p.448-451, 1991.

GARCIA-MACIAS, J. A.; GISPERT, M.; OLIVER, M. A.; DIESTRE, A.; ALONSO, P.; MUÑOZ-LUNA, A.; SIGGENS, K.; CUTHBERT-HEAVANS, D. The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. **Animal Science**, v.63, p.487-496, 1996.

GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; GUARDIA, M. D.; OLIVER, M. A.; SIGGENS, K.; HARVEY, K.; DIESTRE, A. A survey on pré-slaughter conditions, halothane gene frequency and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, v. 55, p.97-106, 2000.

GOLNICK, P. D.; HERMANSEN, L. Biochemical adaptations to exercise: anaerobic metabolism. **Exercise and Sports Sciences Reviews**, v.1, p.1-43, 1973.

GOLLNICK, P. D.; MATOBA, I. I. Role of carbohydrate in exercises. **Clinics Sports Medicine**, v.3, p.583-593, 1984.

GRANDIN, T. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. **Journal American Veterinary Medical Association**, v.204, p.372-376, 1994.

GRANDIN, T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. **Applied Animal Behaviour Science**, v.56, p.121-128, 1998.

GUISE, H. J.; PENNY, R. H. C. Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs. The effects of density in transport and the use of electric goads. **Animal Production**, v.49, p.511-515, 1989.

HAMILTON, D. N.; MILLER, K. D.; ELLIS, M.; McKEITH, F. K.; WILSON, E. R. Relationships between longissimus glycolytic potential and swine



growth performance, carcass traits, and pork quality. **Journal Animal Science**, v.81, p. 2206-2212, 2003.

HEDRICK, H.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**. 3. ed. Iowa: Kendall / Hunt Publishing Company, 1993. Cap. 6, p.126-129.

HENCKEL, P.; KARLSSON, A. H.; OKSBJERG, N.; PETERSEN, J. S. Control of post mortem pH decrease in pig muscle: experimental design and testing of animal models. **Meat Science**, v.55, p.131-138, 2000.

HENCKEL, P.; KARLSSON, A. H.; JENSEN, M. T.; OKSBJERG, N.; PETERSEN, J. S. Metabolic conditions in porcine *longissimus muscle* immediately pre-slaughter and its influence on peri and *post mortem* energy metabolism. **Meat Science**, v.62, p.145-155, 2002.

JOO, S. T.; KAUFFMANN, R. G.; KIM, B. C.; PARK, G. B. The relationship of sarcoplasmatic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. **Meat Science**, v.52, p.291-297, 1999.

KAR, L. D. van de; RICHARDSON-MORTON, K. D.; RITTENHOUSE, P. A. Stress: neuroendocrine and pharmacological mechanisms. **Methods and Achievements in Experimental Pathology**, v.14, p.133-173, 1991.

KAUFFMANN, R. G.; SYBESMA, W.; SMULDERS, F.J. M.; EIKELENBOOM, G.; ENGEL, B.; VAN LAACK, R. L. J. M.; HOVING-BOLINK, A. H.; STERRENBURG, P.; NORDHEIM, E. V.; WALSTRA, P.; VAN DER WAL, P. G. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. **Meat Science**, v.34, p.283-300, 1993.

KAUFFMANN, R. G. **National Pork Quality Project**: Final report to de National Pork Producers Council publication. Des Moines, [s.n.], 1997.

KIRCHHEIM, U.; KINAST, C.; SHONE, F. Early post-mortem measurements as indicator of meat quality characteristics. **Fleischwirtschaft**, v.81, p.89-90, 2001.

LAACK, R. L. J. M. van; KAUFFMAN, R. G.; SYBESMA, W.; SMULDERS, F. J. M.; EIKELBOOM, G.; PINHEIRO, J. C. Is colour brightness (L\*-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle. **Meat Science**, v.38, p.193-201, 1994.

LAACK, R. L. J. M. van; KAUFFMAN, R. G. Glicolytic potential of read, soft, exudative pork longissimus muscle. **Journal Animal Science**, v.77, p.2971-2973, 1999.

LARZUL, C.; LE ROY, P.; GUEBLEZ, R.; TALMANT, A.; GOGUE, J.; SELLIER, P.; MONIN, G. Effect of halothane genotype (NN, Nn, nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaughtered at 95Kg or 125Kg live weight. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.114, p.309-320, 1997.

LAWRIE, R. A. **Meat science**. 6. ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing, 1998. 584 p.

LEACH, L. M.; ELLIS, M.; SUTTON, D. S.; McKEITH, F. K.; WILSON, E. R. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p.934-943, 1996.

LEHESKA, J. M.; WULL, D. M.; MADDOCK, R. J. Effects of fasting and transportation on pork quality development and extent of postmortem metabolism. **Journal Animal Science**, v.81, p.3194-3202, 2003.

LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E.; ROWE, L. J.; KUHLLERS, D. J.; JUNGS, S. B. Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2075-2085, 2001.

LOUIS, C. F.; GALLANT, E. M.; REMPLE, E.; MICKELSON, J. R. Malignant hyperthermia and porcine stress syndrome: a tale of two species. **Pig News Information**, v.11, p.341-344, 1990.

LUDVIGSEN, J. Undersogelser over den sakaldte "muskeldegeneration" hos svin. **Beretning fra forsogslaboratoriet**, v.272, p.1-122, 1954.

LUNDSTRÖM, K.; ANDERSSON, A.; HANSSON, I. Effect of the RN gene on technological and sensory meat quality in crossbred pigs with Hampshire as terminal sire. **Meat Science**, v.42, p.145-153, 1996.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Bem estar dos suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: Gessuli, 2000. p.70-82.

MATTERI, R. L.; CARROLL, J. A.; DYER, C. J. Neuroendocrine responses to stress. In: MOBERG, G.; MENCH, J. A. **the biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare**. Davis: University of California, 2000. p.43-76.

McPHEE, C. P.; TROUT, G. R. The effects of selection for lean growth and the halothane allele on carcass and meat quality of pigs transported long and short distances to slaughter. **Livestock Production Science**, v.42, p.55-62, 1995.

MICKELSON, J. R.; LOUIS, C. F. Malignant hyperthermia: excitation contraction coupling, Ca<sup>++</sup> release channel, and cell Ca<sup>++</sup> regulation defects. **Physiological Reviews**, 76, p.537-592, 1996.

MILLER, K. D.; ELLIS, M.; McKEITH, F. K.; BIDNER, B. S.; MEISINGER, D. J. Frequency of the Rendement Napole RN<sup>-</sup> allele in population of American Hampshire pigs. **Journal Animal Science**, v.78, p.1811-1815, 2000.

MILLER, R. Obtendo carne de qualidade consistente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, São Pedro, SP. **Qualidade e segurança para os consumidores do novo milênio: anais**. São Pedro, ITAL, 2001. p. 1123-136.

MILLIGAN, S. D.; RAMSEY, C. B.; MILLER, M. F.; KASTER, C. S.; THOMPSON, L. D. Resting of pigs and hot-fat trimming and accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. **Journal of Animal Science**, v.76, p.74-86, 1998.

MOBERG, G. P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: MOBERG, G.; MENCH, J. A. **The biology of animal stress:**

basic principles and implications for animal welfare. Davis: University of California, 2000. p.1-22

MOBERG, G. P. Biological response to stress: key to assessment of animal well-being? In: MOBERG, G. P. **Animal stress**. Bethesda, Maryland: American Physiological Society, 1985. p.456-496.

MONIN, G.; SELIER, P. 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**, v.13, p.49-63, 1985.

NANNI COSTA, L.; LO FIEGO, D. P.; DALL'OLIO, S.; DAVIOLO, R.; RUSSO, V. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. **Meat Science**, v.61, p.41-47, 2002.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2002. Cap. 23, p.682-692.

O'NEILL, D. J.; LYNCH, P. B.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J.; KERRY, J. P. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pig meat. **Meat Science**, v.64, p.105-111, 2003.

OECKEL, M. J. van; WARNANTS, N. Variation of the sensory quality within the m. *longissimus thoracis et lumborum* of PSE and normal quality. **Meat Science**, v.63, p.293-299, 2003.

OFFER, G.; KNIGHT, P.; JEACOCKE, R.; ALMOND, R.; COUSINS, T.; ELSEY, J.; PARSONS, N.; SHARP, A.; STARR, R.; PURLOW, P. The structural basis of the water-holding, appearance and loughness of meat and meat products. **Food Microstructure**, v.8, p.151-170, 1989.

OURIQUE, J. M. R. **Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação de qualidade da carne suína**. 1989. 104 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PASSILLÉ, A. M. de; EHRLICH, A. L.; WATKINS, L. R.; SPENCER, R. L.; MAIER, S. F.; LICINO, J.; WONG, M. L.; CHROUSOS, G. P.; WEBSTER, E; GOLD, P. W. The impact of the nonpeptide

corticotrophin-releasing hormone antagonist antalarmin on behavioral and endocrine responses to stress. **Endocrinology**, v.149, p.79-86, 1995.

PELOSO, J. V.; LUDTKE, C. B.; MICHELON, M.; IRGANG, R.; DELLAGOSTIN, O. A. Relação entre os genótipos da síndrome do stress suíno (PSS) em amostras de pernis resfriados e os valores de qualidade final da carne. In: CONGRESSO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10., 2001. Porto Alegre. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p.155-156.

PEREZ, M. P.; PALACIO, J.; SANTOLARIA, M. P.; ACEÑA, M. C.; CHACÓN, G.; GASCÓN, J. H.; CALVO, J. H.; ZARAGOZA, P.; BELTRAN, J. A.; GARCIA-BELENGUER, S. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. **Meat Science**, v.61, p.425-433, 2002.

ROSENVOLD, K. ; ANDERSEN, H. J. The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. **Meat Science**, v.63, p.199-209, 2003b.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality - review. **Meat Science**, v.64, p.219-237, 2003a.

RÜBENSAM, J. M. O. **Transformação *post mortem* e a qualidade da carne suína**. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

RUSHEN, J. Some issues in the interpretation of behavioural response to stress. In: MOBERG, G.; MENCH, J. A. **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare**. Davis: University of California, 2000. p.23-42.

SAHLIN, K.; TOKONOGI, M.; SÖDERLUND, K. Energy supply and muscle fatigue in humans. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.162, p.261-262, 1994.

SAYRE, R. N.; BRISKEY, E. J.; HOEKSTRA, W. G. Comparison of muscle characteristics and post-mortem glycolysis in the three breeds of swine. **Journal of Animal Science**, v.22, p.1012-1020, 1963.

SELYE, H. The effect of adaptation to various damaging agents in the female sex organs in the rat. **Endocrinology**, v.25, p.615-624, 1939.

SHAW, F. D.; TUME, R. K. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents – a review of recent work. **Meat Science**, v.32, p.311-329, 1992.

SHAW, F. D.; TROUT, G. R. Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. **Meat Science**, v.39, p.237-246, 1995.

STØIER, S.; AASLYNG, M. D.; OLSEN, E. V.; HENCKEL, P. The effect of stress during lairage and stunning on muscle metabolism and drip loss in Danish pork. **Meat Science**, v.59, p.127-131, 2001.

STRATAKIS, C. A.; CHROUSOS, G. P. Neuroendocrinology and pathophysiology of the stress system. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.771, p.1-18, 1995.

SWATLAND, H. J. **On-line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic Publishing Company, 1995. Cap. 4, p.126-129.

TARRANT, P. V. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs - review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v.13, p.79-107, 1989.

TROEGER, K.; WOLTERS DORF, W. Measuring stress in pigs during slaughter. **Fleischwirtschaft**, v.69, p.373-376, 1990.

VELARDE, A.; GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; MANTECA, X.; DIESTRE, A. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and haemorrhages in pork carcasses. **Meat Science**, v.55, p.309-314, 2000.

VELARDE, A.; GISPERT, M.; FAUCITANO, L.; ALONSO, P.; MANTECA, X.; DIESTRE, A. Effects of stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of haemorrhages in pork carcasses. **Meat Science**, v.58, p.313-319, 2001.

WAL, P. G. van der.; ENGEL, B.; REIMERT, H. G. M. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. **Meat Science**, v.53, p.101-106, 1999.

WAL, P. G. van der.; ENGEL, B.; HULSEGG, B. Causes for variation in pork quality. **Meat Science**, v.46, p.319-327, 1997.

WARNER, R. D.; KAUFFMANN, R. G.; GREASER, M. L. Muscle protein post mortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v.45, p.339-352, 1997.

WARRISS, P. D.; BROW, S. N.; ADAMS, S. J. M. Relationships between subjective and objective assessments of stress at slaughter and meat quality in pigs. **Meat Science**, v.38, p.329-340, 1994.

WARRISS, P. D.; BROW, S. N.; NUTE, G. R.; KNOWLES, T. G.; EDWARDS, J. E.; PERRY, A. M.; JOHNSON, S. P. Potential interactions between the effects of preslaughter stress and post-mortem electrical stimulation of the carcasses on meat quality in pigs. **Meat Science**, v.41, p.55-68, 1995a.

WARRISS, P. D. Pig handling: guidelines for the handling of pigs *ante mortem*. **Meat Focus**, v.5, p. 491-494, dez. 1995b.

WARRISS, P. D.; BROW, S. N. ; BARTON GADE, P.; SANTOS, C.; NANI COSTA, L.; LAMBOOIJ, E.; GEERS, R. An analysis of data relating to pig carcass quality indices of stress collect in the European Union. **Meat Science**, v.49, p.137-144, 1998a.

WARRISS, P. D. The welfare of slaughter pigs during transport. **Animal Welfare**, v.7, p.365-381, 1998b.

WARRISS, P. D.; BROW, S. N.; KNOWLES, T. G.; EDWARDS, J. E.; KETTLEWELL, P. J.; GUISE, H. J. The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs. 2.

Results from the analysis of blood and meat samples. **Meat Science**, v.50, p.447-456, 1998c.

WARRISS, P. D.; BROW, S. N.; EDWARDS, J. E.; KNOWLES, T. G. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. **Animal Science**, v.66, p.255-261, 1998d.

WARRISS, P.; BROWN, S. N. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. **Meat Science**, v.20, p.65-74, 1987.

WEISSMAN, C. The metabolic response to stress: an overview and update. **Anesthesiology**, v.73, p.308-327, 1990.

WENK, C. Enviromental effects on nutrient and energy metabolism in pigs. **Archiv für Tierernährung**, v.51, p.211-224, 1998.

ZANELLA, A. J.; DURAN, O. Bem-estar de suínos durante o embarque e o transporte: Uma visão norte-americana. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 10 jan. 2004.

ZULKIFLI, I.; SIEGEL, P. B. Is there a positive side to stress? **World Poultry Science Journal**, v.51, p.63-76, 1995.



**Embrapa**

---

***Suínos e Aves***

**Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

