

A GENÉTICA

COMO PEÇA-CHAVE PARA O DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA

A produção de uma carne suína diferenciada e que atenda aos mais exigentes mercados do mundo exige do setor cada vez mais investimentos em técnicas de genômica, edição genética, bioinformática e novas metodologias reprodutivas, que melhoram a qualidade da carne e preservam o desempenho produtivo

NUTRIÇÃO ANIMAL:

Saúde intestinal na porca e seu impacto na produção de leite e resultados da leitegada

SIAMS2022:

Produção Sustentável:
Caminhos para a Segurança Alimentar Global



Produção de carne suína de qualidade por meio de **recursos genéticos** e seus cruzamentos

Este trabalho apresenta algumas informações de pesquisa relacionadas à genética e demais fatores envolvidos nas alterações da qualidade da carne, e também as possíveis opções para melhorar a qualidade da carne no curto prazo, preservando o bom desempenho do sistema produtivo

Elsio Figueiredo, Pesquisador da Embrapa Suínos e Aves



A produção de carne suína diferenciada, isto é, aquela destinada à mercados específicos, seja para consumo in natura, seja para a fabricação de produtos de valor agregado, tem despertado interesse dos produtores de suínos empreendedores, e das agroindústrias do setor, como alternativa aos sistemas convencionais (tipo industrial), pois nestes, mesmo com alta produtividade e eficiência, a viabilização econômica decorre da grande escala/volume de produção (para redução dos custos e manter a competitividade) e da industrialização (pela agregação de valor).

O alto desempenho e rendimento de carne dos suínos utilizados no sistema industrial está também associado à certa susceptibilidade dos mesmos à alterações do metabolismo, com efeitos no pH do músculo, causando redução da qualidade da carne (que tende a apresentar defeitos como carne Pálida, Mole e Exudativa-PSE por um lado e carne Escura, Firme e Seca-DFD por outro), redução da gordura

intramuscular, aumento da perda por gotejamento e da perda por cocção, redução da maciez e do sabor.

Este trabalho apresenta algumas informações de pesquisa relacionadas à genética e demais fatores envolvidos nas alterações da qualidade da carne, e também as possíveis opções para melhorar a qualidade da carne no curto prazo, preservando o bom desempenho do sistema produtivo.

Contextualização

O entendimento da qualidade da carne suína para a industrialização é relativamente complexo, na medida em que a definição de qualidade da carne combina características objetivas e subjetivas, mas que variam entre as preferências dos mercados locais e internacionais, de acordo com as características de aparência (mais objetivas) e de atratividade e palatabilidade (mais subjetivas).

Como regra geral utiliza-se os valores da coloração (Minolta®), do pH, da capacidade de retenção de água (perda

por gotejamento e perda por cocção), da maciez (força de cisalhamento) e da gordura intramuscular (extrato etéreo) para determinar objetivamente a qualidade da carne suína. Nos EUA, por exemplo, com a avaliação da coloração e do pH se determinam as quatro categorias mais importantes e práticas da qualidade da carne suína; vermelho, firme e não exudativa (RFN); escura, firme e seca (DFD); vermelho, mole e exudativa (RSE); e pálida, mole e exudativa (PSE).

A coloração pode ser avaliada visualmente por pessoa treinada utilizando escala de cores, ou objetivamente com equipamento do tipo colorímetro (valores L* a* b*) a exemplo do colorímetro Minolta®. A indústria da carne suína tende a utilizar mais o padrão japonês, com escala que varia de 1 a 6, sendo 1 o valor mais claro.

O parâmetro L* do equipamento Minolta® significa claridade (Lightness) e é obtido pela medição da reflectância da luz na superfície da

carne, e os valores entre 42 e 46 estão associados com a melhor qualidade.

O pH do músculo suíno é neutro (entre 7,0 e 7,2), mas na medida em que este se transforma em carne o pH cai, tornando a carne crescentemente ácida, sendo que a velocidade da queda e o valor final do pH são indicadores importantes de qualidade da carne, uma vez que esta apresenta pH estabilizado em 5,5. Carne com pH acima de 6,1 pode ser classificada como escura, firme e seca (DFD), uma vez que o pH não caiu ao valor normal. Os valores preferidos de pH inicial (45 minutos após o abate) para carne de melhor qualidade variam entre 6,7 e 6,3 e os valores finais (24 horas após o abate) entre 6,1 e 5,7 (<https://www.thepigsite.com/articles/pork-meat-quality-understanding-industry-measurements-and-guidelines>).

Se o pH inicial for abaixo de 5,8 a carne pode ser classificada como PSE devido à queda acentuada e muito rápida do pH. Este deverá estabilizar abaixo de 5,5.

A capacidade de retenção de água é influenciada pelo pH. Tal capacidade determina a perda por gotejamento da carne fresca e a perda por cocção no preparo da refeição. Uma carne que não retém água é indesejável tanto para o processamento, como para o consumo in natura. Perda por gotejamento acima de 5% e perda por cocção acima de 25% indicam deficiência na qualidade da carne. Como indicador prático uma bandeja de lombo empacotado que se compra no supermercado não deve ter purga maior que 3%.

A firmeza e o marmoreio são indicadores adicionais que auxiliam na avaliação da qualidade da carne suína, sendo a firmeza medida em escala de 1 (muito mole) a 5 (muito firme) e o marmoreio medido em escala de 1 (sem marmoreio) a 10 (marmoreio abundante) <https://www.thepigsite.com/articles/pork-meat-quality-understanding-industry-measurements-and-guidelines>.

As características de maciez, suculência, sabor e odor, podem ser avaliadas objetivamente, mas em geral são avaliadas subjetivamente. Dentre essas, as três primeiras estão relacionadas e parecem ser dependentes do conteúdo de gordura intramuscular e do pH da carne.

Tem sido observado (Furnols et al., 2009) menor suculência da carne suína em genótipos portadores do gene halotano (nn) do que da carne de suínos normais, porém não houve relato de diferença para a maciez e sabor entre a carne desses genótipos. A perda de suculência foi atribuída à menor capacidade de retenção de água em carnes com características PSE. Foi também observado correlação negativa da perda de peso por cozimento com suculência, e correlação positiva da primeira com a força de cisalhamento, sugerindo que maior capacidade de retenção de água implica em menor perda por cocção, melhor textura e maior suculência.

Em relação ao odor, estudos com lombos cozidos em forno a 180 oC, por 10 minutos, e avaliados por consumidores, e também com a determinação do conteúdo de scatol e de androstenona, mostraram que a

carne de suínos machos inteiros apresentava cheiro e gosto de escatol e de androstenona, ao passo que na carne das fêmeas, dos machos imunocastrados e dos machos castrados cirurgicamente (que compunham os outros tratamentos), tal cheiro e gosto não foi percebido. Nesse caso encontrou-se também altas correlações entre os níveis de androstenona e de escatol, atribuídos por painelistas treinados, com os valores das análises químicas e com a aceitação dos consumidores.

Zhang (2020) relata que o efeito genético, isto é, a herdabilidade das características sensoriais da carne suína é baixo, variando entre 0,02 e 0,13, porém tais características apresentam correlações genéticas favoráveis com pH final (0,16-0,39) e com gordura intramuscular (0,37-0,54), sendo reconhecido a associação entre marmorização e maciez (0,32). Portanto, o pH da carne e o conteúdo de gordura intramuscular são dois fatores importantes relacionados com as características sensoriais subjetivas da carne suína.

Fatores que influenciam a qualidade da carne suína

Entre os principais fatores que influenciam a qualidade da carne suína, tanto nos aspectos de aparência como de atratividade, e que podem ser controlados no sistema de produção estão:

- Sistema de produção
- Genética
- Nutrição
- Práticas de manejo e bem estar.

TABELA 1. EXEMPLO DE COMBINAÇÕES POSSÍVEIS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA, COM IMPACTO NO CUSTO E NA QUALIDADE DA MESMA.

Tipo de alojamento	Genética	Alimentação	Manejo	Certificação	Custo/kg
Confinado =100	100	100	100	-	100
Semi-confinado=100±d1	100±d2	100±d3	100±d4	?	100±d5
Extensivo=100±d6	100±d7	100±d8	100±d9	?	100±d10

d1, d2...dn= delta de acréscimo ou redução no custo de produção associado com a escolha.

Os sistemas de produção de carne suína são conjuntos específicos formados pela combinação das partes. Se imaginarmos um conjunto de fatores como tipo de alojamento x genética x alimentação x manejo, vamos perceber que dessa combinação surge uma matriz de resultados, que na verdade são sistemas produtivos diferenciados, conforme ilustrado na Tabela 1. Tais conjuntos específicos (sistemas diferenciados) podem ser certificados ou não, mas permitem diferenciar custo de produção, produtividade, competitividade, qualidade do produto e agregação de valor.

A grande maioria da carne suína produzida no Brasil é feita em sistemas de produção confinado de grande escala, com genética, alimentação e manejo específicos determinados pelas empresas ou cooperativas integradoras. Tais sistemas apresentam características da carne e desempenho produtivo muito semelhante entre todas, porém de grande eficiência econômica, o que lhes permite concorrer com o baixo custo da carne de frango. Nesse caso a carne precisa apenas atender aos requisitos mínimos de qualidade. Essa forma de produzir abre espaço para empreendedores de menor escala de produção, que não seriam viáveis economicamente produzindo o produto convencional e procuram mercado para produtos diferenciados de maior valor agregado, que possa compensar suas pequenas escalas e deficiências logísticas.

Hipoteticamente os sistemas que confinam os animais tendem a apresentar menor custo de produção entre outros benefícios, por isso, para efeito de ilustração do raciocínio atribuímos um valor simbólico de 100 à cada parte do sistema (tipo de alojamento, genética, alimentação e manejo), representando a informação padrão e de menor custo ou mais eficiente para efeitos comparativos.

No caso do alojamento semi-confinado atribuímos o valor simbólico de 100 mais ou menos um delta, representado

por Δ . Esse delta representa o custo a mais ou a menos em relação ao sistema padrão. O que se quer exemplificar é que cada variável utilizada no sistema de produção impacta positiva ou negativamente no custo de produção e poderá ter impacto na qualidade da carne (não representado aqui).

O trabalho de Bressan et al., (2016) relata o desempenho e qualidade de carne de dois genótipos de suínos em dois sistemas de engorda. No genótipo ibérico utilizou animais de 11 meses, e no genótipo cruzados Large White x Landrace (F1) de 5 meses, sendo que ambos iniciaram a terminação com 85 kg de peso vivo e nos mesmos tratamentos (terminação alojado em confinamento x terminação alojado ao ar livre). Cada genótipo foi dividido em dois grupos, sendo um grupo de cada genótipo terminado em confinamento, abatido com média de 160 kg de peso vivo, e outro terminado ao ar livre, em pastagem de floresta de carvalho e cortiça (Dehesa) com sementeira de aveia (*Avena sativa*), vicia (*Vicia villosa*) e trevo (*Trifolium subterraneum*), abatido com média de 158 kg de peso vivo. O sistema de terminação teve menos efeito nas características avaliadas do que o genótipo. A deposição de tecido adiposo foi maior nos suínos ibéricos do que nos F1, sendo superior em 25% no total de gordura abdominal, 94% na espessura de tocinho, 72% na gordura intermuscular e gordura subcutânea do pernil, e acima de 300% na gordura intramuscular, neste caso com valores de, 10,74% contra 3,04% de gordura intramuscular. Os animais terminados ao ar livre apresentaram maior área de lombo e menor espessura de tocinho do que os terminados em confinamento. Embora a intenção do trabalho fosse identificar atributos diferenciais entre os dois genótipos em dois sistemas de terminação, as informações relatadas permitem entender porque cada variável do sistema tem um custo específico que impacta no custo do produto final. A avaliação econômica da atividade é que deve nortear a decisão de qual

sistema de produção e quais produtos serão compensatórios para qual mercado.

Do ponto de vista nutricional, de acordo com Bertol (2019), entre os fatores nutricionais o uso de gorduras como fonte de energia tem sido regra nas rações de suínos e como consequência o perfil dos ácidos graxos da gordura corporal (que são uma parte dos constituintes da gordura) sofre alteração tornando a gordura mais insaturada, o que pode afetar as propriedades organolépticas da carne dependendo do grau dessa alteração. Quanto maior a proporção de ácidos graxos poli-insaturados (óleos) em relação aos ácidos graxos saturados (gordura firme) e monoinsaturados na ração, menos consistente será a gordura, o que pode causar problemas de processamento e influenciar o sabor e o cheiro da carne, por conta da intensa oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados. Para evitar tais problemas as dietas de terminação utilizam menos gordura.

Bertol (2019) menciona ainda duas possibilidades para alteração da gordura corporal: uma não intencional pelo uso de alimentos alternativos, tais como farelo de arroz integral e DDGS de milho por exemplo, que aumentam a poliinsaturação da gordura e também pelo uso de cereais de inverno que aumenta a saturação da gordura. A segunda situação é quando intencionalmente se suplementa a dieta com ingredientes ricos em determinados ácidos graxos para aumentar a proporção de ácidos graxos ômega-3 ou ácidos graxos monoinsaturados, por exemplo.

Em complementação à suplementação com gorduras específicas, a adição de alguns ingredientes na dieta como a vitamina E e outros antioxidantes como selênio orgânico, ou ingredientes ricos em compostos fenólicos como bagaço de uva (Bernadi et al., 2016) reduz a oxidação e favorece a melhoria da qualidade e aumentar a vida de prateleira da carne. A redução da oxidação dos ácidos graxos melhora as

características sensoriais, a estabilidade da cor e a capacidade de retenção de água da carne. Por exemplo, Bertol et al. (2017) encontraram que a adição do bagaço do processamento da uva na alimentação de suínos melhorou a cor da carne aumentando a intensidade do vermelho e a saturação de cor.

Existe uma variedade de alimentos que conferem propriedades específicas à carne de suínos (efeito antioxidante e enriquecimento com ômega 3), como por exemplo o óleo de linhaça e outros (Bernardi et al., 2016). As bolotas de carvalho e corticeira, bem como ingredientes como o óleo de canola proporcionam enriquecimento da carne suína com ácidos graxos monoinsaturados.

Entre as práticas de manejo para se melhorar a qualidade da carne pode se abater os animais com maior peso ao abate, que tendem a ter maior teor de gordura intramuscular (Bertol et al., 2015), como também a castrar os machos para evitar cheiro desagradável do escatol e da androstenona (Lunde et al., 2012).

Além desses fatores, algumas práticas de manejo pré-abate ajudam a reduzir a incidência de carnes DFD e PSE tais como:

- **O jejum de 12-18 horas antes do abate**
- **O descanso de pelo menos 2 horas na baía de espera antes de abate**
- **O espaço suficiente na baía de espera para que os suínos possam deitar-se e descansar**
- **O chuveiro na baía de espera e nos bretes para que os suínos possam refrescar-se enquanto estão em áreas do abatedouro**
- **A seleção, embarque, transporte, desembarque dos suínos de maneira calma, evitando os possíveis fatores estressantes.**

A genética utilizada nos sistemas de produção de suínos nos dias atuais (sistemas convencionais) tem sido modulada para produzir, de forma balanceada, alto desempenho reprodutivo das matrizes (que necessitam ser híbridas de pelo menos duas raças ou linhas para produzir em torno de 2,3 partos/ano com 14 leitões desmamados por parto), com alto desempenho dos leitões (índices de viabilidade, ganho de peso diário, eficiência alimentar e pouca espessura de toicinho).

Do ponto vista genético esse alto desempenho é decorrente do valor genético das porcas, dos cachos e dos leitões. O valor genético tem uma parte aditiva com origem no valor dos alelos de cada loci (melhorado pela seleção e aumento da frequência dos alelos favoráveis em direção à homozigose) que é herdável, e uma parte não aditiva e não herdável, com origem na interação entre os alelos de cada loci (heterozigose) e entre loci (epistasia) que é o vigor híbrido, responsável por cerca de 10 a 20% da superioridade dos animais cruzados em relação aos animais puros e que se manifesta na forma de heterose materna, heterose paterna e heterose individual. Neste “algoritmo”, se a qualidade da carne não for remunerada ela não estará presente. A adição da qualidade da carne no “algoritmo” vai alterar a relação entre as partes do sistema convencional.

O efeito da genética do suíno sobre a qualidade da carne é expressivo e acontece devido à bioquímica e a fisiologia decorrentes do efeito da expressão gênica de cada locus relacionado ao assunto (genes de efeito maior como o “gene do halotano”-, RYR1 e “do rendimento napole”-PRKGA3 (Salas et al., 2017), e também devido às mutações pontuais dos polimorfismos de nucleotídeos simples, que resultam na troca de bases ou de aminoácidos em pontos específicos na transcrição gênica).

De acordo com Gao et al., (2021), múltiplos genes, incluindo genes de efeito maior e genes com efeito moderado ou com efeito menor, controlam a qualidade da carne suína. RN, RKAG3, RYR1, PHKG1, MC4R, e insulin-like growth factor 2 (IGF2) são os genes de efeito maior relatados com influência nas características de qualidade de carne. Do total de 30.580 QTLs liberados para acesso público, 691 estão associados com qualidade da carne.

Em estudo com 7 SNPs de genes relacionados com a qualidade da carne suína, em populações de suínos do Noroeste da Argentina, Rodriguez et al., (2022) encontraram uma mutação pontual no gene RYR1 (C1843T), associado com carne PSE e informam que animais homozigotos recessivos (TT) produzem carne PSE e animais heterozigotos (CT) influenciam na qualidade da carcaça; duas mutações funcionais no gene PRKGA3, associadas com carne ácida, onde o SNP no códon 199 causa uma substituição de aminoácido I>V (Isoleucina>Valina) e no SNP no códon 200, uma substituição R>Q (Arginina>Glutamina), ambas importantes para características de qualidade da carne (Capacidade de retenção de água e pH); dois SNPs no gene CAST da calpastatina, importante para qualidade da carne suína, relacionado com a proteólise posmorte do músculo. Aqueles autores informam que diversos polimorfismos no gene CAST já foram descritos na literatura incluindo CAST 638Ser>Arg e CAST 76.872G>A associados com maciez da carne; e dois SNPs no fator de transcrição SOX6, associado com a especificação das fibras musculares lentas durante a diferenciação do músculo esquelético, SOX6A (rs81358375:G>A) na posição do nucleotídeo 42.8120.66, e SOX6B (rs321666676:G>C) na posição do nucleotídeo 43.023.574 (Tabela 2).

TABELA 2. VARIABILIDADE GENÉTICA PARA CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE CARNE DOS SUÍNOS INDUSTRIAIS-HÍBRIDOS E CRIoulos (RODRIGUEZ ET. AL., 2022)

Gene SNP	Genótipo	Híbridos N=153	Crioulos N=87		
		Frequência Genotípica, %	Frequência Alélica, %	Frequência Genotípica, %	Frequência Alélica, %
RYR1 Carne normal 1843C>T	CC	70,13	C=85,06	55,17	C=77,59
	Ct	29,87	t=14,94	44,83	t=22,41
	Carne PSE	tt	0		
PRKAG3 200R>Q 199I>V	RN- / rn*	36,36	RN-=24,35	50,57	RN-=36,77
	rn+ / rn*	23,38	rn*=42,21	14,94	rn*=37,35
	rn+ / rn+	16,23	Rn+=33,44	9,19	Rn+=25,86
	RN- / rn+	11,04		18,39	
	rn* / rn*	12,34		4,59	
Carne ácida CAST	RN- / RN-	0,65		2,29	
	GG	33,12	G=62,67	40,23	G=66,09
7687G>A	GA	59,09	A=37,33	51,72	A=33,91
Maciez da carne CAST	AA	7,79		8,05	
638Ser>Arg	CC	5,85	C=39,29	1,15	C=27,59
	CA	66,88	A=60,71	52,87	A=72,41
	AA	27,27		45,98	
SOX6A Fibras musculares lentas	AA	48,05	A=74,03	55,17	A=77,59
42812066G>A	AG	51,95	G=25,97	44,83	G=22,41
SOX6B	GG	24,03	G=53,25	13,78	G=49,41
43023574G>C	GC	58,44	C=46,75	71,26	C=50,59
Cor e pH da carne	CC	17,53		14,94	

Populações de suínos do Noroeste argentino mostraram alta variabilidade nos marcadores genéticos para qualidade da carne RYR11843C>T, PRKAG3199I>V e PRKAG3200R>Q, CAST 638Ser>Arg, CAST 76.872G>A, SOX6A (rs81358375:G>A) e SOX6B (rs321666676:G>C) e leve diferenciação genética. Mesmo após as muitas iniciativas para eliminar os alelos deletérios (t) do gene RYR1 (halotano) e RN- do gene PRKAG3 (carne ácida), encontrou-se alta incidência desses alelos em populações de suínos comerciais e de suínos crioulos.

O teor de gordura intramuscular é um indicador importante da qualidade da carne suína sendo utilizado para

diferenciar as raças escolhidas para o sistema de produção. Meadus et al. (2018) reporta a média de porcentagem de gordura intramuscular encontrada numa amostra das 5 raças de suínos criadas no Canadá, sendo Duroc (n = 208) 2,9 ± 0,7%, ibéricos (n = 169) 2,8 ± 0,6%, Berkshire (n = 16) 2,8 ± 0,8%, Lacombe (n = 207) 2,0 ± 0,4%, e Pietrain (n = 16) 2,0 ± 0,6%. Tais autores mencionaram que apenas reprodutores Duroc e ibéricos produziram progênie F1 com mais de 4% de gordura intramuscular nas 616 amostras. Mencionaram ainda que a maioria dos suínos produzidos no Canadá apresenta em média 1,5% de gordura intramuscular, no músculo longissimus dorsi e que em

consequência, os painéis sensoriais determinaram que o mínimo ideal de gordura deveria ser 3%, uma vez que baixa gordura intramuscular na carne suína causa problemas de falta de sabor, de suculência e de maciez. Aqueles autores também mencionam que a indústria bovina ajustou o seu mínimo para obter o grau premium AAA ou Prime, para 7% de gordura intramuscular em bife de lombo fresco, e que, em reconhecimento ao valor da gordura intramuscular no músculo do lombo suíno, o USDA propôs que o sistema de avaliação seja ajustado para recompensar carne suína com mais de 3% de gordura intramuscular.

Na Embrapa Suínos e Aves, entre os

estudos realizados para avaliar as características de interesse nos vários genótipos do banco de germoplasma da empresa, encontrou-se que a raça Moura e suas cruzas apresentaram

maior percentual de gordura intramuscular do que os cruzamentos padrão utilizados na produção comercial, e que o desempenho dessas cruzas eram suficientes para utilizá-las

em sistemas de produção de alta produtividade, como foi o caso da cruza LDLWMO que deu origem a linha sintética Embrapa MO25C (Tabela 3).

TABELA 3. DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA E DA CARNE OBSERVADOS EM DIFERENTES GENÓTIPOS AVALIADOS NA EMBRAPA SUÍNOS E AVES (FIGUEIREDO ET AL., 2010A)

Genótipo do cachaço	Embrapa MS 115 (Macho Terminador)					
	Moura	Comercial	LDLW 1	LDLWMO	LWMO	Moura
Leitões nascidos vivos	8,1±0,7	11,4±0,8	9,4±0,88	10,8±0,7	10,7±0,8	7,8±0,6
Leitões desmamados	6,8±0,6	10,7±0,7	9,1±0,82	9,3±0,6	10,0±0,7	6,7±0,7
Peso da leitegada desmamada, kg	38,8±3,6	70,6±6,6	66,8±7,08	70,2±7,4	74,8±6,6	41,7±6,6
Peso vivo final da terminação, kg	81,4±1,8	120,8±1,8	115,5±1,837	115,8±1,8	113,7±1,8	100,7±1,8
Idade ao abate, d	171,7±1,1	174,1±1,1	167,6±1,058	169,7±1,1	169,5±1,1	171,1±1,1
Conversão alimentar crescimento-terminação	3,124±0,06	2,746±0,06	2,621±0,06	2,661±0,06	2,923±0,0,06	2,932±0,06
Carne na carcaça, %	52,9±0,7	58,59±0,6	57,8±0,5	58,1±0,5	56,7±0,6	53,6±0,5
Espessura de toucinho, mm	24,2±1,2	15,73±0,9	17,0±0,8	16,3±0,8	18,5±0,8	23,4±0,8
Extrato etéreo do lombo, %	3,3±0,1	1,57±0,1	1,30±0,1	2,2±0,1	1,69±0,1	2,5±0,1
Profundidade do lombo, mm	49,4±1,4	59,79±1,0	58,1±0,9	57,4±0,9	55,2±0,9	48,9±0,9
Consumo da porca na maternidade	77,4±7,2	113± 9	108± 8	95,7±6,6	108± 7	78,0±9,7

1LDLW=Landrace x Large White;
LWMO=Large White x Moura;
LDLWMO=Landrace x Large White x Moura

Bertol et al. (2010) demonstraram que uso de reprodutores da raça Duroc como macho terminador melhorou o escore visual de marmoreio, o teor de matéria seca e o conteúdo de gordura intramuscular do lombo, em relação ao uso do machos terminador (MS115). Ficou também demonstrado que a raça Moura quando utilizada no lado materno melhora o escore visual de cor do pernil e o teor de gordura intramuscular em relação ao uso de matrizes F1 e esse efeito se refletiu também no cru-

zamento onde foi utilizada a linha fêmea MO25C. Esta, por conter 25% de Moura na sua genética, quando cruzada com reprodutores Duroc, produziu animais de abate que apresentaram a melhor qualidade de carne em relação aos demais cruzamentos estudados (Tabela 4).

Mais tarde, em outro trabalho, Bertol et al. (2013) relataram que do lado da linha macho, a raça Duroc melhora o parâmetro luminosidade, intensidade

de vermelho, índice de saturação de cor, o teor de gordura intramuscular e a maciez da carne de leitões Duroc x F1, em relação aos leitões do cruzamento padrão MS115 x F1. Nesse mesmo trabalho também foi demonstrado que a raça Moura, quando utilizada como linha fêmea, também melhora a intensidade de vermelho e índice de saturação de cor, e o conteúdo de gordura intramuscular e maciez da carne de leitões MS115 x Moura em comparação aos leitões MS115 x F1 (Tabela 5).



TABELA 4. CARACTERÍSTICAS DA CARNE SUÍNA (NO LOMBO E PERNIL) EM CRUZAMENTOS ESPECÍFICOS PARA MELHORAR A QUALIDADE DA CARNE (BERTOL ET AL., 2010).

Indicadores	Duroc x F1	MS115 x F1	Duroc x MO25C	MS115 x Moura
LOMBO				
L* (luminosidade)	45,65±0,57ab	46,91±0,45ab	47,21±0,39a	45,14±0,54b
a* (intensidade de vermelho)	6,89±0,26ab	6,25±0,24b	7,48±0,21a	6,85±0,31ab
b* (intensidade de amarelo)	1,61±0,31ab	0,63±0,20b	1,79±0,19a	0,76±0,24ab
Escore visual de cor 2	2,08±0,08b	2,46±0,14ab	2,56±0,12ab	2,95±0,17a
Saturação de cor	7,24±0,27ab	6,36±0,25b	7,73±0,23a	6,96±0,33ab
Escore visual de marmoreio 3	1,98±0,13ab	1,35±0,09c	1,56±0,14bc	2,36±0,22a
pH 45 min	6,34±0,02a	6,19±0,02b	6,46±0,05a	5,91±0,03c
pH 24 horas	5,58±0,02	5,62±0,02	5,63±0,01	5,64±0,01
Perda de água por gotejamento, %	2,98±0,31b	3,40±0,27b	2,59±0,32b	4,55±0,42a
Matéria seca, %	25,50±0,15a	23,55±0,09c	25,29±0,11a	24,23±0,20b
Gordura intramuscular, % 4	2,16±0,15a	1,47±0,10b	2,56±0,16a	2,25±0,19a
PERNIL				
Escore visual de cor	2,37±0,11c	3,08±0,11b	2,88±0,09b	3,64±0,14a
pH 45 minutos	6,43±0,03a	6,21±0,03b	6,39±0,03a	5,99±0,03c
pH 24 horas	5,61±0,02a	5,68±0,02a	5,66±0,01a	5,65±0,02a

2 Escore visual de 1 a 6, onde 1=rosa pálido e 6=vermelho escuro 3 Escore visual de 1 a 10, onde 1=1% de marmoreio e 10=10% de marmoreio 4 Determinação em laboratório (extrato etéreo).

TABELA 5. EFEITO DO GENÓTIPO SUÍNO NO TEOR DE GORDURA INTRAMUSCULAR E NA MACIEZ DA CARNE (BERTOL ET AL., 2013).

Genótipo/Indicadores	Duroc x F1	MS115 x F1	MS115 x Moura
LOMBO			
Escore de core	2,47 ± 0,09	2,70 ± 0,11	2,79 ± 0,10
Escore de marmorização	1,70 ± 0,13	1,40 ± 0,12	1,52 ± 0,12
pH45 minutos	6,04 ± 0,02b	6,31 ± 0,04a	6,32 ± 0,04a
pH24 horas	5,42 ± 0,01b	5,49 ± 0,02a	5,47 ± 0,02a
Perda por gotejamento, %	5,31 ± 0,62	5,16 ± 0,33	5,56 ± 0,55
L* (Luminosidade)	49,72 ± 0,39a	47,70 ± 0,46b	47,75 ± 0,33b
a* (Intensidade de vermelho)	6,12 ± 0,15b	6,69 ± 0,17a	6,88 ± 0,20a
b* (Intensidade de amarelo)	-4,40 ± 0,20	-4,31 ± 0,26	-4,35 ± 0,28
Índice de saturação de cor	7,61 ± 0,16b	8,09 ± 0,17a	8,29 ± 0,17a
Gordura intramuscular, %	2,64 ± 0,14a	1,29 ± 0,13c	1,86 ± 0,15b
Força de cisalhamento, kg	4,30 ± 0,28b	5,27 ± 0,28a	3,47 ± 0,17c
PERNIL			
Escore de core	2,57 ± 0,09b	2,97 ± 0,09a	3,03 ± 0,06a
pH45 minutos	6,07 ± 0,03b	6,33 ± 0,04a	6,34 ± 0,05a
pH24 horas	5,41 ± 0,01b	5,49 ± 0,02a	5,46 ± 0,02a
Perda por gotejamento, %	3,71 ± 0,42	3,72 ± 0,25	3,50 ± 0,24
L* (Luminosidade)	49,08 ± 0,44a	46,50 ± 0,42b	45,69 ± 0,47b
a* (Intensidade de vermelho)	7,82 ± 0,23c	9,00 ± 0,20b	9,72 ± 0,24a
b* (Intensidade de amarelo)	-2,78 ± 0,20a	-3,53 ± 0,26b	-3,41 ± 0,22b
Índice de saturação de cor	8,40 ± 0,19c	9,78 ± 0,17b	10,37 ± 0,24a

O peso de abate tem papel importante na determinação da qualidade da carne suína, na medida em que influencia o teor de gordura intramuscular. Sobre essa informação Oliveira et al. (2016) demonstraram que o teor de gordura intramuscular aumenta proporcionalmente com o aumento do peso ao abate em animais abatidos aos 100, 115 e 130 kg de peso vivo. (Tabela 6).

Na Tabela 7 resumimos o conjunto de informações sobre indicadores de qualidade de carne dos vários trabalhos e classificamos em carne tipo industrial, tipo qualidade de carne 1 e tipo qualidade de carne 2, mas não conseguimos nenhuma informação

que nos permitisse classificar a carne como de alta qualidade, isto é, como teor de gordura intramuscular maior do 3%.

Mikawa e Yoshioka (2012) relatam a formação de uma nova população de suínos da raça Duroc no Japão, a partir de 1999, com alto conteúdo de gordura intramuscular. Foram identificados dois loci de características quantitativas (QTLs) para conteúdo de gordura intramuscular segregando nessa população. O aumento da gordura intramuscular por conta desses QTLs localizados nos Cromossomos 7 e 14 foi, respectivamente, de 0,7% e 0,4% para cada cópia do alelo, sendo que os dois QTLs agiam independentemente.

Esse trabalho resultou, em 2009, numa nova população construída com 9 reprodutores homocigotos e 14 fêmeas matrizes homocigotas em ambos os QTLs. Dos animais que não foram selecionados e abatidos, o teor médio de gordura intramuscular foi $6,3 \pm 1,9\%$ (21 castrados) e $5,8 \pm 1,3\%$ (39 leitoas), valores de aproximadamente o dobro dos 3,2% encontrados na carne de animais da linha convencional. A espessura de tocinho, entretanto, foi semelhante à da linha convencional, com aproximadamente 2,0 cm. Essa população foi chamada “Bono Brown” e foi multiplicada para produzir a carne com a marca “Bono Pork” produzida com reprodutores terminais Bono-Brown.

TABELA 6. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA CARNE EM SUÍNOS DUROC-MS115 X MO25C EM FUNÇÃO DO PESO DE ABATE (OLIVEIRA, 2016).

Parâmetros	Machos castrados			Leitoas		
	100	115	130	100	115	130
Lombo						
pH45	$6,29 \pm 0,04$	$6,46 \pm 0,03$	$6,48 \pm 0,05$	$6,46 \pm 0,03$	$6,39 \pm 0,04$	$6,26 \pm 0,06$
pH24	$5,71 \pm 0,03$	$5,77 \pm 0,02$	$5,76 \pm 0,01$	$5,75 \pm 0,02$	$5,71 \pm 0,01$	$5,73 \pm 0,01$
Perda por gotejamento, %	$3,54 \pm 0,66$	$3,30 \pm 0,33$	$2,61 \pm 0,31$	$3,65 \pm 0,35$	$2,99 \pm 0,26$	$4,57 \pm 0,53$
Perda por cocção, %	$35,69 \pm 0,68$	$36,84 \pm 0,30$	$36,04 \pm 0,41$	$36,55 \pm 0,24$	$37,71 \pm 0,43$	$38,78 \pm 0,37$
Força de cisalhamento, N	$30,98 \pm 3,99$	$30,83 \pm 1,85$	$30,78 \pm 11,47$	$31,91 \pm 1,63$	$41,84 \pm 2,90$	$31,09 \pm 1,29$
Matéria seca, %	$24,87 \pm 0,35$	$25,26 \pm 0,15$	$27,34 \pm 0,22$	$24,52 \pm 0,16$	$25,28 \pm 0,11$	$26,32 \pm 0,23$
Extrato etéreo, %	$1,77 \pm 0,28$	$2,01 \pm 0,76$	$3,06 \pm 0,79$	$1,68 \pm 0,32$	$1,86 \pm 0,67$	$2,20 \pm 0,62$



TABELA 7. PERFIL DOS CRUZAMENTOS DE SUÍNOS REALIZADOS NOS ESTUDOS DA EMBRAPA SUÍNOS CLASSIFICADOS PELO TEOR DE GORDURA INTRAMUSCULAR DOS VÁRIOS GENÓTIPOS (1=FIGUEIREDO ET AL.,2010B; 2= BERTOL ET AL., 2010; 3= BERTOL ET AL., 2013; 4= OLIVEIRA, 2016)

Tipo	Genótipo	Peso de abate, kg	CA	% EE	pH45	pH24	Cor A'	% carne	Ref
Suíno industrial	MS115 x F1	120	2,75	1,57	6,26	5,41	7,86	58,59	1
Suíno Industrial	MS115 x F1	113	3,08	1,29	6,31	5,49	6,69	57,41	2
Suíno Industrial	MS115 x F1	119	2,67	1,47	6,19	5,62	6,25		3
Suíno Q carne 1	Duroc-MS115xMO25C	100	2,655	1,725	6,37	5,73			4
Suíno Q carne 1	Duroc-MS115xMO25C	114	2,85	1,935	6,42	5,74			4
Suíno Q carne 2	MS115 x MO25C	115	2,66	2,21	6,18	5,41	7,4	58,14	1
Suíno Q carne 2	Duroc-MS115xMO25C	128	3,125	2,63	6,37	5,54			4
Suíno Q carne 2	Duroc x F1	122	3,14	2,64	6,04	5,42	6,12	53,97	2
Suíno Q carne 2	Duroc x F1	120	2,76	2,16	6,34	5,58	6,89		3
Suíno Q carne 2	Duroc x MO25C	119	2,78	2,56	6,46	5,63	7,48		3

Conclusão

Á luz dos estudos relatados percebe-se que é possível produzir carne suína de boa qualidade se for escolhido o sistema de produção adequado, com a genética, alimentação e manejo que sustentem níveis de gordura intramuscular acima de 3%, com animais livres dos genes halotano (alelo t) e da carne ácida (alelo RN-). É possível melhorar a qualidade da carne no curto prazo eliminando-se os reprodutores (machos e fêmeas) portadores dos genes do halotano e da carne ácida. Adicionalmente no médio prazo, é possível melhorar o teor de gordura intramuscular escolhendo reprodutores terminais de linhas Duroc de maior conteúdo de gordura intramuscular e também escolhendo matrizes das linhas sintéticas (que contenham, na sua constituição, uma proporção de raças chinesas ou ibéricas

como Moura, Piau, Nilo Canastra e outras) de maior conteúdo de gordura intramuscular. É necessário que essas linhas genéticas escolhidas para linha fêmea apresentem alto potencial genético para características reprodutivas (leitões vivos aos 5 dias e peso total da leitegada desmamada) e ainda bom potencial para características pós-desmama. As linhas macho devem apresentar alto potencial genético para características pós-desmama (ganho de peso, conversão alimentar e rendimento de carne). Normalmente as carnes com bom conteúdo de gordura intramuscular, produzidas por animais livres dos dois genes acima, já apresentam pH, coloração e capacidade de retenção de água dentro dos valores aceitáveis, e por consequência características de maciez, suculência e sabor também em níveis suficientes para essa boa qualidade. A redução do

odor exige cuidado no manejo e na castração dos machos. O desenvolvimento de outras linhas genéticas selecionadas para características de qualidade de carne, a exemplo da linha Duroc “Bono Brown”, utilizando a seleção assistida por marcadores e a seleção genômica para escolher pais e mães livres das mutações (SNPs) que prejudicam a qualidade da carne, é um alternativa que pode ser iniciada para obtenção do resultado no longo prazo.

Para consultar a bibliografia completa acesse o QR Code ou o link no QR Code.

