

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. 1. EFEITO DO GENE  
HALOTANO SOBRE A DEPOSIÇÃO DE GORDURA  
INTRAMUSCULAR. 2. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM  
MINERAIS NO PRÉ-ABATE.**

**Luana Ribeiro Alves**  
Médica Veterinária

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS – BRASIL  
Dezembro de 2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. 1. EFEITO DO GENE  
HALOTANO SOBRE A DEPOSIÇÃO DE GORDURA  
INTRAMUSCULAR. 2. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM  
MINERAIS NO PRÉ-ABATE.**

Luana Ribeiro Alves

**Orientador: Prof. Dr. Robson Carlos Antunes**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina Veterinária - UFU, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Mestre em Ciências Veterinárias (Produção  
Animal).

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS – BRASIL  
Dezembro de 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

A474q    Alves, Luana Ribeiro, 1985-  
2011        Qualidade de carne suína. 1. efeito do gene halotano sobre a  
deposição de gordura intramuscular. 2. efeito da suplementação  
com minerais no pré-abate / Luana Ribeiro Alves. -- 2011.  
121 f. : il.

Orientador: Robson Carlos Antunes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Carne de porco - Qualidade - Teses.  
3. Suíno - Nutrição - Teses. 4. Suíno - Genética - Teses. I. Antu-  
nes, Robson Carlos, 1968- . II. Universidade Federal de Uberlân-  
dia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III.  
Título.

CDU: 619

---

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

LUANA RIBEIRO ALVES, nascida em 13 de novembro de 1985, na cidade de Rio Verde-GO, é Médica Veterinária graduada, no ano de 2008, pela Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia. Finalizou sua especialização em Processamento em Controle de Qualidade de Produtos de Origem Animal pela Universidade Federal de Lavras em 2010. Foi membro, entre 2003 e 2008, do Grupo de Pesquisa em Epidemiologia de Zoonoses da Universidade Federal de Uberlândia que tem como linhas de pesquisa os seguintes temas: Epidemiologia de Zoonoses Transmitidas por Alimentos, Epidemiologia do Complexo Teníase-Cisticercose, Bem Estar Animal, Epidemiologia da Convivência entre homens e animais de estimação. Integrante da equipe coordenadora do Laboratório de Ensino em Suinocultura da Universidade Federal de Uberlândia, desenvolvendo atividades de manejo, clínica, acompanhamento de estágios e supervisão de alunos da graduação do curso de Medicina Veterinária da referida instituição. Estagiou em 2004 no Laboratório de Biotecnologia Animal Aplicada da Universidade Federal de Uberlândia, onde desempenhou trabalhos na área de microbiologia de alimentos. Foi bolsista, entre 2006 e 2008, de iniciação científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. Trabalhou na empresa Granja Planalto LTDA, em 2009, como Analista da Garantia da Qualidade, na qual realizava auditorias internas de todos os setores da empresa, verificação de planos de ações, assistência e garantia da qualidade do processo, bem como ministração de treinamentos para auditores internos da qualidade. Em 2011, foi coordenadora do Núcleo de Inspeção da Secretaria Municipal de Agropecuária e Abastecimento da Prefeitura Municipal de Uberlândia, no qual monitorava a área de inspeção sanitária de produtos de origem animal em frigoríficos (suínos e bovinos), abatedouros de aves, fábrica de embutidos, pururuca, entreposto de ovos e frios, queijarias. Iniciou o Mestrado em Ciências Veterinárias/Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia em agosto de 2009. Atualmente trabalha como docente na Universidade Presidente Antônio Carlos, campus Uberlândia.

*“A educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tão pouco a sociedade muda.”*

*“Se, na verdade, não estou no mundo para simplesmente a ele me adaptar, mas para transformá-lo; se não é possível mudá-lo sem um certo sonho ou projeto de mundo, devo usar toda possibilidade que tenha para não apenas falar de minha utopia, mas participar de práticas com ela coerentes.”*

*Paulo Freire*

## DEDICATÓRIA

*Dedico esta dissertação aos meus exemplos de vida e base forte de minha caminhada, meus pais, Jair e Suelene e, aos meus irmãos, Henry e Muriel, que sempre me estimularam a dar este grande passo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me proporcionou esse grande presente que se chama VIDA e que sempre esteve comigo, me dando discernimento, sabedoria e auxílio em minhas escolhas e me confortando nas horas mais difíceis.

Ao meu grande mestre, professor Robson Carlos Antunes, meu querido amigo e orientador que me apoiou em toda essa caminhada e me ensinou que a educação deve ser delineada em bases sólidas, com integridade, profissionalismo e amor. Obrigada pela sua dedicação, exemplo, conselhos, organização, sabedoria, empenho, compreensão e, acima de tudo, por acreditar em mim. Me ensinastes a “brincar” com minha imaginação, meu conhecimento e minha capacidade. De coração, obrigada pela sua colaboração em minha formação!

A professora Dra. Janine, pelo auxílio nos cálculos das dosagens dos minerais administrados. Ao Laboratório de Genética e Bioquímica e ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Uberlândia pela execução das análises de gordura intramuscular e genotipagem dos animais.

Ao meu namorado, Pedro Augusto, pelo amor e paciência nos momentos difíceis, pelas orientações tão cabíveis ao longo desse longo trajeto. Graças a sua presença foi mais fácil transpor os dias de desânimo e cansaço! Amo você!

A minha amiga, irmã, mãe, colega de mestrado, colega de trabalho, fiscal do SIM (Serviço de Inspeção Municipal) e companheira Serly. Como sua ajuda foi imprescindível! Seu companheirismo, paciência, conforto, carinho e amor foram de grande importância na confecção desse trabalho. Contigo aprendi que apesar do cansaço, dos momentos de muito trabalho podemos viver concomitantemente a alegria, o consolo, a partilha, tornando assim o “fardo” menos pesado. Obrigada pela sua sagrada amizade!

A todos os meus amigos que estiveram comigo nessa jornada, especialmente às minhas “irmãs de coração”: Andressa, Ana Cláudia e Carolina, pelo apoio, companheirismo e a sólida amizade que construímos, a qual tenho certeza que será para sempre! Amo vocês, amigas!

Aos queridos Alysson, Fabiane e Renata, meus co-orientados, pela ajuda constante, carinho e partilhas! Por serem grandes companheiros de pesquisa em busca do conhecimento e pelo auxílio nos experimentos!

Ao Serviço de Inspeção Municipal, em especial nas pessoas das veterinárias: Claudesina, Serly e Maria Teresa, do veterinário Rodrigo Heitor e dos agentes de inspeção: Marcelo, José Jerônimo (Zé), Elano, Cristiano, Adilson, Ismael, Alexandre, Pedro e Adriano. A ajuda de vocês foi de fundamental importância!

Ao Frigorífico Real de Uberlândia-MG, seu proprietário Cilas Miranda, pelo fornecimento dos animais para este trabalho e, aos funcionários que contribuíram para a execução desse experimento, em especial: João, Carlos, Edvaldo, José Nely, Alício, José, Adilson, Maira e Jordano.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para a execução desse projeto, seja pela ajuda constante ou por uma palavra de amizade!



## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 01

	Página
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	24
1.1 Transformações musculares <i>post mortem</i> .....	25
1.2 Qualidade de carne.....	27
1.2.1 Carne DFD.....	30
1.2.2 Carne PSE.....	31
1.3 Gene halotano e a qualidade da carne suína.....	33
1.4 Gordura intramuscular e a qualidade da carne suína.....	35
1.5 Minerais e a Qualidade da carne suína.....	37
1.5.1 Descrição e atuação dos minerais.....	37
1.5.1.1 Magnésio.....	38
1.5.1.2 Zinco.....	39
1.5.1.3 Selênio.....	41
1.5.1.4 Cobre.....	42
1.5.2 Utilização de sais via água de bebida.....	42
1.6 Qualidade da carne suína: métodos de avaliação.....	43
1.6.1 pH.....	44
1.6.2 Capacidade de retenção de água .....	44
1.6.3 Cor.....	46
1.6.4 Temperatura.....	50
Objetivos Gerais.....	51
Referências.....	52

## CAPÍTULO 02

	<b>Página</b>
INFLUÊNCIA DO GENE HALOTANO SOBRE A DEPOSIÇÃO DE GORDURA INTRAMUSCULAR EM SUÍNOS.....	68
Resumo.....	68
2.1 Introdução.....	69
2.2 Objetivos.....	70
2.3 Material e Métodos.....	71
2.3.1 Universo e Período de Estudo.....	71
2.3.2 Transporte e Abate dos Animais.....	71
2.3.3 Análise do DNA.....	72
2.3.4 Análise da GIM.....	73
2.3.5 Análise Estatística.....	76
2.4 Resultados e Discussão.....	76
2.5 Conclusões.....	79
Referências.....	79

CAPÍTULO 03	<b>Página</b>
QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM SELÊNIO, COBRE, ZINCO E MAGNÉSIO NO PERÍODO PRÉ-ABATE.....	86
Resumo.....	86
3.1 Introdução.....	87
3.2 Objetivos.....	89
3.3 Material e Métodos.....	89
3.3.1 Universo e período de estudo.....	89
3.3.2 Transporte dos animais e período pré abate.....	89
3.3.3 Preparação das pocilgas.....	90
3.3.4 Protocolo de experimentação.....	91
3.3.5 Abate dos animais.....	92
3.3.6 Análise da qualidade da carne.....	93
3.3.6.1 pH.....	93
3.3.6.2 Temperatura e PCQ.....	94
3.3.6.3 Capacidade de retenção de água pelo método de compressão..	94
3.3.6.4 Cor da carne.....	97
3.3.7 Análise estatística.....	97
3.4 Resultados e Discussão.....	97
3.4.1 pH 45 minutos e pH 24 horas.....	97
3.4.2 Temperatura e Peso de Carcaça Quente.....	102
3.4.3 Capacidade de Retenção de Água.....	102
3.4.4 Cor.....	107
3.4.5 Consumo da Água de Bebida Pelos Animais.....	109
3.5 Conclusões.....	110
Referências.....	110

## CAPÍTULO 04

	<b>Página</b>
IMPLICAÇÕES.....	119
APÊNDICE A - Coleta de dados pré-abate.....	120
APENDICE B - Coleta de dados após o abate.....	121

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>UFU</b>	Universidade Federal de Uberlândia
<b>HAL</b>	Halotano
<b>GIM</b>	Gordura Intramuscular
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>Zn</b>	Zinco
<b>Cu</b>	Cobre
<b>Se</b>	Selênio
<b>DNA</b>	Ácido Desoxirribonucléico
<b>RNA</b>	Ácido Ribonucléico
<b>PCR-RFLP</b>	<i>Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism</i> – Reação em Cadeia da Polimerase-Polimorfismo do Tamanho do Fragmento de Restrição
<b>RYR</b>	Receptor de Rianodina
<b>CRA</b>	Capacidade de Retenção de Água
<b>PSE</b>	<i>Pale, Soft and Exsudative</i> – Pálida, Mole e Exsudativa
<b>DFD</b>	<i>Dark, Firm and Dry</i> - Escura, Firme e Seca.
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nation</i> -Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
<b>US\$</b>	<i>United States Dollar</i> – Dólar do Estados Unidos.
<b>R\$</b>	Real (moeda)
<b>G</b>	Grama
<b>L</b>	Litro
<b>%</b>	Porcento
<b>Kcal</b>	Quilocaloria
<b>ABIEPCS</b>	Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína
<b>ATP</b>	Adenosina Trifosfato
<b>res.</b>	Resíduo
<b>°C</b>	Graus Centígrados
<b>kDA</b>	Quilodáltons
<b>NRC</b>	<i>National Research Council</i> – Conselho Nacional de Pesquisa
<b>IGF-1</b>	<i>Insulin-like growth factor 1</i> – Fator de Crescimento Semelhante a Insulina Tipo 1
<b>TGF- <math>\beta</math></b>	<i>Transforming growth factor <math>\beta</math></i> – Fator de transformação do crescimento beta
<b>GSH-Px</b>	Glutationa Peroxidase
<b>Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Sulfato de Magnésio
<b>Zn<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Sulfato de Zinco
<b>Cu<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Sulfato de Cobre
<b>Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub></b>	Selenito de Sódio
<b>PPM</b>	Partes Por Milhão

<b>NPPC</b>	<i>National Pork Producers Council</i> - Conselho Nacional dos Produtores de Suínos
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	Íon Ferroso
<b>Fe<sup>3+</sup></b>	Íon Férrico
<b>O<sub>2</sub></b>	Gás Oxigênio
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Água
<b>JPCS</b>	<i>Japanese Pork Color Standards</i> - Padrão Japonês de Cor para a Carne Suína
<b>&gt;</b>	Maior
<b>&lt;</b>	Menor
<b>FABP<sub>3</sub> / H-FABP</b>	<i>Heart Fatty Acid-Binding Protein Gene</i> - Gene da Proteína de Ligação a Ácidos Graxos do Coração
<b>FABP<sub>4</sub> / A-FABP</b>	<i>Adipocyte Fatty Acid-Binding Protein Gene</i> - Gene da Proteína de Ligação a Ácidos Graxos do Tecido Adiposo
<b>LAGEM/UFU</b>	Laboratório de Genética Molecular da Universidade Federal de Uberlândia
<b>LAMRA/UFU</b>	Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Uberlândia
<b>ANFAR</b>	Associação Nacional dos Fabricantes de Rações
<b>RYR1</b>	Rianodina
<b>mL</b>	Mililitro
<b>V</b>	Volts
<b>A</b>	Ampere
<b>mL</b>	Mililitro
<b>Ng</b>	Nanograma
<b>µL</b>	Microlitro
<b>MgCl<sub>2</sub></b>	Cloreto de Magnésio
<b>µM</b>	Micromolar
<b>dNTPs</b>	Trifosfato Desoxinucleotídeos
<b>UI</b>	Unidade Internacional
<b>Pb</b>	Pares de bases
<b>MS</b>	Matéria Seca
<b>UM</b>	Umidade
<b>EE</b>	Extrato Etéreo
<b>ASE</b>	Amostra Seca em Estufa
<b>ASA</b>	Amostra Seca ao Ar
<b>AS</b>	Amostra Seca
<b>T</b>	Tara
<b>A</b>	Amostra
<b>MN</b>	Matéria Natural
<b>%UM</b>	Porcentagem de Umidade
<b>%EE</b>	Porcentagem de Extrato Etéreo
<b>%MN</b>	Porcentagem de Matéria Natural
<b>%MS</b>	Porcentagem de Matéria Seca
<b>GIM (MS)</b>	Gordura Intramuscular na Matéria Seca
<b>ANOVA</b>	Análise de Variância
<b>RIISPOA</b>	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de

**X<sup>2</sup>**  
**MD**

Origem Animal  
Qui-quadrado  
Mediana

**DP**  
**CV**  
**Máx.**  
**Mín.**  
**GSH**  
**GSSG**  
**H<sup>+</sup>**  
**T<sub>3</sub>**  
**T<sub>4</sub>**  
**CEUA**

Desvio Padrão  
Coeficiente de Variação  
Máximo  
Mínimo  
Glutationa Oxidada  
Glutationa Reduzida  
Íon Hidrogênio  
Triiodotironina  
Tiroxina  
Comitê de Ética Na Utilização de Animais

## LISTA TABELAS

### CAPÍTULO 01

	<b>Página</b>
Tabela 1. Características de qualidade de carne suína.....	28
Tabela 2. Características da carne PSE, normal e DFD.....	46



## CAPÍTULO 02

	Página
Tabela 1. Frequências dos genótipos halotano dos suínos estudados. Uberlândia-MG, 2010.....	77
Tabela 2. Médias, desvios padrão (DP) e coeficientes de variação (CV) para GIM analisada no músculo <i>longissimus dorsi</i> de carcaças suínas segundo o genótipo halotano. Uberlândia-MG, 2010.....	78
Tabela 3. Resultado da ANOVA para a variável gordura intramuscular (GIM) para o genótipo halotano. Uberlândia-MG, 2010.....	79
Tabela 4. Teste de Tukey para comparação das médias da quantidade de GIM a 5% de significância, para o genótipo halotano. Uberlândia-MG, 2010.....	79

Tabela 1. Níveis máximos toleráveis dos minerais magnésio, cobre, ferro, selênio e zinco em suínos e sua conversão para mg/L de água Uberlândia-MG, 2010.....	91
Tabela 2. Fontes e quantidades previstas de minerais a serem diluídas em 250 litros de água no experimento, considerando os níveis máximos toleráveis para a espécie suína. Uberlândia-MG, 2010.....	91
Tabela 3. Fontes e quantidades previstas de minerais a serem diluídas em 3,0 litros de água no experimento, considerando os níveis máximos toleráveis para a espécie suína. Uberlândia- MG, 2010.....	92
Tabela 4. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio. Uberlândia-MG, 2011.....	98
Tabela 5. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com selenito de sódio. Uberlândia-MG, 2011.....	100
Tabela 6. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de cobre. Uberlândia-MG, 2011.....	101
Tabela 7. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de zinco. Uberlândia-MG, 2011.....	101
Tabela 8. Médias e desvio padrão (DP) para o PCQ dos grupos controle e tratado com os minerais estudados. Uberlândia–MG, 2011.....	102
Tabela 9. Médias e desvio padrão (DP) para CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com os minerais estudados. Uberlândia – MG, 2011.....	103
Tabela 10. Testes de qui-quadrado e valores de <i>p</i> para as variáveis: carne PSE, normal e DFD de acordo com o grupo e a administração dos minerais nos suínos estudados. Uberlândia - MG, 2011.....	106

Tabela 11. Médias, desvio padrão (DP) e mediana para a cor da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com os minerais estudados. Uberlândia - MG, 2011.....	108
Tabela 12. Consumo de água por animal tratado. Uberlândia-MG, 2011.....	110

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 01

	<b>Página</b>
Figura 1. Transformações bioquímicas após o abate do suíno.....	26
Figura 2. Grau de cor das carnes suínas.....	29
Figura 3. Padrão de acidificação nas carnes normais, DFD e PSE.....	32
Figura 4. Raças suínas Pietrain e Poland China.....	34
Figura 5. CRA X carnes PSE, normal e DFD.....	46
Figura 6. Relação entre o estado da mioglobina e a cor da carne.....	48

## CAPÍTULO 02

	<b>Página</b>
Figura 1. Amostras de carne do músculo pernil (semibremanosus) para as análises de GIM, Uberlândia- MG, 2009.....	77
Figura 2. Pesagem da amostra de pernil, Uberlândia- MG, 2009.....	78
Figura 3. Extração do EE, Uberlândia- MG, 2009.....	79
Figura 4. Média geral para GIM após análise das amostras de carne suína coletadas. Uberlândia-MG, 2009.....	79

## CAPÍTULO 03

	Página
Figura 1. Instalações realizadas nas pocilgas do experimento, Uberlândia-MG, 2011.....	90
Figura 2. pHmetro para mensuração do pH avaliado no músculo <i>longissimus dorsi</i> , Uberlândia-MG, 2011.....	93
Figura 3. Termômetro digital para mensuração da temperatura avaliado no músculo <i>longissimus dorsi</i> , Uberlândia-MG, 2011.....	94
Figura 4. Papel filtro e placas de acrílico utilizados para a análise de CRA da carne, Uberlândia-MG, 2011.....	95
Figura 5. Análise de CRA da carne, Uberlândia-MG, 2011.....	95
Figura 6. Escaneamento das figuras para a análise de CRA da carne, Uberlândia-MG, 2011.....	96
Figura 7. Análise das imagens no Image J, Uberlândia-MG, 2011.....	96
Figura 8. Gráfico para a característica pH 45 minutos da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.....	99
Figura 9. Gráfico para a característica pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.....	99
Figura 10. Gráfico para a característica CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.....	103
Figura 11. Gráfico para a característica CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com selenito de sódio, Uberlândia-MG, 2011.....	104
Figura 19. Gráfico para a característica cor da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.....	109

## **QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. 1. EFEITO DO GENE HALOTANO SOBRE A DEPOSIÇÃO DE GORDURA INTRAMUSCULAR. 2. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM MINERAIS NO PRÉ-ABATE.**

**RESUMO-** Foram estudados um total de 304 suínos, machos castrados e fêmeas, com aproximadamente 150 dias de idade. Inicialmente foram analisados 144 suínos com o objetivo de avaliar o efeito do gene HAL sobre a deposição de GIM. Posteriormente, estudou-se 160 animais com o objetivo de investigar a interferência dos minerais: Mg, Zn, Se e Cu, adicionados à água de pocilga, no pré-abate, na qualidade final da carne suína, sendo que para cada um dos minerais testados foram estudados um total de 40 suínos (20 tratados e 20 controles) que foram alojados em duas pocilgas de descanso previamente preparadas, sendo o período de administração do mineral de 12 horas. Para análise de GIM, identificou-se inicialmente o genótipo do gene HAL nos animais por meio de análise do DNA do sangue utilizando um protocolo de PCR-RFLP e a GIM foi mensurada a partir de amostras coletadas do músculo *semimembranosus*. Para a análise dos minerais foram avaliadas as seguintes características de qualidade de carne: pH 45 minutos, pH 24 horas, cor da carne e a CRA. Não houve diferença significativa da presença do alelo n do gene halotano na deposição da GIM, quando em heterozigose. Os suínos submetidos à dieta hídrica contendo o mineral magnésio, bem como o mineral selênio apresentaram melhor pH 45 minutos, pH 24 horas e CRA do que aqueles que não foram submetidos à mesma, exibindo assim, uma qualidade de carne superior. Além disso, a cor da carne foi mais pálida nos suínos que não tiveram acesso ao magnésio. Não houve diferenças significativas na qualidade da carne para os animais suplementados com fontes minerais contendo cobre e zinco.

**Palavras-chave:** água, CRA, genética, GIM, magnésio, pH

## QUALITY OF PORK. 1. EFFECT OF THE HALOTHANE GENE ON INTRAMUSCULAR FAT DEPOSITION. 2. EFFECT OF MINERAL SUPPLEMENTATION IN PRE-SLAUGHTER

**SUMMARY-** They had been studied a total of 304 pigs, barrows and gilts, with approximately 150 days old. Initially 144 pigs were analyzed to evaluate the effect of the HAL gene on the deposition of GIM. Subsequently, we studied 160 animals in order to investigate the interference of the minerals Mg, Zn, Se and Cu, added to water pen, pre-slaughter, the final quality of pork, and for each of the mineral tests were studied a total of 140 pigs (20 treated and 20 controls) were housed in two pens of rest previously prepared, and the administration period of 12 hours of the mineral. For analysis of GIM, initially characterized the genotype of the HAL gene in animals by analyzing DNA from blood using one protocol of PCR-RFLP protocol and GIM was measured from samples collected from the *semimembranosus* muscle. For the analysis of minerals were evaluated for meat quality characteristics: pH 45 minutes, pH 24 hours, meat color and WHC. There was no significant difference in allele n halothane gene in the deposition of GIM, when heterozygous. Pigs subjected to dietary water containing the mineral magnesium, as well as the mineral selenium showed higher pH 45 minutes, pH 24 hours and WHC than those who did not undergo the same showing thus a higher quality of meat. In addition, meat color was more pale pigs did not have access to magnesium. There were no significant differences in the quality of meat for the animals supplemented with mineral springs containing copper and zinc.

**Keywords:** water, WHC, genetic, IMF, magnesium, pH



## **CAPITULO 1 – Considerações Gerais**

A suinocultura mundial encontra-se em pleno processo de mudanças, principalmente em relação à produção de cárneos. Atualmente, a carne suína representa a fonte protéica animal mais consumida em todo o mundo, representando quase metade do consumo e da produção, com mais de 107 milhões de toneladas (FAO, 2010).

No Brasil, apesar da carne suína ser menos consumida do que as demais, o país é o quinto maior consumidor, quarto maior exportador e produtor (ABIEPCS, 2010). Segundo Tramontini (2000) o baixo consumo justifica-se pelo fato do país possuir uma grande extensão territorial, que permite produzir bovinos a baixo custo, o alto desenvolvimento da avicultura e sua diferenciação de cortes, os custos do produto ao consumidor e os preconceitos relacionados à carne suína.

A carne, no mundo moderno, é um item alimentar que constitui um critério essencial para a determinação da qualidade de vida de uma população (MAGNONI; PIMENTEL, 2006).

De acordo com Campos (1992) o aumento da demanda por proteína animal está exigindo aumentos na produção e na produtividade. Por outro lado, os consumidores estão cada vez mais exigentes com a qualidade do produto final fornecido.

Muitas pessoas ainda acreditam que a carne suína é aquela produzida em condições de pouca higiene, contendo alto teor de gorduras e colesterol, que poderia acarretar nos problemas de saúde da modernidade. Porém, hoje, a carne de suínos é decorrência da evolução tecnológica da indústria alimentícia, apresentando reduzido teor de gorduras, calorias e colesterol em relação há algumas décadas atrás (FALLEIROS et al., 2008). Fazendo uma analogia comparativa com peito de frango sem pele, o lombo suíno contém duas vezes mais zinco e 10 vezes mais tiamina numa porção, contém o menor teor de sódio de todas as carnes, e o maior teor de potássio, com baixo teor de gorduras saturadas e colesterol (ABIEPCS, 2009).

Segundo Silveira (2006), o aumento expressivo no volume de carne produzida associado com o compromisso de atingir o mercado consumidor, modificou de forma

marcante a tecnologia utilizada no processo de abate buscando melhora da qualidade das carcaças e da carne.

### **1.1 TRANSFORMAÇÕES MUSCULARES *POST MORTEM***

As funções vitais do sistema muscular dos animais não cessam no momento de sua morte. Uma série de modificações, bioquímicas e estruturais, ocorre após o sacrifício do mesmo, denominada também de conversão do músculo em carne. Essas modificações acontecem simultaneamente e são dependentes dos tratamentos *ante mortem*, do processo de abate e das técnicas de armazenamento da carne (ROÇA, 2000).

Por muitos anos produziu-se e consumiu-se carne sem a preocupação com as funções biológicas do tecido muscular no animal vivo e o quanto elas influenciavam na qualidade da carne. Com a compreensão dos eventos bioquímicos, que ocorrem no tecido muscular vivo, foi possível saber que a carne como organização complexa de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura, resulta nas modificações físico-químicas que ocorrem no tecido muscular (JUDGE et al., 1989).

Segundo Bertoloni (1999) as características de textura, suculência, cor, sabor e aroma podem ser influenciadas pelas mudanças bioquímicas que ocorrem durante a conversão do músculo em carne. Características de qualidade como: capacidade de emulsificação, propriedades de ligação da água às proteínas sarcoplasmáticas e miofibrilares, mecanismos de oxi-redução de pigmentos e rendimentos do processamento, podem ser afetados por essas mudanças, que por sua vez são controladas por enzimas.

A parada da circulação sanguínea no momento da morte do animal inicia uma complexa série de mudanças no tecido muscular. Os tipos particulares de metabolismos de seus diferentes tecidos continuam a ocorrer sobre controle local. Embora o músculo não esteja se contraindo de modo ativo nesse momento, a energia está sendo utilizada para manter a temperatura e integridade organizacional das células contra a tendência natural de seu colapso (LAWRIE, 2005).

De acordo com Judge et al. (1989) e Rübensam (2000) o processo de conversão do músculo em carne abrange uma série de alterações na estrutura protéica e no metabolismo celular, no qual observa-se o esgotamento das reservas de ATP, diminuição do pH ou acidificação, queda da temperatura muscular, aumento da concentração de íons cálcio no citosol e *rigor mortis*. Durante as transformações *post mortem* o pH é reduzido pelo acúmulo de ácido láctico (LAWRIE, 2005). O esquema (Figura 1) a seguir descreve o referido processo de acordo com Seara (2010a).

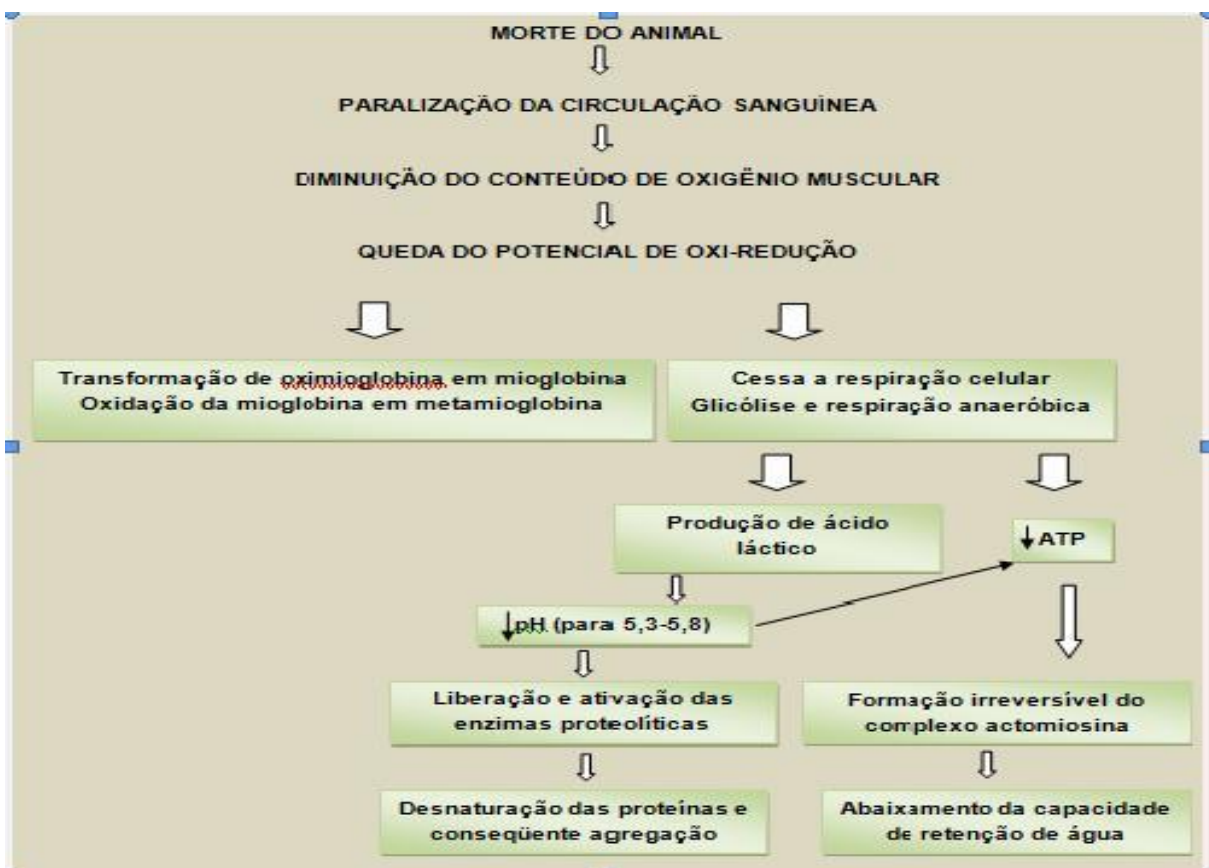


Figura 1: Transformações bioquímicas após o abate do suíno.  
Fonte: Seara (2010a).

As transformações bioquímicas do músculo no período *post mortem* são pH dependentes, sendo este influenciado por fatores relacionados principalmente ao manejo pré-abate. Diante disso, o pH é aferido normalmente nos períodos de 45 minutos (pH inicial) e 24 horas (pH final) após o abate, objetivando à avaliação da qualidade da carne (DALLA COSTA et al., 2006).

A medida que as transformações *post mortem* ocorrem, o músculo se torna inextensível, processo denominado de *rigor mortis*, que consiste em um dos fenômenos mais importantes no processo de conversão do músculo em carne, caracterizado pela rigidez do músculo após a morte do animal. Isso se deve a formação de ligações cruzadas permanentes entre a actina e miosina uma vez que o músculo já não dispõe de energia necessária para o relaxamento. A maciez da carne é então definida pelo balanço entre o endurecimento induzido pelo rigor muscular e o amaciamento natural, durante a maturação (HEINEMANN, 2000).

Segundo Rübensam (2000) se o retículo sarcoplasmático funciona corretamente e sob condições normais após o abate, o que resta de glicogênio dentro do músculo leva a uma diminuição do lenta do pH até o alcance do seu valor final. Porém, se alguma causa altera a atividade do retículo sarcoplasmático, reduzindo sua capacidade em regular a taxa de íon cálcio, a velocidade de glicólise sofre uma aceleração, ocorrendo uma rápida diminuição no pH.

## 1.2 QUALIDADE DE CARNE

O conceito de qualidade de carne abrange diversos aspectos, envolvendo todas as etapas da cadeia agroindustrial, desde o nascimento do animal até o preparo para consumo final da carne *in natura* e de produtos cárneos processados (PRATA;FUKUDA, 2001).

Segundo Castillo (2006) o conceito de qualidade de carne varia conforme as regiões geográficas, as classes sócio-econômicas, as diferentes visões técnico-científicas, industriais e comerciais, questões culturais, entre outros aspectos. Oscila também de acordo com as características de cada consumidor e com suas preferências individuais, possuindo dessa forma muitas variáveis.

Warris e Brown (2000) definiram qualidade da carne como sendo uma medida das características desejadas e valorizadas pelo consumidor, principalmente em seus aspectos sensoriais e tecnológicos. Rosenvold e Andersen (2003) citam como principais atributos de interesse: as características sensoriais (aparência, cor, sabor, textura e suculência), a CRA, a composição, o conteúdo de gordura, a estabilidade

oxidativa e a uniformidade. Já Hovenier (1993) classifica as características de qualidade de carne suína em quatro grupos, que estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Características de qualidade de carne suína.

<b>Organolépticas</b>	<b>Tecnológicas</b>	<b>Nutricionais</b>	<b>Higiênicas</b>
Cor	conteúdo de água	conteúdo de proteína	carga bacteriológica
perda por exsudação	CRA	valor calórico	germes patogênicos
Odor	conteúdo de tecido conjuntivo	conteúdo vitamínico	valor do pH
Sabor	pH	conteúdo mineral	atividade de água
suculência	capacidade de absorção de	conteúdo de ácidos	potencial de redução
maciez	sal	graxos saturados	nitrito
Textura	conteúdo de ácidos graxos	conteúdo de colesterol	salmoura
	insaturados	digestibilidade	res. de drogas
		valor biológico	res. de agentes anabólicos
			res. de pesticidas
			res. de metais pesados

Fonte: Hovenier (1993).

Muitos fatores afetam a qualidade da carne suína, incluindo: genética e condições pré e pós-abate (PETTIGREW;ESNAOLA, 2001). Com isso, se torna necessário considerar as possíveis reações de estresse entre os animais para explicar as variações na qualidade da carne, fazendo com que a seleção de suínos com comportamento menos agressivo possa trazer melhorias na mesma (TERLOUW et al., 2005).

Alterações na qualidade da carne suína constituem uma das maiores preocupações da indústria de alimentos. Estimativas de perdas econômicas devido à inadequações alcançam US\$ 100 milhões por ano nos Estados Unidos. A carne do tipo PSE é o maior contribuinte para as perdas associadas com carnes suínas de pior qualidade (MADDOCK et al., 2002). Porém há também relatos na literatura de carne DFD em suínos. Ambos os tipos anômalos referidos estão ilustrados na Figura 2 e serão posteriormente descritos e discutidos.

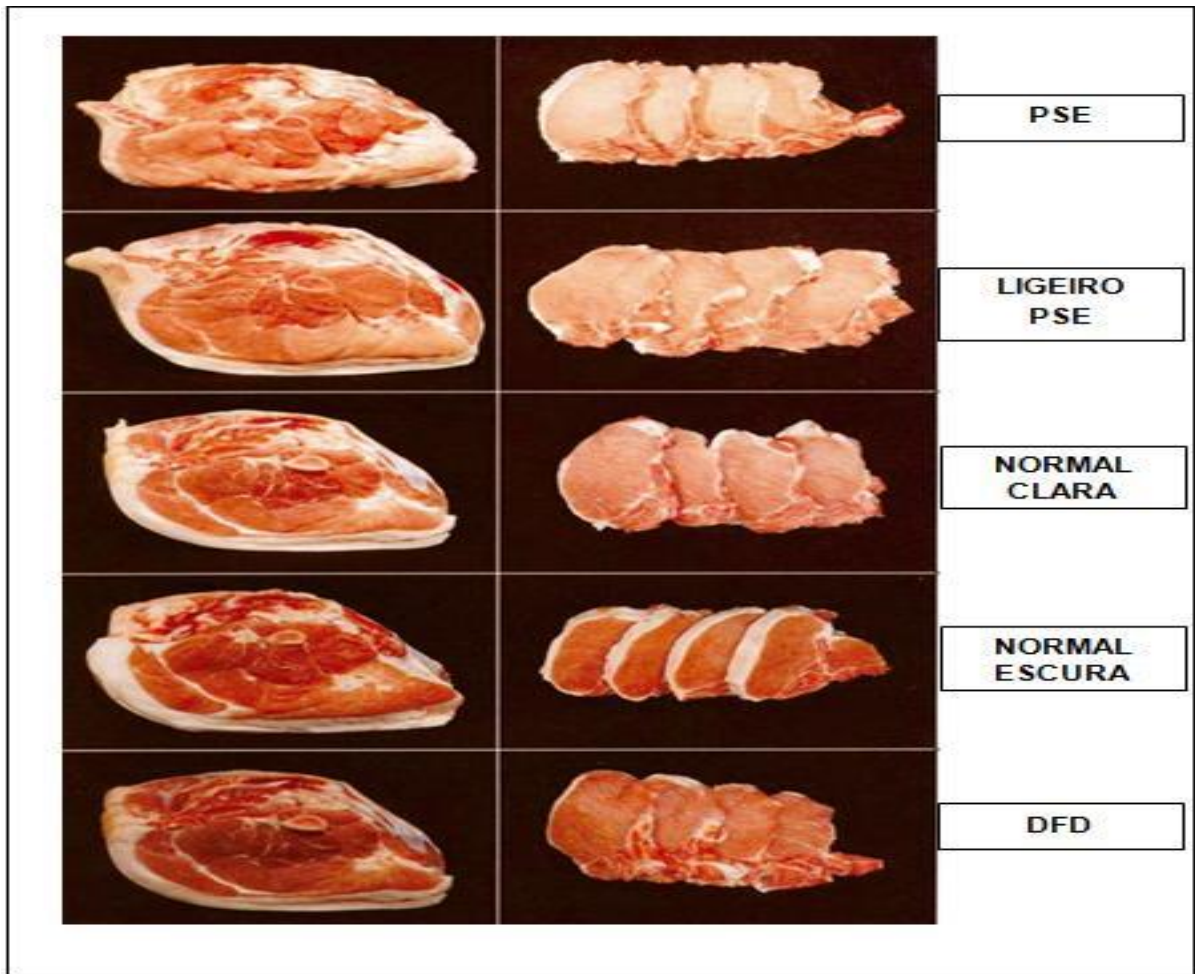


Figura 2: Grau de cor das carnes suínas.  
 Fonte: Urkijo et al. (2009).

Segundo Maddock et al. (2002) o metabolismo muscular próximo à hora do abate tem um maior efeito sobre a qualidade da carne. Intervenções que alteram o metabolismo do músculo devem ser investigadas como métodos para reduzir a incidência de carne PSE e, com isso, melhorar a qualidade da carne. Eles ressaltaram também a importância dos aspectos nutricionais, salientando o papel da nutrição como uma maneira de diminuir variações na qualidade da carne fresca e que tem sido o foco de muitas pesquisas.

### 1.2.1 Carne DFD

A carne DFD é caracterizada por ser muito escura, firme e com a superfície de corte muito seca e ocorre quando os suínos têm suas reservas de glicogênio muscular reduzidas algum tempo antes da sangria, na qual ocorre uma pequena acidificação 24 horas após o abate, sendo o valor do pH após o resfriamento praticamente igual ao pH inicial (ROÇA, 2005). De acordo com Judge (1989), quando o pH permanece inalterado após 24 horas do abate, as proteínas miofibrilares se encontram muito acima de seu ponto isoelétrico. Neste caso, a capacidade de retenção de água está muito alta e a água se mantém dentro da célula, unida às proteínas miofibrilares. Com isso, a luz incidente é pouco refletida dando aparência escura à carne.

Acredita-se que esta anomalia está associada ao manejo pré-abate inadequado e, que este é o fator principal de indução do seu aparecimento, pois conduz a exaustão física do animal, principalmente após o transporte dos animais por longas distâncias e períodos extensos de descanso pré-abate (ROÇA, 2005). No Brasil, Culau et al. (1991) avaliaram o efeito da distância de transporte entre a granja e o abatedouro e o tempo de descanso pré-abate sobre a qualidade da carne, verificando um aumento na frequência de carne DFD a medida que aumentava a distância percorrida e se estendia o período de descanso no frigorífico por mais de quatro horas.

As conseqüências da carne DFD sobre o consumo se estabelecem principalmente através da apresentação (aspecto) e tempo de vida de prateleira. Na industrialização o efeito decorre da baixa capacidade de perda de água, fator importante no processo de fabricação de produtos cárneos que necessitam sofrer alguma perda de água (DALLA COSTA et al., 2005).

Sabe-se que a velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne após 24-48 horas é muito variável. A queda do pH é mais rápida nos suínos, intermediária nos ovinos e mais lenta nos bovinos. Em suínos, a velocidade de redução do pH é maior, alcançando valores entre 5,6 e 5,7 após 6 a 8 horas *pos mortem* e entre 5,3 e 5,7 após 24 horas. No entanto, se houver uma deficiência de

glicogênio, o pH permanece acima de 6,2 após 24 horas, e assim tem-se o indício de uma carne DFD (ROÇA, 2005).

Na suinocultura, embora a carne PSE seja a mais importante em termos de perdas, o problema da carne DFD também se apresenta de forma significativa. Ressalta-se que isto também se fez devido às características do comércio internacional que se alteram no ritmo da globalização. Por exemplo, na Europa, as distâncias entre a produção e o abate que eram há alguns anos relativamente pequenas e restritas dentro de cada país se alteraram em função das facilidades de comercialização entre países. Com isso as distâncias percorridas para transportar os suínos ao abate aumentaram, atravessando fronteiras. Tal fato contribui com o aumento da carne DFD, uma vez que esse tipo de carne é mais um problema de manejo pré-abate, como o jejum prolongado provocado pelo transporte por longas distâncias, do que uma consequência da genética ou outros fatores (WARRISS, 1998).

### **1.2.2 Carne PSE**

A carne PSE é o mais importante problema relacionado à carne suína, sendo esta indesejável para os consumidores e também para a indústria de processamento. Esse tipo de carne é caracterizada por palidez e uma baixa retenção de água, o que acarreta uma maior perda de peso durante o seu processamento, portanto menor rendimento para a industrialização (SARCINELLI et al., 2007).

Conforme Maganhini et al. (2007), a principal causa do desenvolvimento da condição PSE é uma decomposição acelerada do glicogênio após o abate, que causa um valor de pH muscular baixo, geralmente inferior a 5,8; enquanto a temperatura do músculo ainda está próxima do estado fisiológico ( $>38^{\circ}\text{C}$ ), acarretando um processo de desnaturação protéica, comprometendo as propriedades funcionais da carne.



Inúmeros prejuízos econômicos são descritos oriundos deste tipo de carne, uma vez que estas são inadequadas para a industrialização e são de aspecto desagradável para o consumidor (ROSENVOLD;ANDERSEN, 2001). Com isso é necessário uma atenção especial visando a identificação dos lotes de animais com possíveis anomalias do tipo PSE. De acordo com os autores supracitados essa rápida detecção é de grande importância dentro de uma indústria, sendo o método mais utilizado para tal, a aferição do pH das carcaças aos 45 minutos após o abate e ao final do resfriamento.

A Figura 3 demonstra o padrão de acidificação nas carnes normais, DFD e PSE de acordo com as horas *post mortem* do animal.

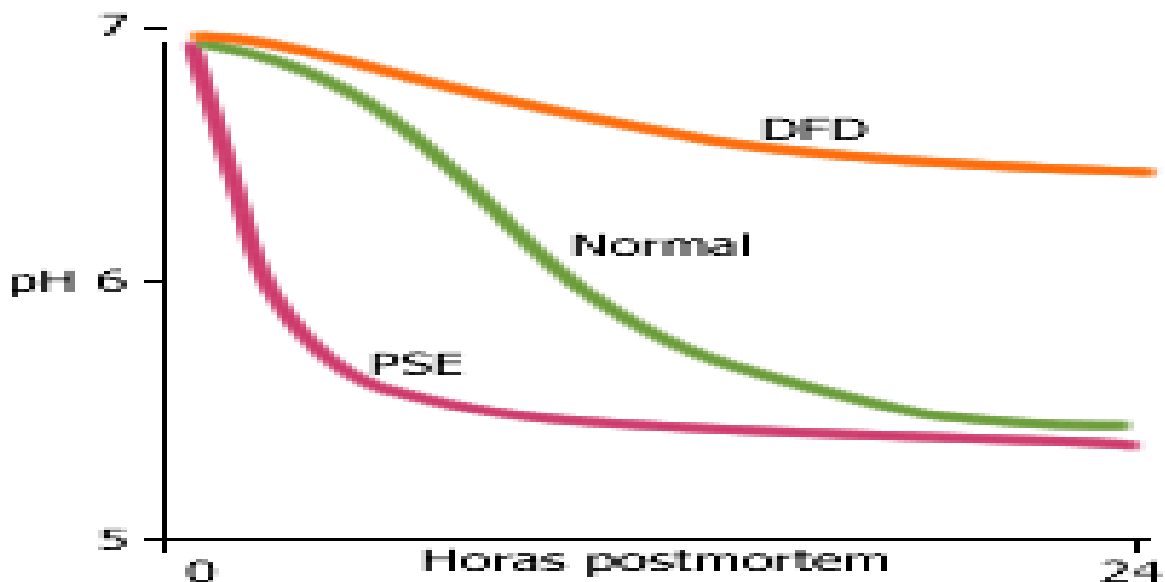


Figura 3: Padrão de acidificação nas carnes normais, DFD e PSE.  
Fonte: Velarde (2007).

De acordo com Hambrecht et al. (2005) estresses psicológicos e físicos associados com manejo pré-abate podem também gerar carne PSE em músculos glicolíticos. Outro motivo ligado com essa anomalia está associado com o gene que codifica para a proteína rianodina, que faz parte do canal de cálcio do retículo sarcoplasmático, também conhecido como gene halotano. O mesmo destaca-se como o responsável pela produção de carcaças com maior percentagem de carne magra, porém este conduz à maior predisposição ao estresse, levando à produção

de carne PSE (CULAU et al., 2002). Contudo, segundo os mesmos autores nem toda carne PSE é causada pelo gene halotano, evidenciando que os fatores pré-abate como nutrição e manejo interferem no aparecimento deste tipo de carne.

### **1.3 GENE HALOTANO E A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Foi descoberta uma mutação no gene que codifica para o receptor rianodina do músculo esquelético, correlacionada com a hipertermia maligna ou também chamada de síndrome do estresse suíno (FUJII et al. 1991). Essa patologia é desencadeada por fatores estressantes como: o exercício, a cópula, o transporte, a desmama, a mistura com outros animais, o manejo pré-abate, agentes anestésicos, cafeína, rianodina e relaxantes musculares não despolarizantes (ANTUNES, 1997).

Segundo Fujii et al. (1991) o aparecimento da síndrome do estresse suíno está associado à presença do chamado gene HAL que codifica uma proteína que faz parte de canais liberadores de cálcio do retículo sarcoplasmático do músculo esquelético. Em nível molecular, Campbell et al. (1987 apud ANTUNES, 1997), utilizando anticorpos monoclonais, caracterizaram uma proteína de 350 kDA, fazendo parte de um canal de cálcio do retículo sarcoplasmático, denominado de RYR. A importância do RYR na liberação de cálcio dos estoques contidos no retículo sarcoplasmático foi claramente demonstrada nos estudos de Takeshima et al. (1994). Myckelson e Louis (1996) propuseram que a síndrome resulta de uma concentração aumentada de íons cálcio no citoplasma do músculo esquelético, provocada pelo gene HAL, e que isso poderia prolongar a estimulação da atividade contrátil do músculo, como também a quebra de glicogênio, resultando em exacerbação do metabolismo e produção de calor. Devido a esta elevada produção de calor nos animais que desenvolvem a síndrome, a mesma também é denominada de Hipertermia Maligna (MACLENNAN E PHILLIPS, 1992 apud ANTUNES, 1997).

Fujii et al. (1991) ainda menciona que a referida mutação ocorreu no cromossomo 6, onde uma base nitrogenada citosina sofre mutação para timina na posição 1843 da sequência de DNA, resultando na alteração do aminoácido 615,

onde um resíduo de arginina cede lugar a um resíduo de cisteína, induzindo a hipersensibilidade do canal regulador de  $\text{Ca}^{2+}$ , abrindo-o. Depois de aberto, o canal não responde a presença de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , que conduzem ao seu fechamento, desta maneira a contratura muscular é ativada, levando ao hipermetabolismo e hipertermia.

Sabe-se que o gene HAL tem efeito pleiotrópico sobre a susceptibilidade ao estresse, estando associado com o conteúdo de carne na carcaça e a qualidade da mesma, sendo que em homozigose recessiva (Halnn) esse gene vem sendo associado com o aparecimento das características de carne PSE. Salientando que nessas condições observa-se uma queda do pH inicial da carne ( $< 5,8$ ) (SWATLAND, 1982; SATHER et al., 1991; GEERS et al., 1994).

Mcgloughlin (1980) verificou que a freqüência do alelo mutado é maior naquelas raças com alto índice de carne magra, mais musculosas e com crescimento rápido, como Pietrain e Poland China (Figura 4).



Figura 4: Raças suínas Pietrain e Poland China.

Fonte: Muck (2010); National Pork Producers Council (2000).

Há relatos que suínos portadores do alelo mutado apresentam um acréscimo do percentual de carne na carcaça, entretanto há maiores taxas de mortes súbitas, especialmente na movimentação e transporte dos animais quando não manejados adequadamente. Mesmo assim, o gene HAL tem sido explorado para condicionar aumento de carne na carcaça, cruzando-se machos terminais heterozigotos (HalNn) com fêmeas homozigotas livres do alelo recessivo (HalNN). Esse procedimento objetiva chegar a uma progênie 50% HalNn e 50% HalNN, com um aumento de 1 a

2% no conteúdo de carne nas carcaças e, supostamente, sem prejuízo para a qualidade da mesma (FÁVERO;BELLAYER, 2007). No entanto, segundo Bastos (2001), mesmo em heterozigose (HalNn), o gene HAL mantém relação com a diminuição da qualidade de carne. Desta forma observa-se que o referido gene não afeta somente a qualidade da carne de suínos homozigotos recessivos (Halnn), mas também pode comprometer àquelas oriundas de animais heterozigotos (HalNn) (SATHER et al., 1991).

Smet et al. (1995) em seus estudos verificou que o genótipo halotano é o fator determinante sobre a qualidade da carne em relação à condição PSE. As amostras de suínos recessivos (Halnn) foram sempre significativamente diferentes dos suínos heterozigotos (HalNn). Para o pH inicial e perda de líquido por gotejamento, suínos do genótipo halotano Nn e NN diferiram significativamente, sendo o pH inicial mais baixo nos suínos heterozigotos (Nn), cuja carne também apresentou uma maior perda de líquido. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que a qualidade da carne de suínos heterozigotos não é melhor do que a de suínos sensíveis ao estresse (Halnn), quando abatidos nas mesmas condições.

Devido ao fato da Síndrome do Estresse Suíno levar a um comprometimento na qualidade pela formação da carne PSE (ODA et al., 2004), inúmeros prejuízos econômicos são descritos relacionados à sua utilização e a elaboração de produtos cárneos, uma vez que essas carnes são inadequadas para a industrialização e são de aspecto desagradável para o consumidor (ROSENVOLD;ANDERSEN, 2003). Além disto, segundo os referidos autores, os principais músculos afetados são os de maior valor, o lombo e o pernil.

#### **1.4 GORDURA INTRAMUSCULAR E A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Outra característica muito observada pelos consumidores da carne suína é a quantidade de gordura. A preocupação dos consumidores com a saúde, principalmente com os níveis de colesterol, fez com que os criadores de suínos aliassem à ciência, investindo em vários cruzamentos de raças e no aprimoramento das rações dadas aos animais, com o intuito de diminuir as porcentagens de gordura da carne suína (ROPPA, 1999).

Segundo Klinger (2001) apenas 20 a 22% da gordura da carne suína está entre os músculos ou dentro deles, dando o sabor e a maciez, sendo que a maior quantidade, cerca de 70%, situa-se abaixo da pele, no chamado toucinho, o que é uma vantagem, pois se a carcaça tiver uma correta manipulação, retirando todo o excesso de gordura que envolve o músculo (toucinho), ela apresentará menor teor de gordura. No entanto, apenas a gordura de superfície deve ser retirada, mantendo a gordura intramuscular, visto que ela funciona como uma barreira contra a perda do suco muscular durante o cozimento, aumentando a retenção de água pela carne, como também a suculência, oferecendo mais sabor à carne (SARCINELLI, 2007).

Em suínos, a GIM é considerada uma das principais características organolépticas da carne. Seu aumento é associado pelo consumidor às melhores características de textura e sabor (FERNANDEZ et al., 1999a, 1999b).

Sabe-se que melhorar a qualidade da carne não é uma tarefa fácil, pois envolve diversos fatores, entre os quais destacam-se os tecnológicos e os sensoriais. Uma das características utilizadas para avaliar tais fatores é o conteúdo de GIM (SELLIER, 1998).

Plastow (2000) em suas pesquisas a respeito da GIM menciona que alguns genes de efeitos importantes vêm sendo encontrados para tal característica, sendo que os genes FABP3 (H-FABP) e FABP4 (A-FABP), segundo Dekkers et al. (2004), evidenciaram influência na deposição de GIM, com impacto limitado sobre a espessura de toucinho, permitindo assim a seleção para aumento da gordura intramuscular, melhorando o sabor e maciez da carne, sem aumentar a espessura de toucinho. As FABPs estão envolvidas no transporte de ácidos graxos em hepatócitos e cardiomiócitos, a fim de regular sua concentração, bem como o metabolismo, a transdução de sinal e a transcrição gênica (VEERKAMP et al., 2000). A proteína H-FABP foi indicada como responsável por facilitar o transporte intracelular de ácidos graxos da membrana plasmática para sítios de beta-oxidação nas mitocôndrias e peroxissomas e para o retículo sarcoplasmático, resultando na síntese de lipídios (TROXLER et al., 1993) e está presente nas fibras musculares dos suínos (GLATZ et al., 2003).

Pesquisas realizadas por Franco et al. (2008), Kukoyi et al.(1981) e Tam et al. (1998) constataram que a deposição de GIM também pode estar relacionada com a presença do gene HAL.

## **1.5 MINERAIS E A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

### **1.5.1 Descrição e Atuação dos Minerais**

Os seres vivos necessitam de minerais para o funcionamento normal dos processos metabólicos. De acordo com McDowell (1992), os minerais podem ser classificados em macrominerais (cálcio, fósforo, potássio, magnésio, sódio, enxofre e cloro) que são exigidos em quantidades relativamente grandes pelo organismo do suíno e, microminerais (cobalto, cobre, iodo, ferro, manganês, molibdênio, selênio, flúor e zinco) que são exigidos em quantidades muito pequenas. Segundo Zardo e Lima (1999) apesar das necessidades quantitativas de minerais serem pequenas, as suas funções são vitais para a manutenção e produção desses animais.

Os macrominerais atuam como componentes dos ossos, tecidos e fluídos orgânicos, e também intervêm na regulação da pressão osmótica e na manutenção do equilíbrio ácido-base. Por outro lado, os microminerais participam como parte integrante de sistemas enzimáticos em uma série de processos metabólicos essenciais (ZARDO;LIMA, 1999) e segundo Oliveira (2004) inclui: resposta imune, reprodução e crescimento.

De acordo com Fraker (1983) a deficiência de microminerais é um grande problema na produção animal, uma vez que os sintomas não são evidentes e, o animal, embora em taxa reduzida, continua o seu crescimento. Observa-se primeiramente o declínio da imunidade e o comprometimento das funções enzimáticas, seguida pela redução do crescimento e da fertilidade, evidenciando a deficiência clínica.

### 1.5.1.1 Magnésio

O Mg é um importante macromineral que deve estar presente na dieta dos suínos. Ele é um dos responsáveis pela manutenção da integridade dos ossos e dentes, sendo também um componente ativo de várias enzimas, agindo no metabolismo de proteínas, carboidratos e gorduras. Atua também na regulação do equilíbrio ácido-base, contração muscular, sobrevivência das células vermelhas e também no sistema imune (OLIVEIRA, 2004), sendo assim, um mineral indispensável para o funcionamento adequado do organismo suíno (STRYER, 1996).

De acordo com Radcliffe (2004) o Mg é um importante cofator em mais de 300 reações do metabolismo intermediário e pode reduzir a liberação de norepinefrina e epinefrina dos terminais nervosos. O aumento destas catecolaminas pode aumentar a taxa de glicogenólise, a qual terá um efeito prejudicial para a qualidade da carne. Diante disso, existe o interesse pela suplementação de magnésio na dieta suína acima da necessidade (NRC, 1998), numa tentativa de regular o sistema nervoso simpático antes do abate e desta forma melhorar a qualidade da carne.

Rosenvold e Andersen (2001) reportaram que o Mg neutraliza os efeitos das catecolaminas em situação de estresse, sendo que o seu efeito primário parece ser uma redução na estimulação neuromuscular devido ao seu efeito como antagonista do cálcio, existindo algumas discrepâncias com relação ao efeito de sua suplementação, quando comparados aos animais portadores e os não portadores do alelo HAL.

Van Laack et al. (1995) investigaram os efeitos da suplementação de magnésio na dieta, em níveis superiores ao recomendado, durante os períodos de crescimento e terminação, na performance e características de qualidade da carne de suínos portadores do gene halotano (Nn) e de suínos homozigotos negativos (NN). Os autores relataram que os animais NN tiveram maior ganho de peso diário durante as fases de crescimento e terminação que os animais Nn. Observou-se que as carcaças de suínos Nn foram mais magras e apresentaram maior peso muscular que as carcaças de suínos homozigotos negativos. Por outro lado, uma maior

porcentagem de carcaça de animais Nn receberam pontuações para a cor característica de carnes PSE.

A suplementação com Mg na dieta de suínos tem mostrado efeitos benéficos na coloração da carne e no decréscimo na incidência de carnes PSE (OTTEN et al., 1993; SCHAEFER et al., 1993; D'SOUZA et al., 1998). Embora o mecanismo de ação destas melhorias ainda não esteja claro, pesquisas demonstraram que há um decréscimo nas concentrações de cortisol e catecolaminas no sangue dos animais suplementados (D'SOUZA et al., 1998, 1999).

Machado et al. (2008) demonstraram que a suplementação dietética com  $MgSO_4$  e de creatina para suínos, durante cinco dias antes do abate, melhora a cor da carne fresca. Por outro lado, no estudo realizado por Frederick et al. (2006) o efeito do Mg não foi consistente, no qual o mesmo justificou que diferenças genéticas e estresses associados à movimentação e de trânsito, juntamente com o tempo de descanso antes do abate, pode ter sido as razões para os resultados variáveis entre os estudos.

#### **1.5.1.2 Zinco**

O Zn é um importante elemento na síntese, no armazenamento e na secreção de hormônios, principalmente dos reprodutivos (testosterona), da insulina e de corticosteróides. É um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica e atua no equilíbrio ácido-base do organismo e na calcificação óssea (LEESON; SUMMERS, 2001). Além disso, ele é um componente essencial de vários sistemas enzimáticos incluindo aqueles que envolvem o crescimento, a digestão e a respiração (RUTZ et al., 2006).

Segundo Costa (2004) nos sistemas biológicos, o Zn é encontrado no núcleo das células, nas proteínas associadas ao DNA, ribossomos e grânulos secretados. Ele exerce uma influência direta em diversas enzimas e aumenta a atividade do aminoacil-tRNA sintetase, que é uma enzima envolvida na primeira etapa da biossíntese das proteínas, incluindo a osteocalcina, IGF-1 e TGF- $\beta$  nas células osteoblásticas. Além disso, sabe-se que o zinco também inibe a atividade dos osteoclastos, responsáveis pela reabsorção óssea (MOONGA;DEMPSTER, 1995).



Segundo Oliveira (2004) a função estrutural do Zn é estabilizar a estrutura quaternária das enzimas, do RNA, DNA e ribossomos, possuindo atividade em mais de 200 enzimas. Participa ainda da espermatogênese e do desenvolvimento dos órgãos sexuais primários e secundários no macho e, em todas as fases do processo reprodutivo nas fêmeas.

Nos tecidos musculares e ósseos estão concentradas as principais reservas de Zn no organismo suíno e estas possuem capacidade de liberar possíveis excedentes em condições de deficiência na dieta (UNDERWOOD, 1999). Portanto, esse mineral está diretamente associado ao crescimento e ao desenvolvimento do tecido ósseo. Outras funções atribuídas ao zinco, de acordo com o mesmo autor, são proteção de membranas, efeito antioxidante que protege os grupos sulfidrilas nas membranas, metabolismo de prostaglandinas e metabolismo de lipídeos.

Oliveira (2004) ainda relata que o Zn é essencial para a manutenção da integridade da pele e do sistema imune. Ele ainda mantém as concentrações normais de vitamina A no plasma e é fundamental para o funcionamento normal do epitélio ovariano.

Bertol e Brito (1995) relataram efeito positivo da utilização do Zn, através do óxido de zinco, no crescimento dos suínos. Essa resposta se refletia a partir de uma redução na mortalidade pós desmame e diminuição da incidência de diarreia devido a *E. coli*. Os mesmos autores consideram que o mecanismo de ação do Zn como promotor de crescimento é devido ao fato desse íon inibir o transporte ativo dos açúcares, aminoácidos e succinatos nos microorganismos patogênicos, como a *E. coli*.

Pedreira (2001) em seu estudo com utilização de cloreto de zinco em bovinos, constatou ineficiência para o amaciamento da carne, uma vez que ao contrário do que se esperava, o composto inibiu o processo de amaciamento da carne, impedindo a ação das calpaínas e catepsinas B e L, gerando também fragmentação miofibrilar e proteólise de proteínas musculares específicas.

### 1.5.1.3 Selênio

O Se é um micromineral essencial para os animais e seres humanos, pois participa de diversas funções vitais no organismo, como no sistema reprodutivo e, principalmente, no sistema imune, sendo considerado como um agente imunomodulador (SAAD, 2009).

Segundo Flohe et al. (1973) e Rotruck et al. (1973) a mais conhecida ação do Se é a de antioxidante, por formar selenocisteína, que faz parte do centro ativo da enzima GSH-Px que é a responsável pela remoção de peróxidos. Oliveira (2004) ressalta que esse elemento está intimamente ligado a vitamina E, sendo esta um antioxidante natural solúvel em lipídios que funciona como uma primeira linha de defesa das membranas celulares e organelas contra a peroxidação. Mas, mesmo com adequados níveis de vitamina E alguns peróxidos são formados e o Se (como parte da GSH-Px) agiria como uma segunda linha de defesa, destruindo os peróxidos formados antes que seja causado algum dano nas membranas celulares.

O Se desempenha um papel no material genético da célula, uma vez que pode ser incorporado em base purinas e pirimidinas, possuindo também função na síntese de prostaglandinas e no metabolismo dos ácidos graxos essenciais (RUTZ et al., 2006). Há relatos de que o Se é componente de seleno-proteínas presentes no músculo cardíaco, no tecido muscular (relacionada à atuação dos hormônios da tireóide) e nos espermatozóides. Participa também, junto com a vitamina E, da resposta imunológica, atuando na proteção dos leucócitos e macrófagos durante o processo de fagocitose (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Downs et al. (2000) a deterioração oxidativa traz perdas nos valores nutricionais e na qualidade da carne, sendo que para aumentar a estabilidade oxidativa da mesma, antioxidantes (como o Se) poderão ser adicionados à dieta dos animais, tornando a carne menos susceptível aos danos causados pela oxidação.

A deficiência de Se pode ser prejudicial à saúde animal. Dentre os sintomas citados por Oliveira (2004) como sinais de deficiências estão: o desenvolvimento da doença do músculo branco (fraqueza geral, rigidez e deterioração muscular, com estrias brancas nos músculos e coração), anemia, diarreia, diminuição do

desempenho reprodutivo, diminuição da motilidade espermática, aumento de retenção de placenta, ovários císticos, metrites e baixos ganho de peso.

#### **1.5.1.4 Cobre**

O Cu é um elemento exigido para várias funções do organismo do suíno. Segundo McDowell (1992) ele é importante na respiração celular, formação de ossos, funcionamento cardíaco, formação do tecido conectivo e da mielina da medula espinhal, pigmentação de tecidos e queratinização de pêlos.

O Cu é um componente essencial de várias enzimas (metaloenzimas), incluindo a citocromo oxidase, a lisil-oxidase, superóxido desmutase, a domapina-beta-hidroxilase e tirosinase (MCDOWELL, 1992). É importante para a integridade do sistema nervoso central, em função da atuação de enzimas que atuam na formação da mielina. Além disso, está relacionado a outros dois neurotransmissores (dopamina e norepinefrina) (OLIVEIRA, 2004).

De acordo com o mesmo autor, suínos com deficiências de cobre podem apresentar: anemia, diarreia, falhas reprodutivas, problemas ósseos e cardiovasculares, despigmentação ou mudança na cor de pêlos e lã, diminuição do crescimento e perda de apetite.

#### **1.5.2 Utilização de sais via água de bebida**

A utilização de sais via água de bebida já é uma prática muito comum na avicultura, não sendo ainda prática muito adotada em suínos. Borges e Fávero (2008) mencionam que as mudanças climáticas, cada vez mais frequentes, podem desencadear estresse nos animais e o manejo alimentar pode ser uma boa alternativa para diminuir as perdas por este motivo.

Como a utilização de sais na ração é uma prática que requer uma programação prévia na fábrica de ração, o uso via água de bebida é uma prática simples e eficaz que pode ser adotada a qualquer momento (BORGES;FÁVERO,

2008) pelo próprio suinocultor na granja ou funcionário no frigorífico. Tal prática tem como intuito minimizar as perdas econômicas decorrentes do estresse, visto que os suínos são altamente sensíveis às condições de manejo pré-abate e elevadas temperaturas e umidade (SILVEIRA, 2010).

Em aves, a suplementação de sais na água de bebida melhora o desempenho e a viabilidade desses animais, sendo que a principal razão do seu uso é aumentar o consumo de água, melhorando assim a dissipação do calor e normalizando a concentração plasmática de eletrólitos (KIDD, 2001) restabelecendo o equilíbrio ácido-base e hidroeletrólítico. Segundo Gomes (2007) a utilização de sais na água de bebida pode ser uma alternativa para estimular o consumo de água no período pré-abate, diminuindo assim, as perdas decorrentes da desidratação e estresse, podendo colaborar assim para a melhor qualidade da carne dos animais abatidos.

## **1.6 QUALIDADE DA CARNE SUÍNA: MÉTODOS DE AVALIAÇÃO**

Para Bernardes et al. (2007) os métodos de avaliação da qualidade da carne suína podem ser divididos em duas categorias: os objetivos e os subjetivos.

No primeiro grupo existem aqueles que necessitam de instrumentos de alta tecnologia e também outros que são apenas técnicas desenvolvidas para emprego no laboratório ou na rotina industrial. Os mais estudados e utilizados são as sondas de fibra ótica, para determinação da refletância da luz, as sondas de determinação de pH, as sondas de ultra-som e de tipificação eletrônica, os colorímetros e os espectrofotômetros para avaliação da cor superficial, os medidores da condutividade elétrica e da textura, entre outros (LEE et al., 2000; NPPC, 2000; GEESINK et al., 2003). Neste grupo podemos citar ainda a avaliação da CRA, que pode ser avaliada através de vários grupos de técnicas (MURRAY, 1995).

No segundo grupo podemos citar a avaliação da cor, textura, sabor e maciez da carne (MACIEL et al., 2011).

### 1.6.1 pH

O pH exerce influência, direta ou indiretamente, sobre as diversas características de qualidade da carne, tais como a cor, CRA, maciez, suculência e sabor. Após o abate dos animais, há um declínio do pH cuja extensão e velocidade irá depender da natureza e condição do músculo no momento preciso em que cessa a circulação sangüínea (RÜBENSAM, 2000).

De acordo com Somers et al. (1985) a aferição do pH tem sido universalmente aceita para avaliar a qualidade de carne suína, sendo útil para indicar incidência de carne *PSE*, assim como outras técnicas instrumentais,

Músculos com pH 24 horas maior que 6,1 estariam predispostos ao aparecimento da condição *DFD*. No entanto, essa relação poderia ser aplicada somente aos chamados músculos brancos, como o *longissimus dorsi* (*longissimus thoracis et lumborum*) e o *Semimembranosus*, mas não aos músculos vermelhos que, comumente, apresentam pH 24 horas >6,1 em carcaças normais (BENDALL; SWATLAND, 1988).

Por outro lado, músculos que apresentam uma glicólise *pos mortem* acelerada, o que provoca uma brusca queda do pH (de 7,2 para 5,8 em 45 minutos) antes que a carcaça tenha se resfriado com eficiência, estariam predispostos ao aparecimento da condição *PSE*. Carcaças que apresentam essa característica procedem de animais estressados no momento do abate antes que a carcaça tenha se resfriado com eficiência (GARRIDO; BAÑÓN, 2000).

Mesmo diante do exposto, o pH é o método mais acessível a qualquer tipo de indústria e a técnica mais empregada na indicação de qualquer uma dessas condições.

### 1.6.2 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A CRA é um dos parâmetros físico-químicos de contribuição importante para a qualidade da carne e de seus derivados (CAMPOS, 2008). Segundo a

classificação exposta por Bernardes et al. (2007) é uma avaliação do tipo objetiva, mas não instrumental.

Durante o armazenamento da carcaça a CRA tem um efeito direto em sua perda de peso. Isso se deve ao fato da carne reter sua água durante a aplicação de forças externas, tais como, cortes, aquecimento, trituração e prensagem. Também explica a liberação de água nos produtos processados (JUDGE et al., 1989).

Tal avaliação é utilizada para distinguir as condições PSE e DFD das carnes. Kauffman et al. (1986) compararam diversas metodologias, dentre elas a CRA, e constataram que a referida análise distinguia bem as condições PSE e DFD das carnes normais e afirmaram que, para a escolha do método a ser utilizado, deve-se ponderar sobre a disponibilidade de tempo para espera dos resultados, a adaptabilidade às condições de campo, o custo e o propósito de uso.

De acordo com Prado (2003) a CRA está relacionada com a textura, maciez e cor da carne crua, suculência e firmeza da carne cozida. Ele ainda remete que alguma perda de umidade habitualmente ocorre, mesmo se as análises forem aplicadas com menos intensidade, devido à porção de água presente na forma livre.

O processamento industrial da carne, ao longo de suas etapas é particularmente afetado pela baixa CRA, pois a perda de umidade, e consequentemente de peso durante o amaciamento são grandes (FORREST et al., 1979).

De acordo com Pereira et al. (2009), a melhor avaliação da CRA se dará após o resfriamento, quando as reações bioquímicas cessam por completo na carne e sua qualidade final for atingida. Sendo que a referida medida está associada com os valores de pH inicial e a cor final da carne, podendo também indicar anomalias como a carne PSE e DFD (Figura 5).

Na Tabela 2 está descrito as características da carne PSE, normal e DFD em relação as características citadas acima.

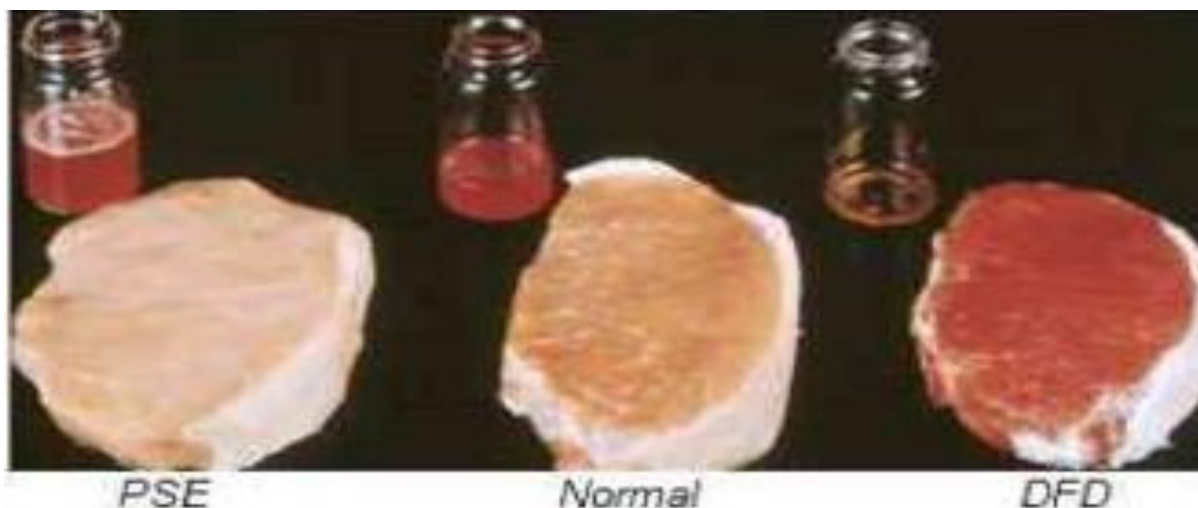


Figura 5: CRA X carnes PSE, normal e DFD.  
Fonte: Pereira et al. (2009).

Tabela 2: Características da carne PSE, normal e DFD.

Característica da Carne	PSE	Normal	DFD
<b>Cor</b>	Claro	Normal	Escuro
<b>pH inicial</b>	<5,9	>5,9	>5,9
<b>pH final</b>	<5,6	5,6-6,2	>6,2
<b>CRA</b>	Ruim	Boa	Boa

Fonte: Pereira et al. (2009).

### 1.6.3 Cor

A cor é considerada a mais importante característica sensorial na aparência da carne, podendo não apenas valorizá-la, mas também depreciá-la (MACDOUGALL, 1994). Ela reflete a quantidade e o estado químico de seu principal pigmento, a mioglobina (ZENI, 2007). Segundo Macdougall (1994) a quantidade de mioglobina varia com a espécie, sexo, idade, localização anatômica do músculo, atividade física, tipo de fibra muscular e nível de sangria do animal no abate. A diferença entre a coloração de músculos distintos de um mesmo animal refere-se ao tipo de fibras musculares presentes. Músculos com maior número de fibras vermelhas apresentam coloração vermelha mais escura que outros. Cortes de carne fresca geralmente mantêm a cor atrativa por 72 horas se forem seguidas às recomendações corretas de refrigeração (ROSENVOLD;ANDERSEN, 2003).

A cor da carne pode ser descrita segundo o conceito psicológico de tonalidade (vermelho, verde, azul etc), saturação (intensidade de cor) e brilho ou luminosidade (posição entre o branco e o preto). Qualquer cor, sob determinada iluminação, é definida conforme essas três características, parâmetros básicos utilizados nas medidas instrumentais (NPPC, 2000).

A cor detectada pelos olhos é resultado de uma combinação de diversos fatores. Os mais importantes contribuintes para a cor da carne são os pigmentos que absorvem comprimentos de onda e refletem outros (PRADO, 2003). No momento da observação, alguns fatores devem ser considerados nas avaliações de cor, tanto objetivas quanto subjetivas, como por exemplo, a seleção e preparo das amostras, conforme a finalidade da avaliação, e as condições de iluminação, salientando que a cor final se define após 24 horas do abate (MURRAY, 1995; SWATLAND, 1994).

O grupo heme é uma molécula produzida em todos os tecidos animais, principalmente na medula óssea e fígado. A existência deste composto é importante para o transporte de oxigênio, pois está presente principalmente na hemoglobina (80%), mioglobina e enzimas (catalase, citocromo P450 e peroxidases), conforme elucidado por González e Silva (2006).

Os pigmentos heme são responsáveis pela cor da carne, sendo a mioglobina o seu principal pigmento. Além desta, a proteína hemoglobina também é um dos pigmentos responsáveis pela coloração da carne, sendo que a primeira é um pigmento do músculo e a segunda, do sangue. Diante disso sabe-se que um músculo submetido a uma sangria eficiente tem aproximadamente 80 a 90% do total de pigmentos como mioglobina. Quantidade elevada de água livre nos tecidos musculares provocado pelo efeito do pH baixo resulta em palidez na carne. A água livre nos músculos influencia na cor porque está localizada fora das células musculares (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003). Carnes com elevada CRA mantêm uma grande proporção de água intracelular que promovem uma alta atividade enzimática, e conseqüente consumo de oxigênio e redução na proporção de pigmento (PRADO, 2003).

Quando há a oxidação da mioglobina, o ferro ferroso se converte em férrico (+3) formando-se a metamioglobina. O tecido que foi oxigenado possui cor vermelho brilhante comum. Já o tecido que foi oxidado possui uma cor marrom, que não é



desejável. As reações de cor da carne fresca são dinâmicas e determinadas pelo estado do músculo e as porções resultantes de mioglobina, metamioglobina e oximioglobina (FENNEMA, 2000; SGARBIERI, 1996). Para a manutenção da coloração atraente da carne é importante que, sendo conservada *in natura*, ela esteja em contato com o oxigênio para que a oxigenação das suas hemoproteínas seja mantida (SGARBIERI, 1996). A grande capacidade de retenção de água ao corte da carne escura mantém uma proporção enorme de água intracelular, por isso a reflexão de luz branca é minimizada. Além disso, aumenta a absorção da cor. Por outro lado, devido ao seu alto pH, a carne de corte escuro também dispõe de enzimas que utilizam o oxigênio rapidamente, o que reduz a proporção de oximioglobina (FORREST et al., 1979).

Na Figura 6 observa-se o ciclo da cor em carnes frescas, que apresenta-se reversível e dinâmico permitindo constante interconversão das três formas do pigmento até que a carne seja processada (SEARA, 2010b). Por exemplo, com o cozimento a carne muda de cor para o marrom. Sob condições extremas, o pigmento pode ser decomposto, com a separação do grupo heme da parte protéica. Isto ocasiona a separação do átomo de ferro da estrutura, levando à cor esverdeada e/ou amarelada (SGARBIERI, 1996; SHIMOKOMAKI et al., 2006).

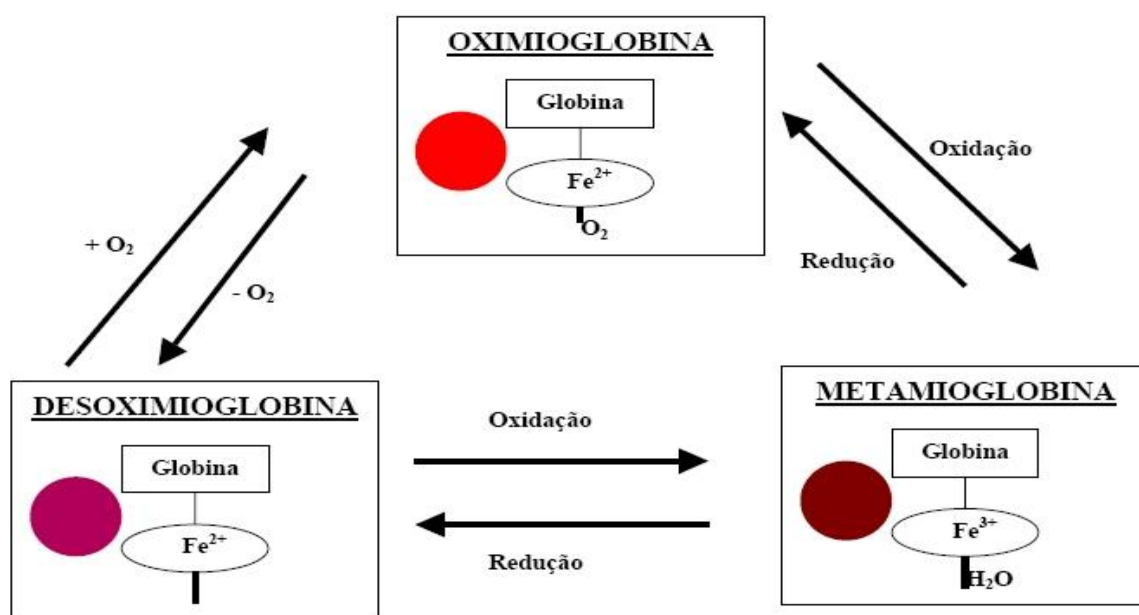


Figura 6: Relação entre o estado da mioglobina e a cor da carne.  
Fonte: Seara (2010b).

A coloração da carne depende em grande parte da fisiologia e da bioquímica dos músculos nas horas que antecedem e logo após o abate. Essas condições se refletem principalmente nas variações do pH da musculatura nas primeiras horas *post mortem*. Situações extremas podem gerar defeitos graves como carne pálida (PSE) e carne enegrecida (DFD) (SGARBIERI, 1996).

A palidez da carne PSE é devida a uma grande proporção de água livre nos tecidos, combinada com o efeito direto do baixo pH nos pigmentos. A água livre influencia na cor à medida que se localiza entre as células musculares quando deveria localizar-se dentro delas. Então o tecido fica com muitas superfícies refletoras que refletem totalmente a luz, porém possuem uma capacidade limitada de absorção luminosa. Por isso, a intensidade da cor se reduz muito. A cor pálida pode ser conseqüência de uma desnaturação durante o período *pos mortem* inicial, ou pode ser um efeito direto do baixo pH nas propriedades refletoras da luz dos pigmentos (FORREST et al., 1979).

Atualmente, existem padrões internacionais para avaliação subjetiva e superficial de cor. Os mais utilizados são o do *Japanese Pork Color Standards (JPCS)* e o do *National Pork Producers Council (NPPC)* dos Estados Unidos da América. Recomenda-se que essa avaliação aconteça sob condições padronizadas de intensidade de luz (800 a 1600 lux), com luz branca fria (MURRAY, 1995), e seja precedida de adequado treinamento (BROWN, 1992), sendo que o músculo *longissimus dorsi*, por ser um dos mais acessíveis e estar entre os mais afetados por qualidade adversa, tem sido escolhido para avaliação de qualidade da cor de cortes da carcaça suína, tanto objetiva quanto subjetivamente (MURRAY, 1995).

De acordo com Macdougall (1994), na determinação da cor da carne, considera-se ainda a propriedade de dispersão de luz, a qual ocorre do estado fisiológico do animal ao abate e do regime de resfriamento a que a carcaça foi submetida. Imediatamente após o abate, o músculo encontra-se escuro devido sua translucência. A taxa de glicólise *post-mortem* e a conseqüente formação de ácido láctico, resultam no declínio do pH muscular. Segundo o mesmo autor, a associação entre pH e intensidade de frio que a carcaça é exposta após o abate, afeta o grau de desnaturação protéica. Quando a produção de ácido láctico é muito rápida, a dispersão de luz pode dobrar, provocando palidez, característica da carne PSE. Por

outro lado, quando a queda de pH é incompleta a carne permanece translúcida, como ocorre na carne suína DFD.

Sabe-se que em uma carne PSE ou DFD irá ocorrer modificação na pigmentação da carne contribuindo e dificultando a elaboração de produtos curados, uma vez que a cura dos produtos cárneos está na dependência da concentração destes pigmentos musculares, cuja concentração poderá variar com as raças. A cor do produto cárneo está na dependência de uma cura bem realizada através da reação dos nitritos com os pigmentos naturais da carne; maior quantidade de pigmentos irá gerar mais hemocromo com produto cárneo mais intensamente corado, portanto, mais atraente e com melhores possibilidades de comercialização (TERRA;FRIES, 2000).

Sabe-se que a percepção de cor é dependente do observador, por isso, sua avaliação pode ser usada, como um fator decisivo na indústria, somente se a coloração final da carne puder ser estimada na linha de abate por medidas objetivas ou mesmo por instrumentos informatizados, como pHmetros e sondas de fibra óptica. Há relatos de investigações que reportam a capacidade do pH 45 minutos de indicar a coloração final de carne suína e estabelecem correlações entre pH 45 minutos e escores de 1 a 6 de avaliação subjetiva de cor pelo padrão japonês (VAN OECKEL et al.; 1999).

#### **1.6.4 Temperatura**

Com o colapso circulatório e respiratório do suíno após a sangria, o calor corporal não é mais removido dos músculos para ser dissipado para a superfície. Além disso, o mecanismo homeostático gera calor e realiza reações exotérmicas para manutenção da integridade muscular, o que implica numa elevação localizada da temperatura muscular (RAMOS, 2005).

O *rigor mortis* caracteriza-se por endurecimento, perda de transparência da superfície muscular, enrijecimento das articulações e ligeira elevação na temperatura da carcaça, que diminuirá posteriormente de forma gradativa, de acordo com a temperatura do meio ambiente (THORNTON, 1969). Em uma carcaça oriunda

de um animal fisiologicamente normal, o *rigor mortis* não aparece antes de 9 a 12 horas do abate, atingindo o máximo de rigidez após 20 a 24 horas e declinando em seguida gradualmente. Contudo, o tempo de instalação do *rigor mortis* é antecipado pela temperatura ambiente alta e retardado pelas temperaturas baixas ou pelo resfriamento em câmaras frigoríficas (CARVALHO FILHO et al., 2005).

A temperatura corporal exerce importante influência na velocidade de instalação do *rigor mortis*, sendo que quanto mais elevada a temperatura, mais rapidamente transcorre a glicólise e a queda de pH. Porém, a temperatura da carcaça dos animais abatidos pode proporcionar diferentes modificações nas taxas de reações bioquímicas nos diferentes tecidos musculares (PARDI et al., 2001).

Segundo os mesmos autores as reações catalizadas enzimaticamente que ocorrem nos músculos são particularmente sensíveis. Diferenças na temperatura de 10°C podem alterar todo o processo de mudanças dessas reações, o que resulta na necessidade de uma gradativa redução da temperatura muscular *pos mortem*, a fim de minimizar a desnaturação das proteínas e inibir o crescimento de microrganismos, responsáveis pela contaminação da carne. Dessa forma, reduções de temperatura do músculo extremamente rápidas podem levar a consequências indesejáveis para a qualidade da carne.

Ramos (2005) cita ainda que fatores externos associados ao processo de abate podem influenciar na dissipação do calor e salienta que alguns procedimentos pós-abate aos quais as carcaças estão sujeitas também contribuem para um aumento da temperatura muscular em torno de 2 a 3°C, como por exemplo o processo de escaldagem e o chamuscamento. O autor também menciona que animais cuja carne é PSE podem apresentar elevação da temperatura na primeira hora após o abate em função do maior metabolismo gerado pelo acúmulo sarcoplasmático de cálcio.

## **OBJETIVOS GERAIS**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do gene halotano sobre a deposição de gordura intramuscular em carne de suínos híbridos comerciais, bem

como a interferência dos minerais magnésio, zinco, selênio e cobre, adicionados a água de bebida no pré-abate, na qualidade final da carne, de suínos abatidos em matadouro-frigorífico.

## REFERÊNCIAS

ABIEPCS. Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína. **Carne Suína Brasileira**. 2009. Disponível em <<http://www.carnesuinabrasileira.org.br/nutrientes1.html>>. Acesso em 03 ago. 2011.

ABIEPCS. Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína. **Mercado Mundial de Carne Suína**. 2010. Disponível em <<http://www.abiepcs.org.br/pt/estatisticas/mundial.html>>. Acesso em 03 ago. 2011.

ANTUNES, R. C. **O efeito do genótipo hal sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados**. 1997. 64f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) – Instituto de Genética e Bioquímica. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.

BASTOS R. G.; FEDERIZZI J.; DESCHAMPS J. C.; CARDELLINO, R. A.; DELLAGOSTIN, O. A. Efeito do gene do estresse suíno sobre características de quantidade e qualidade de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p. 37-40, 2001.

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

BERNARDES, L. A. H.; PRATA, F. P.; PEREIRA, G. T. Eficiência da monitoração de pH (45min e 24h), no músculo *longissimus dorsi*, na predição de atributos de

qualidade da carne suína. **Veterinária e Zootecnia**, v.14, n.2, p. 176-192, 2007.

BERTOL, T. M.; BRITO, B. G. Efeito do óxido de zinco x sulfato de cobre com ou sem restrição alimentar, sobre desempenho e ocorrência de diarreia em leitões. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.24, p. 278, 1995.

BERTOLONI, W. **Eficácia do sistema Hennessy GP4, na determinação de aspectos qualitativos em carcaças suínas**. 1999. 106f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BORGES, S. A.; FAVERO, A. Utilização de eletrólitos para aves da teoria a prática. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, IX., 2008. **Anais...** Chapecó: Embrapa Suínos e Aves, 2008. p. 129-153.

BROWN, S.N. A note on the use of subjective methods for assessing pig meat quality on the slaughterline. **Meat Science**, v.32, p.195-202, 1992.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 3. ed. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992. 220p.

CAMPOS, D. I. **Desempenho, qualidades de carcaça e de carne em suínos Large White de linhagens distintas**. 2008.121f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

CARVALHO FILHO, D. U. de.; COSTA, A. P. R.; MURATORI, M. C. S.; LOPES, J. D.; AZÊVEDO, D. M. M. R. Temperatura e pH de carcaças de bovinos abatidos sob inspeção municipal em Teresina, Piauí. **Revista Científica de Produção Animal**, v.7, n.2, p. 60-66, 2005.

CASTILLO, C. J. C. Atributos de qualidade em carcaças e cortes de frango. In:\_\_\_\_\_. **Qualidade da carne**. São Paulo: Varela, 2006. cap. 7, p. 135.

COSTA, A.M. **Preparo e caracterização de fosfatos de cálcio dopados com zinco para aplicações médico-odontológicas**. 2004. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M.; NICOLAIESWKY, S. The effect of transportation distance and pre-slaughter lairage time on the pig meat quality. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MEAT SCIENCE TECHNOLOGY, 37., 1991. **Proceedings...** Kulmabach: Federal Centre for Meat Research, 2001. p. 224-228.

CULAU, P. O. V.; LÓPEZ, J.; RUBENSAM, J. M.; LOPES, R. F. F.; NICOLAIEWSKY, S. Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n. 2, p. 954-96, 2002.

DALLA COSTA, O. A.; LUDKE, J. V.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Aspectos econômicos e de bem estar animal no manejo dos suínos da granja até o abate. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, IV., 2005. **Anais...** Florianópolis: 2001. p. 1-25. Disponível em: <<http://www.freewebs.com/hotzel/DallaCostaTransporteSuinos.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

DALLA COSTA, O. A.; COLDEBELLA, A.; COSTA, M. J. R. P. da.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J. V.; LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N. Período de descanso dos suínos no frigorífico e seu impacto na perda de peso corporal e em características do estômago. **Ciência Rural**, v.36, n.5, p. 1582-1588, 2006.

DEEKERS, J. C. M. Commercial application of marker-and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons 1, 2. **Journal of Animal Science**, v.82, p.E313-328, 2004. (E. Suppl.).

DOWNS, K. M.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. **Journal of Applied Animal Research**, v.18, p. 61–72, 2000.

D'SOUZA, D. N.; WARNER, R. D.; LEURY, B. J.; DUNSHEA, F. R. The effect of dietary magnesium aspartate supplementation on pork quality. **Journal of Animal Science**, v.76, p.104–109, 1998.

D'SOUZA, D. N.; WARNER, R. D.; DUNSHEA, F. R.; LEURY, B. J. Comparison of different dietary magnesium supplements on pork quality. **Meat Science**, v.51, p. 221–225, 1999.

FALLEIROS, F. T.; MIGUEL, W. C.; GAMEIRO, A. H. Desinformação como obstáculo ao consumo da carne suína in natura. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLVI., 2008. **Anais...** Pirassununga: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/9/256.pdf>>. Acesso em 30 out. 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food Outlook Global Market Analysis**. Roma: FAO, 2010. 116p.

FÁVERO, J. A.; BELLAYER, C. **Produção de carne de suínos**. 2007. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_arquivos/palestras\\_q7t2f5k.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_q7t2f5k.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2011.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1272p.

FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; TALMANT, A.; MOUROT, J.; LEBRET, B. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. *longissimus lumborum*. **Meat Science**, v. 53, p.59-65, 1999a.



FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; TALMANT, A.; MOUROT, J.; LEBRET, B. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. **Meat Science** v.53, p.67-72, 1999b.

FLOHE, L.; GUNZLER, W. A.; SCHOCK, H.H. Glutathione peroxidase: A selenium enzyme. **FEBS Letters**, v.32, p.132-134, 1973.

FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; HEDRICK, H. B.; JUDGE, M. D.; MERKEL, R. A. **Fundamentos de ciência de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 364 p.

FRANCO, M. M.; ANTUNES, R. C.; BORGES, M.; MELO, E. O.; GOULART, L. R. Influence of breed, sex and growth hormone and halothane genotypes on carcass composition and meat quality traits in pigs. **Journal of Muscle Foods**, v. 19, p. 34-49, 2008.

FRAKER, P. J. Zinc deficiency: A common immunodeficiency state. **Immunologic Research**, v.2, n.2, p.155-157, 1983.

FREDERICK, B. R.; HEUGTEN, E. van.; HANSON, D. J.; SEE, M. T. Effects of supplemental magnesium concentration of drinking water on pork quality. **Journal Animal Science**, v.84, p.185-190, 2006.

FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F. et al. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v. 253, n. 2, p. 448-451, 1991.

GARRIDO, M. D.; BAÑÓN, S. Medida del pH. In: CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. (Ed.) **Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en ruminantes**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 2000. p.147-155.

GEERS, R.; BLEUS, E.; Van SCHIE, T. Transport of pig different with respect to the halothane gene: stress assessment. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2552-2558, 1994.

GEESINK, G. H., SCHREUTELKAMP, F. H., FRANKHUIZEN, R.; VEDDER, H. W.; FABER, N. M.; KRANEN, R. W.; GERRITZEN, M. A. Prediction of pork quality attributes from near infrared reflectance spectra. **Meat Science**, v.65, p.661-668, 2003.

GLATZ, J. F. C.; SCHAAP, F. G.; BINAS, B.; BONEN, A.; VAN DER VUSSE, G. J.; LUIKEN, J. J. Cytoplasmic fatty acid-binding protein facilitates fatty acid utilizations by skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.178, n. 4, p. 367-371, 2003.

GOMES, H. A. **Utilização de sais de sódio e potássio na água de bebida durante o jejum pré-abate de frangos de corte**. 2007. 184f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 358p

HAMBRECHT, E.; EISSEN J. J.; NEWMAN, D. J.; SMITS, C. H. M.; VERSTEGEN, M. W. A; HARTOG L. A. Preslaughter handling effects on pork quality and glycolytic potential in two muscles differing in fiber type composition. **Journal of Animal Science**, v.83, p.900-907, 2005.

HEINEMANN, R. J. B.; **Influência no peso de abate nas características da carcaça e da carne do músculo *longissimus dorsi* em novilhos nelore e cruzados Limousin-Nelore**. 2000, 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos). Universidade Estadual de São Paulo, São José do Rio Preto, 2000.

HOVENIER, R. **Breeding for meat quality in pigs**. 1993. PhD Thesis. Department of Animal breeding. Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1993.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C. **Principles of meat science**. 2. ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1989. 351p.

KAUFFMAN, R. G.; EIKELENBOOM, G.; VAN DER WAL, P. G.; ENGEL, B.; ZAAR, M. A. A comparison of methods to estimate water-holding capacity in post-rigor porcine muscle. **Meat Science**, v.18, p.307-322, 1986.

KIDD, M. T. Nutrição em ambientes quentes. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA: NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, Foz do Iguaçu, PR, 2001. **[Trabalhos Apresentados]**. Foz do Iguaçu, 2001.

KLINGER, K. Carne de porco perde gordura e ganha leveza. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 dez. 2001. p.16.

KUKOYI, E. A.; ADDIS, P. B.; MCGRATH, C. J.; REMPEL, W. E.; MARTIN, F. B. Porcine stress syndrome and postmortem muscle characteristics of two purebreds and three specific terminal crosses. **Journal of Animal Science**, v.52, n.2, p.278-284, 1981.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 131 p.

LEE, S.; NORMAN, J. M.; GUNASEKARAN, S.; VAN LAACK, R. L. J. M.; KIM, B. C.; KAUFFMAN, R. G. Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post rigor pork. **Meat Science**, v.55, n.4, p.385-389, 2000.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chickens**. 4. ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

MACDOUGALL, D. B., Colour meat – its basis and importance. In PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product – Advances in meat research series**. Springer: Black Academic & Professional, 1994. cap.2, p. 34 –78.

MCGLOUGHLIN, P. Genetics aspects of pig meat quality. **Pig News and Information**, v.1, p.1, 1980.

MACHADO, O. D.; FONTES, D. O.; FERREIRA, J. M.; CORRÊIA, G. S. S.; NELSON, D. L.; GLÓRIA, M. B. A. Desempenho e qualidade da carne de suínos suplementados com magnésio e creatina no período pré-abate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.11, n.3, 2008.

MACIEL, M. V.; AMARO, L. P. A.; LIMA JÚNIOR, D. M. de; RANGEL, A. H. N.; FREIRE, D. A. Métodos avaliativos das características qualitativas e organolépticas da carne de ruminantes. **Revista Verde**, v.6, n.3, p.17-24, 2011.

MADDOCK, R. J.; BIDNER, B. S.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K.; BERG, E. P.; SAVELL, J. W. Creatine monohydrate supplementation and the quality of fresh pork in normal and halothane carrier pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n.4, p.997-1004, 2002.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (*pale, soft, exudative*) e DFD (*dark, firm, dry*) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.69-72, 2007.(E. Suppl.).

MAGNONI, D.; PIMENTEL, I. **A importância da carne suína na nutrição humana**. 2006. Disponível em <<http://www.camari.com.br/files/2.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2011.

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academy Press, 1992, 524p.

MOONGA, B. S.; DEMPSTER, D. W. Zinc is a potent inhibitor osteoclastic bone resorption in vitro. **Journal of Bone and Mineral Research**, v.10, p. 453-457, 1995.

MUCK, D. **Suíños- padrão da raça Pietrain**. 2010. Disponível em: <<http://www.centroveterinario.com.br/suinos.asp>>. Acessado em 08 ago. 2011.

MURRAY, A. C. The evaluation of muscle quality. In: JONES, S. D. M. **Quality and grading of carcasses of meat animals**. Boca Raton: CRC Press Inc., 1995. p.83-107.

MYCKELSON, J. R.; LOUIS, C. F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction, Ca<sup>++</sup> release channel and cell Ca<sup>++</sup> regulation defects. **Physiological Reviews**, v.76, n.2, p.537-592, 1996.

NPPC - NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Pork composition quality assessment procedures**. Des Moines: E.P. Berg, 2000. 42p.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington: National Academic Press, 1998. 212p.

ODA, S. H. I.; BRIDI, A. M.; SOARES, A. L.; GUARNIERE, P. D.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE (pale, soft and exudative) e DFD (dark, firm and dry) em aves e suínos – diferenças e semelhanças. **Revista Nacional da Carne**, n. 325, p. 108-113, 2004.

OLIVEIRA, D. E. de. **Minerais: funções, deficiências, toxidez e outros aspectos da suplementação**. Material Técnico-AGROCERES nutrição animal. 2004. Disponível em <<http://www.agroceresnutricao.com.br/artigos/apostilatecnicaminerais.pdf>>. Acesso em 08 de jun. 2011.

OTTEN, W.; BERGERHOFF, T.; BERRER, A.; GOLDBERG, M.; EICHINGER, H. M. Effects of a magnesium fumarate supplementation on catecholamines, cortisol and blood metabolites in swine. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 39<sup>th</sup>., 1993. **Proceedings...** Calgary: ICOMST, 1993. p.82.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F. dos.; Souza, E. R. de.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2 ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1v, 2001. 617p.

PEDREIRA, C. M. S. O. **O efeito do zinco na maciez da carne de bovinos de corte**. 2001. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/o-efeito-do-zinco-na-maciez-da-carne-de-bovinos-de-corte-4985n.aspx>>. Acesso em: 29 out. 2011.

PEREIRA, A. A.; JUNQUEIRA, O. M.; SGAVIOLI, S. **Carne suína: fatores determinantes de sua qualidade**. 2009. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/administracao/artigos/carne-suina-fatores-determinantes-t215/124-p0.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

PETTIGREW, J. E.; ESNAOLA, M. A. Swine nutrition and pork quality: a review. **Journal of Animal Science**, v.79, p. E316-342, 2001.

PLASTOW, G. S. Molecular Genetics in the Swine Industry. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000. **Anais...** Belo Horizonte: SBMA, 2000. p.21-30.

PRADO, C. S., **Propriedades da carne fresca**. Curso de Especialização em Inspeção e Tecnologia de Produtos de Origem Animal. Universidade Federal de Goiás. Goiânia 2003.

PRATA, L. F.; FUKUDA, R. T. **Fundamentos de higiene e inspeção de carnes**. Jaboticabal: Funep, 2001. 350p.

RADCLIFFE, J. S. **Visões sobre modificadores de carcaça**. 2004. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/index.php?documento=85>>. Acesso em: 14 dez. 2010.

RAMOS, E. M. **Tecnologia do processamento de carnes e derivados**. Departamento de Tecnologia Rural e Animal. DTR 149. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Material Teórico, 1v, 2005.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, 2000. 202p.

\_\_\_\_\_. *Modificações post mortem*. 2005. Disponível em: <<http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca105.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

ROPPA, L. Atualização sobre os níveis de colesterol, gordura e calorias da carne suína. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. (CD-ROM).

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality: a review. **Meat Science**, v. 59, p. 397-406, 2001.

\_\_\_\_\_. The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. **Meat Science**, v.63, p.199-209, 2003.

ROTRUCK, J. T.; POPE, A. L.; GANTHER, H. E.; SWANSON, A. B.; HAFEMAN, D. G.; HOEKSTRA, W. G. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. **Science**, n. 4073, v.179, p.558-560, 1973.

RÜBENSAM, J. M. Transformações *post mortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 89-99.

RUTZ, F.; ANCIUTI, M. A.; RECH, J. L.; XAVIER, E. G. Following response to Sel-Plex<sup>®</sup> and other organic minerals through the broiler breeder maze: case studies in Brazil. In: ALLTECHS ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN FEED INDUSTRY, 22th., 2006. **Proccedings...** Loughborough: Nottingham University Press, 2006. p. 502-513.

SAAD, M. B. **Efeito da suplementação de selênio orgânico a resposta imunológica de frangos de corte.** 2009. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

SARCINELLI M. F.; VENTURINI K. F.; SILVA L. C. **Características da carne suína.** Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. Disponível em: <[http://www.agais.com/telomc/b00907\\_caracteristicas\\_carnesuina.pdf](http://www.agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf)>. Acesso em: 02 jul. 2011.

SATHER, A. P., JONES, S. D. M., TONG, A. K. W. et al. Halothane genotype by interactions on pig meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, n.3, v. 71, p.645-658, 1991.

SCHAEFER, A. L.; MURRAY, A. C.; TONG, A. K. W.; JONES, S. D. M.; SATHER, A. P. The effect of ante mortem electrolyte therapy on animal physiology and meat quality in pigs segregating at the halothane gene. **Journal of Animal Science**, v.73, p. 231–240, 1993.

SEARA, L. T. **Rigor mortis – carnes.** 2010a. Disponível em: <<http://lucitojal.blogspot.com/2010/04/rigor-mortis-conversao-do-musculo-em.html>>. Acesso em: 05 ago. 2011.



\_\_\_\_\_. **Cor da carne.** 2010b. Disponível em: <  
[http://lucitojal.blogspot.com/2010/04/blog-post\\_25.html](http://lucitojal.blogspot.com/2010/04/blog-post_25.html)>. Acesso em: 17 jan. 2011.

SELLIER, P. Genetics of meat and carcass traits. In: ROTHSCCHILD, M.; RUVINSKY, A. (Ed.). **The genetics of the pig.** Wallingford: CAB International, 1998. cap.16, p. 463-510.

SGARBIERI, V. C.; **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações.** São Paulo: Varela, 1996. 517p.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. G. M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes.** São Paulo: Varela, 2006, 236p.

SILVEIRA, E. T. F. Manejo pré-abate de suínos. In: CASTILLO, C. J. C. **Qualidade da carne.** São Paulo: Varela, 2006. cap. 4, p. 75.

\_\_\_\_\_. Manejo pré -abate de suínos e seus efeitos na qualidade da carcaça e carne. **Suínos & Cia**, ano VI, n.34, p.24-33, 2010.

SMET, S. de.; PAUWELS, H.; VERVAEKE, D.; BIE, S. de.; EECKHOUT, W.; CASTEELS, M. Meat and carcass quality of heavy muscled Belgian slaughter pigs as influenced by halothane sensitivity and breed. **Animal Science**, v. 61, n.2, p.109-114, 1995.

SOMERS, C.; TARRANT, P. V.; SHERINGTON, J. Evaluation some objective methods for measuring pork quality. **Meat Science**, v.15, p.63-76, 1985.

STRYER, L. **Bioquímica**, 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 1000p.

SWATLAND, H. J. The challenge of improving meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v.62, p.15-24, 1982.

\_\_\_\_\_. Physical measurements of meat quality: optical measurements, pros and cons. **Meat Science**, v.36, p.251-259, 1994.

TAKESHIMA, H.; LINO, M.; TAKEKURA, H.; NISHI, M.; KUNO, J.; MINOWA, O.; TAKANO, H.; NODA, T. Excitation-contraction uncoupling and muscular degeneration in mice lacking functional skeletal muscle ryanodine-receptor gene. **Nature**, v. 369, p. 556-559, 1994.

TAM, L. G.; BERG, E. P.; GERRARD, D. E.; SHEISS, E. B.; TAN, F. J.; OKOS, M. R.; FORREST, J. C. Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin autoxidation. **Meat Science**, v.49, n.1, p.41-53, 1998.

TERLOUW, E. M. C.; PORCHER, J.; FERNANDEZ, X. Repeated handling of pigs during rearing. II. Effect of reactivity to humans on aggression during mixing and on meat quality. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1664-1672, 2005.

TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M. A Qualidade da Carne Suína e sua industrialização. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 1-5.

THORNTON, H. **Compêndio de inspeção de carnes**. 1 ed. São Paulo: Fremag, 1969. 665p.

TRAMONTINI, P. Consumo da carne suína a experiência brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5º., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 6-11.

TROXLER, R. F.; OFFNER, G. D.; JIANG, J. W.; SKARE, J. C.; MILUNSKY, A.; WYANDT, H. E. Localizations of the gene for human heart fatty acid binding protein to chromosome 1p32-1p33. **Human Genetics**, v.92, n.6, p.563-566, 1993.

UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Wallingford: CABI, 1999. 614p.

URKIJO, E.; EGUINO, P.; LABAIRU, J. **A la hora de definir la calidad de la carne, las apreciaciones cambian con ligeros matices según la perspectiva de los distintos eslabones de la cadena que va desde la explotación ganadera hasta la mesa del consumidor**. 2009. Disponível em: <<http://www.pregonagropecuario.com.ar/cat.php?txt=836>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

VAN LAACK, R. L. J. M., KAUFFMAN, R. G., POLIDORI, P. **Evaluating pork carcasses for quality**. National Swine Federation Annual Meeting. 1995. Disponível em: < <http://www.nsif.com/conferences/1995/evaluating.htm>>. Acesso em: 14 dez. 2010.

VAN OECKEL, M. J.; WARNANTS, N.; BOUCQUE, C. V. Measurement and prediction of pork colour. **Meat Science**, v.52, p.347-354, 1999.

VEERKAMP, J. H.; van MOERKERK, H. T. B.; ZIMMERMAN, A. W. Effect of fatty acid-binding proteins on intermembrane fatty acid transport. Studies on different types and mutant proteins. **European Journal of Biochemistry**, v.267, n.19, p. 5959-5966, 2000.

VELARDE, A. **El bienestar animal i la qualitat del producte final**. 2007. Dossier tècnic nº 18. DARP. Generalitat de Catalunya. Disponível em: < [http://www.3tres3.com.pt/buscando/relac-o-entre-metodos-de-atordoamento-e-qualidade-da-carne\\_612/](http://www.3tres3.com.pt/buscando/relac-o-entre-metodos-de-atordoamento-e-qualidade-da-carne_612/)>, Acesso em 31 out. 2011.

WARRISS, P. D. The welfare of slaughter pigs during transport. **Animal Welfare**, v. 7, n.4, p. 365-381, 1998.

WARRISS, P. D.; BROWN, S. N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão Britânica. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE

QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 17-20.

ZARDO, A. O.; LIMA, G. J. M. M. de. Alimentos para suínos. **Boletim Infomativo-BIPERS**, v. 12, n. 8, p. 15-16, 1999.

ZENI, J. S. L. A cor da carne. **Revista Nacional da Carne**, v.362, p. 92-94, 2007.

## **CAPITULO 2 – Influência do gene halotano sobre a deposição de gordura intramuscular em suínos**

**RESUMO-** O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do gene HAL sobre a deposição de GIM em 144 suínos híbridos de duas linhagens comerciais, abatidos em matadouro-frigorífico sob inspeção oficial. Foi identificado o genótipo do gene halotano por meio de análise do DNA utilizando um protocolo de PCR-RFLP. A análise da GIM foi mensurada a partir de amostras coletadas do músculo *semibembranosus*. Dos 144 animais analisados, 61 (42,36%) foram caracterizados como HalNN e 83 (57,64%) como HalNn. A média geral encontrada para GIM foi de 2,14%. A variação da GIM entre os genótipos foi avaliada por análise de variância, usando o *software* SISVAR. Não houve diferença significativa da presença do alelo n do gene halotano na deposição da GIM, quando em heterozigose.

**Palavras-chave:** GIM, HAL, genética, qualidade de carne

## 2.1 Introdução

Na atualidade, a suinocultura nacional tem dado grande ênfase aos programas de melhoramento genético, atribuída à seleção de carcaças suínas com alta quantidade de carne magra em detrimento à gordura, buscando atender a exigência do consumidor em não consumir gordura animal, face à intensa correlação com as doenças cardiovasculares (TERRA;FRIES, 2000).

Sabe-se que alterações nos fatores genéticos e/ou ambientais podem determinar a velocidade e extensão dos eventos bioquímicos *pos mortem* nos suínos, resultando em uma carne de qualidade inferior, denominada de PSE, que representa um sério problema para a indústria por apresentar: baixa retenção de água, palidez, flacidez extrema, perda de peso, menor rendimento para industrialização e rejeição pelos consumidores (RÜBENSAM, 2000). A carne PSE é consequência da rápida queda do pH 24 horas após o abate, e está ligada à presença do alelo mutante HAL nos animais. Segundo Fujii et al. (1991) esse gene, mapeado no cromossomo seis, sofre uma mutação interferindo na codificação da proteína RYR1, que faz parte do canal de cálcio do retículo sarcoplasmático, sendo esta produzida com alteração de sequência e conformação. Essa proteína determina um defeito na regulação do cálcio, o que leva a um aumento em sua liberação pelo retículo sarcoplasmático (SARCINELLI et al., 2007).

O gene HAL tem efeito pleiotrópico sobre a susceptibilidade ao estresse, estando associado com o conteúdo de carne na carcaça e a qualidade da mesma, sendo que em homozigose recessiva (Halnn) esse gene está associado à incidência de carne PSE (SWATLAND, 1982; SATHER et al., 1991; GEERS et al., 1994). Mesmo assim, o gene HAL tem sido explorado para obter aumento de carne na carcaça, cruzando-se machos heterozigotos (HalNn) com fêmeas homozigotas livres do alelo recessivo (HalNN). Esse procedimento visa obter uma progênie 50% HalNn e 50% HalNN, com um aumento de 1 a 2% no conteúdo de carne nas carcaças e, supostamente, sem prejuízo para a qualidade da mesma (FÁVERO;BELLAYER, 2007). No entanto, segundo Bastos et al. (2001), mesmo em heterozigose (HalNn), o gene HAL mantém relação com a diminuição da qualidade da carne.

Outra característica muito observada pelos consumidores da carne suína é a quantidade de gordura. A preocupação dos consumidores com a saúde, principalmente com os níveis de colesterol, fez com que os criadores de suínos aliassem à ciência, investindo em cruzamentos de raças e no aprimoramento das rações dadas aos animais, com o intuito de diminuir as porcentagens de gordura da carne (ROPPA, 1999). Segundo o mesmo autor, 70 a 72% da gordura do suíno está concentrada abaixo da pele, no toucinho. Apenas 22 a 24% da gordura da carcaça situa-se entre os músculos e 2 a 4% no interior dos mesmos, que é a chamada gordura intramuscular, responsável pelo sabor, suculência e maciez da carne.

O teor de gordura intramuscular tem sido identificado como um importante fator na determinação da qualidade da carne suína e, recentemente, foi encontrado genes de efeitos importantes relacionados a esta característica (PLASTOW, 2000). Dekkers (2004) demonstraram que os genes FABP3 e FABP4 têm influência na deposição de gordura intramuscular, com impacto limitado sobre a espessura de toucinho, permitindo assim a seleção para aumento da gordura intramuscular, melhorando o sabor e maciez da carne, sem aumentar a espessura de toucinho (VEERKAMP et al., 2000). Contudo, pesquisas realizadas por Kukoyi et al. (1981), Tam et al. (1998) e Franco et al. (2008) verificaram que a deposição de GIM também pode estar relacionada com a presença do gene HAL.

## **2.2 Objetivos**

Objetivou-se avaliar o efeito do gene HAL sobre a deposição de GIM em carne de suínos híbridos comerciais, abatidos em matadouro-frigorífico sob inspeção oficial.

## **2.3 Material de Métodos**

### **2.3.1 Universo e Período de Estudo**

O experimento foi aprovado pelo comitê de ética na utilização de animais, protocolo número CEUA/UFU 110/10.

Foram estudados 144 suínos, com 150 dias de idade, produzidos em granjas comerciais, no mês de março de 2010. Os animais pertenciam a duas diferentes linhagens comerciais: 72 do cruzamento A (Macho: Pietran e Duroc X Fêmea: Large White e Pietran livre de gene halotano) e 72 do cruzamento B (Macho: Pietran puro X Fêmea: Large White e Pietran livre de gene halotano), contendo cada uma 36 machos castrados e 36 fêmeas.

### **2.3.2 Transporte e Abate dos Animais**

Antes de serem enviados ao abate, os suínos foram tatuados com números de identificação nas duas paletas e nos dois membros posteriores e coletaram-se amostras de cinco mL de sangue destes animais, na veia marginal da orelha, e foram armazenadas em frascos, contendo solução anticoagulante (citrato), devidamente identificados. As amostras foram transportadas em caixa de isopor, contendo gelo reciclável para o resfriamento e conservação do material. Em seguida, as amostras foram congeladas a uma temperatura de -20°C para posterior extração do DNA genômico.

Os animais foram transportados em caminhões, específico para o transporte de suínos, até o matadouro-frigorífico onde foram abatidos conforme as legislações federais de abate de animais (BRASIL, 1952, 1995, 2000). Após o desembarque, os suínos foram alojados em pocilgas de descanso, permanecendo por 12 horas em repouso, jejum e dieta hídrica. Posteriormente foram conduzidos a sala de abate passando pelos chuveiros de aspersão e submetidos à insensibilização, feita através do método elétrico, em dois pontos, com voltagem média de 350 V e amperagem média de 0,85 A. Em seguida, realizou-se as operações de sangria, escaldagem,



toalete, evisceração e inspeção. Logo após, as carcaças foram armazenadas em câmara refrigerada sob uma temperatura de 0,5 a 2°C.

Após 24 horas do abate foram retiradas amostras de carne do músculo pernil (*semimembranosus*) para as análises de GIM. As amostras foram obtidas das meias-carcaças direita dos animais (Figura 1).



Figura 1: Amostras de carne do músculo pernil (*semibremanosus*) para as análises de GIM, Uberlândia- MG, 2010.

### 2.3.3 Análise do DNA

A análise do DNA ocorreu no LAGEM/UFU. O DNA foi extraído dos leucócitos adaptando-se o protocolo de extração e quantificação de DNA segundo Antunes (1997).

O DNA foi amplificado através da técnica PCR.-RFLP (SAIKI et al., 1985; MULLIS; FALOONA, 1987), sendo os *primers* utilizados os mesmos que foram usados por Brenig e Brem (1992). O procedimento foi realizado em um volume final de 30  $\mu$ L, contendo aproximadamente 100 ng de DNA da amostra, 1,0 mM de  $MgCl_2$ , 6,0 picomoles de cada *primer*, 50  $\mu$ M de dNTPs, 1,25 UI de enzima Taq DNA Polimerase (Fermentas<sup>®</sup>) e solução tampão para a referida enzima. A reação ocorreu no termociclador sob as seguintes condições: 94°C de temperatura de desnaturação por 30 segundos, 58°C por 30 segundos para anelamento dos *primers* e 72°C por 45 segundos para a extensão do DNA, sendo realizada em 35 ciclos.

Após a amplificação, o DNA foi cortado pela enzima de restrição Hha I, submetido à eletroforese em gel de agarose à 2,8%, corado com brometo de etídio e

visualizado sob luz ultravioleta (SAMBROOK et al., 1989).

A genotipagem foi feita pelo padrão de bandejamento, no qual os animais HalNN possuíam o sítio de restrição enzimática para a enzima Hha I nos dois alelos, apresentando duas bandas, de 48 pb e 85 pb, após a restrição enzimática. Por outro lado, os animais HalNn tinham um dos alelos com a mutação 1843 (C → T), que elimina o sítio de restrição enzimática, apresentando uma banda de 133 pb e as duas supracitadas.

#### 2.3.4 Análise da GIM

A análise da gordura intramuscular foi realizada no LAMRA/UFU. Foi utilizado como base o Manual de Procedimentos Analíticos do Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (ANFAR, 2005).

As amostras de pernil foram picotadas e acondicionadas em pratos de alumínio, que posteriormente foram pesadas em balança de precisão (Figura 2) e submetidas ao processo de pré-secagem, no qual foram colocados em estufa de circulação durante um período de 72 horas a 55°C.



Figura 2: Pesagem da amostra de pernil, Uberlândia- MG, 2010.

Logo após, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas novamente. Em seguida foram submetidas, individualmente, a moagem em moinho tipo martelo com

peneiras de cinco milímetros. Posteriormente extraiu-se dois gramas de cada amostra colocando-as em estufa de secagem definitiva à 105°C por seis horas, obtendo-se assim a quantidade de MS e UM.

Para análise do EE, três gramas de cada amostra foram acondicionadas em cartuchos preparados com papel filtro ou cartucho extrator. Utilizou-se um balão de fundo chato previamente seco, onde os cartuchos foram introduzidos, adicionou-se o solvente (éter de petróleo), ajustando o conjunto ao condensador, no qual houve a extração por um período de seis horas à velocidade de condensação de 120 a 160 gotas por minuto (Figura 3). Houve a recuperação do solvente e o balão foi levado a estufa à 105°C por 30 minutos para completar a secagem. Em seguida o mesmo foi esfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado.



Figura 3 – Extração do EE, Uberlândia- MG, 2010.

A MS foi determinada a partir das equações:

$$ASE = (AS - T/A \times 100) \text{ e } MS = (ASE \times ASA/100),$$

Em que:

A= amostra em gramas;

T= tara da balança;

AS= amostra seca;

ASA= amostra seca ao ar;

ASE= amostra seca em estufa.

A %UM foi calculada pela fórmula:

$$\%UM = 100 - MS$$

A %EE, que corresponde a gordura intramuscular da amostra na pré-secagem (GIM), foi mensurada baseada na expressão:

$$\%EE = (A-B/C) \times 100,$$

Onde:

A = peso do balão ou copo + resíduo em grama;

B= peso do balão ou copo em grama;

C= peso da amostra em grama.

O resultado foi então utilizado para o cálculo da porcentagem de matéria seca (%MS) utilizando a expressão:

$$\%MS = (GIM \times 100) / ASE.$$

E por fim, para a obtenção da gordura intramuscular na matéria natural (pernil), que corresponde a porcentagem de matéria natural (%MN), foi realizado o seguinte cálculo:

$$\%MN = GIM (MS) \times MS,$$

Em que:

GIM (MS) = gordura intramuscular na matéria seca.

### 2.3.5 Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado, utilizando o teste de Tukey para comparação entre as médias, em nível de 5% de significância. Usou-se o *software* SISVAR (FERREIRA, 2000), sendo que para as características estudadas foi considerada a umidade como covariável.

## 2.4 Resultados e Discussão

Das 144 carcaças analisadas 61 eram provenientes de suínos com genótipo HAL normal (HalNN = 42,36%) e 83 de suínos heterozigotos para o referido gene (HalNn = 57,64%), conforme apresentado na Tabela 1. Estes resultados foram diferentes dos encontrados por Culau et al. (2002), que obtiveram 61,59% e 33,77% para HalNN e HalNn, respectivamente, que estudaram 151 suínos híbridos provenientes de cruzamentos das raças Landrace, Large White e Duroc. A maior ocorrência dos animais heterozigotos neste trabalho, quando comparado com Culau et al. (2002), pode ser justificada pela presença da raça Pietrain nos cruzamentos utilizados, o que está de acordo com Mcgloughlin (1980), que verificou que todas as raças suínas são capazes de ter a mutação no gene halotano e expressar a proteína que faz parte de canais liberadores de cálcio do retículo sarcoplasmático, porém, a incidência do alelo mutado é maior naquelas raças com alto índice de carne magra, mais musculosas e com crescimento rápido, como Pietrain e Poland China. No presente trabalho não foram detectadas carcaças com genótipo halotano recessivo (Halnn).

Tabela 1. Frequências dos genótipos halotano dos suínos estudados. Uberlândia-MG, 2010.

Genótipo	Número de Suínos	Porcentagem (%)
HalNN	61	42,36
HalNn	83	57,64
Halnn	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>100</b>

A média geral encontrada para GIM nos suínos analisados foi de 2,14%, conforme pode ser observado na Figura 4. Resultado considerado baixo por Devol et al. (1988), que sugerem adequados, para boa qualidade da carne, percentuais de 2,5 a 3% para maciez e 4% para a palatabilidade.

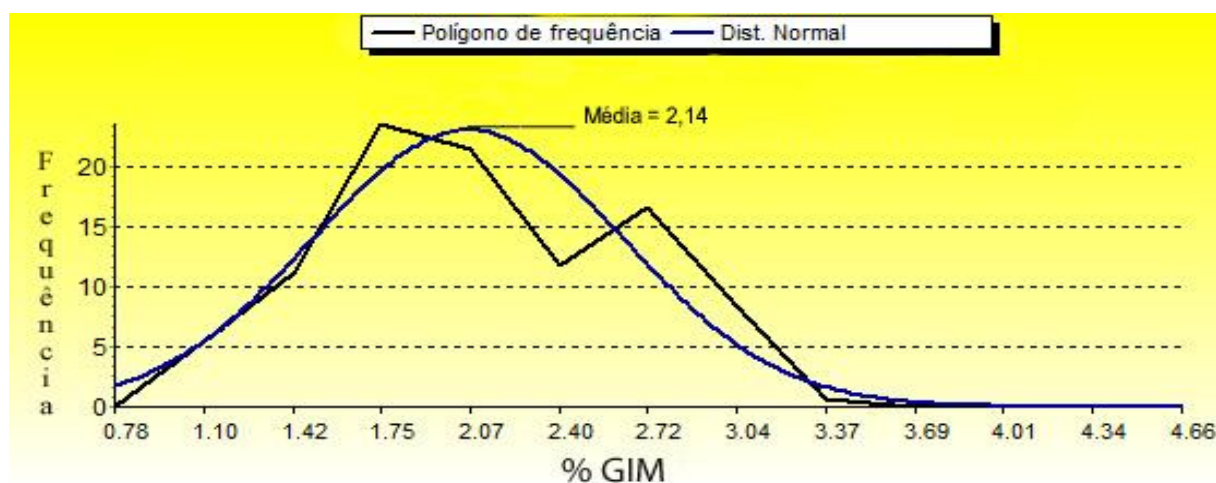


Figura 4. Gráfico da média geral para GIM após análise das amostras de carne suína coletadas. Uberlândia-MG, 2010.

Os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de GIM, avaliada no músculo *longissimus dorsi* de carcaças suínas segundo o genótipo HAL, são visualizados na Tabela. 2. Dos animais genotipados homozigotos dominantes para o genótipo HAL, a média encontrada foi de 2,09%  $\pm$  0,46%, enquanto que para os animais heterozigotos, para o mesmo gene, a média foi de 2,17%  $\pm$  0,61%, valores inferiores ao ideal (DEVOL et al., 1988), uma vez que é geralmente aceito que o

aumento no nível de GIM tem um efeito positivo na influência sobre a qualidade sensorial da carne suína (FERNANDEZ et al., 1999).

Tabela 2. Médias, desvios padrão e coeficientes de variação (CV) para GIM analisada no músculo *longissimus dorsi* de carcaças suínas segundo o genótipo halotano. Uberlândia-MG, 2010.

<b>GIM</b>	<b>HalNN</b>	<b>HalNn</b>
Média	2,10 a *	2,17 a
D.P.	0,46	0,61
C.V. (%)	22,22	28,49

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

Pela análise da variância (ANOVA) todas as interações binárias avaliadas não diferiram entre si (Tabela 3), sendo confirmado quando comparadas através do teste de Tukey (Tabela 4). Não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a característica GIM entre a carne de suínos homozigotos dominantes (livres do gene HAL) e a dos heterozigotos portadores de um alelo halotano (n). Guimarães et al. (2002) também não verificaram diferenças significativas entre os genótipos HalNN e HalNn para GIM, apenas para as características de pH 45 minutos e perda por gotejamento e cozimento, que não foram avaliadas neste trabalho, constatando que os suínos portadores do gene halotano, apesar de apresentarem perda na qualidade da carne, não tiveram desvantagens com relação a deposição de GIM.

Pesquisas executadas por Bridi et al. (2003) demonstraram que a presença do alelo halotano não afetou a maciez da carne, assim como foi verificado por Leach et al. (1996), Channon et al. (2000) e Franco et al. (2008). Todavia, Kukoyi et al. (1981) e Tam et al. (1998) constataram que a carne proveniente de suínos do genótipo HalNn apresentou menor teor de GIM no lombo que os homozigotos dominantes, o que difere dos resultados encontrados neste trabalho. Fisher et al. (2000) constataram que a carne proveniente de suínos do genótipo HalNn era mais dura, atribuindo este resultado ao fato da carne desses animais perder mais água durante o cozimento, e não devido a GIM.

Tabela 3. Resultado da ANOVA para a variável gordura intramuscular (GIM), para o genótipo halotano. Uberlândia-MG, 2010.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	p
<i>Hal</i>	1	0,196711	0,196711	0,628 <sup>ns</sup>	0,4295
Erro	142	44,500014	0,313380		
<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>44,696726</b>			

ns: não significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 4. Teste de Tukey para comparação das médias da quantidade de GIM, 5% de significância, para o genótipo halotano. Uberlândia-MG, 2010.

Tratamentos	GIM média (%)
HalNN	2,098443 <i>a</i> <sup>*</sup>
HalNn	2,173241 <i>a</i>

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente (P<0,05).

A falta de diferenças estatísticas das médias de GIM entre os genótipos estudados indica que o alelo n, em heterozigose, não influenciou na deposição de GIM na carcaça suína, confirmando os resultados de Van der Wal et al. (1993) e Bridi et al. (1998). No entanto, a referida característica poderá estar ligada com a expressão de outros genes ainda pouco conhecidos, como por exemplo, os genes FABP3 e FABP4, conforme elucidado por Dekkers (2004).

## 2.5 Conclusões

A carne dos suínos estudados apresentou baixo conteúdo de gordura intramuscular e a deposição desta não foi influenciada pela presença do alelo n do gene halotano, quando em heterozigose.

## REFERÊNCIAS

ANFAR. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal – Métodos Analíticos**. São Paulo: ANFAR, 2005. 204p.



ANTUNES, R. C. **O efeito do genótipo hal sobre o rendimento de carne em partes da carcaça de suínos cruzados.** 1997. 64f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica) – Instituto de Genética e Bioquímica. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.

BASTOS R. G.; FEDERIZZI J.; DESCHAMPS J. C.; CARDELLINO, R. A.; DELLAGOSTIN, O. A. Efeito do gene do estresse suíno sobre características de quantidade e qualidade de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p. 37-40, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária-DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA. Divisão de Normas Técnicas-DNT. Decreto Lei nº 30.691, de 29 de março de 1952, alterado pelos Decretos nº 1.255, de 25 de junho de 1962, nº 1.812, de 18 de janeiro de 1996 e nº 2.224 de 4 de junho de 1997. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1952.

BRASIL.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária-DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA. Divisão de Normas Técnicas-DNT. Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1995.

BRASIL.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária-DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA. Divisão de Normas Técnicas-DNT. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000.

BRENIG, B.; BREM, G. Genomic organization and analysis of the 5' end of the porcine ryanodine receptor gene (ryr1). **FEBS Letters**, v.298, p.277-279, 1992.

BRIDI, A. M.; MÜLLER, L.; RIBEIRO, J. A. R. Indoor vs. outdoor-rearing of pigs, performance, carcass and meat quality. In: INTERNACIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 44., 1998. **Proceedings...** Barcelona: ICoMST, 1998. p.114-117.

BRIDI, A. M.; RÜBENSAM J. M.; NICOLAIEWSKY S.; LOPES, R. F. F.; LOBATO, J. F. P. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p. 942-950, 2003.

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, n.3, p.291-299, 2000.

CULAU, P. O. V.; LÓPEZ, J.; RUBENSAM, J. M.; LOPES, R. F. F.; NICOLAIEWSKY, S. Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.954-961, 2002.

DEEKERS, J. C. M. Commercial application of marker-and gene-assisted selection in livestock: strategies and lessons. **Journal of Animal Science**, v.82, p.E313-328, 2004. (E. Suppl.).

DEVOL, D. L.; MCKEITH, F. K.; BECHTEL, P. J.; NOVAKOFSKI, J.; SHANKS, R.D.; CARR, T.R. Variation in composition and palatability traits and relationship between muscle characteristics and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. **Journal of Animal Science**, v.66, p.385-395, 1988.

FÁVERO, J. A.; BELLAYER, C. **Produção de carne de suínos**. 2007. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_arquivos/palestras\\_q7t2f5k.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_q7t2f5k.pdf)>. Acessado em: 02 fev. 2011.

FERNÁNDEZ, X.; MONIN, G.; TALMANT, A.; MOUROT, J.; LEBRETEL, B. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. **Meat Science**, v.53, n.1, p. 59–65, 1999.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FISHER, P.; MELLETT, F.D.; HOFFMAN, L. C. Halothane genotype and pork quality. 1. Carcass and meat quality characteristics of three halothane genotypes. **Meat Science**, v.54, n.2, p. 97-105, 2000.

FRANCO, M. M.; ANTUNES, R. C.; BORGES, M.; MELO, E. O.; GOULART, L. R. Influence of breed, sex and growth hormone and halothane genotypes on carcass composition and meat quality traits in pigs. **Journal of Muscle Foods**, v. 19, p. 34-49, 2008.

FUJII, J.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; LEON, S. de.; KHANNA, V. K.; WEILER, J. E. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v.253, n.2, p. 448-451, 1991.

GEERS, R., BLEUS, E., Van SCHIE, T.; VILLE, H.; GERARD, S.; JANSSENS, G.; NACKAERTS, E. Transport of pig different with respect to the halothane gene: stress assessment. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2552-2558, 1994.

GUIMARÃES, S. E. F.; BAND, G. O.; LOPES, P. S.; GUIMARÃES, S. E. F.; SCHIERHOLT, A. S.; SILVA, K. M.; PIRES, A. V.; BENEVENUTO JÚNIOR, A. A.; GOMIDE, L. A. M. O gene da síndrome do estresse suíno e sua relação com características de carcaça em suínos F2 resultantes de cruzamentos divergentes. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4., 2002. **Anais...** Campo

Grande: SBMA 2002. Disponível em: <  
<http://www.sbmaonline.org.br/anais/iv/trabalhos/pdfs/ivt02su.pdf>>. Acesso em: 02  
 fev. 2010.

KUKOYI, E. A.; ADDIS, P. B.; McGRATH, C. J.; REMPEL, W. E.; MARTIN, F. B. Porcine stress syndrome and postmortem muscle characteristics of two purebreds and three specific terminal crosses. **Journal of Animal Science**, v.52, n.2, p.278-284, 1981.

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.

MCGLOUGHLIN, P. Genetics aspects of pig meat quality. **Pig News and Information**, v.1, p.1, 1980.

MULLIS, K. B.; FALOONA, F. A. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. **Methods Enzymology**, v. 155, p. 335-350.

PLASTOW, G. S. Molecular Genetics in the Swine Industry. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000. **Anais...** Belo Horizonte: SBMA, 2000. p.21-30.

ROPPA, L. Atualização sobre os níveis de colesterol, gordura e calorias da carne suína. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. (CD-ROM).

RÜBENSAM, J. M. Transformações *post mortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p.89-99.

SAIKI, R. K.; SCHARF, S.; FALOONA, F.; MULLIS, K. B.; HORN, G. T.; ERLICH, H. A.; ARNHEIM, N. Enzymatic amplification of  $\beta$ -globin genomic sequence and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. **Science**, v.230, n.4732, p. 1350-1354, 1985.

SAMBROOK, J.; FRISTCH, E. F.; MANIATIS, T. **Molecular cloning: a laboratory manual**. 2. ed. 3v. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989.

SARCINELLI M. F.; VENTURINI K. F.; SILVA L. C. **Características da carne suína**. Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. Disponível em: < [http://www.agais.com/telomc/b00907\\_caracteristicas\\_carnesuina.pdf](http://www.agais.com/telomc/b00907_caracteristicas_carnesuina.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2010.

SATHER, A. P., JONES, S. D. M., TONG, A. K. W.; MURRAY, A. C. Halothane genotype by interactions on pig meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v.71, N.3, p.645-658, 1991.

SWATLAND, H. J. The challenge of improving meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v.62, p.15-24, 1982.

TAM, L. G.; BERG, E. P.; GERRARD, D. E.; SHEISS, E. B.; TAN, F. J.; OKOS, M. R.; FORREST, J. C. Effect of halothane genotype on porcine meat quality and myoglobin autoxidation. **Meat Science**, v.49, n.1, p.41-53, 1998.

TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M. A qualidade da carne suína e sua industrialização. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001, p.147-151.

VAN DER WAL, P. G.; MATEMAN, G.; VRIES, A. W.; VONDER, G. M. A.; SMULDERS, F. J. M.; GEESINK, G. H.; ENGEL, B. 'Scharrel' (free range) pigs: carcass composition, meat quality and taste-panel studies. **Meat Science**, v.34, n.1, p.27-37, 1993.

VEERKAMP, J. H.; VAN MOERKERK, H. T. B.; ZIMMERMAN, A. W. Effect of fatty acid-binding proteins on intermembrane fatty acid transport. Studies on different types and mutant proteins. **European Journal of Biochemistry**, v.267, n.19, p.5959-5966, 2000.

### **CAPITULO 3 – Qualidade da carne de suínos suplementados com magnésio, zinco, selênio e cobre no período pré-abate**

**RESUMO-** O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos dos minerais Mg, Zn, Se e Cu, adicionados a água de bebida no pré-abate, na qualidade final da carne suína. Para cada um dos minerais testados foram estudados um total de 40 suínos (20 tratados e 20 controles) que foram alojados em duas pocilgas de descanso de um matadouro frigorífico do município de Uberlândia (20 animais por pocilga) previamente preparadas, sendo o período de administração do mineral de 12 horas. Foram utilizadas fontes inorgânicas de minerais ( $Mg_2SO_4$ ,  $Zn_2SO_4$ ,  $Na_2SeO_3$  e  $Cu_2SO_4$ ). Os animais foram abatidos, sendo mensuradas as seguintes características de qualidade de carne: pH 45 minutos, pH 24 horas, cor da carne utilizando o padrão JPCS, a CRA mensurada pelo método de compressão, as temperaturas à 1 minuto e 24 horas e o PCQ. Realizou-se análise de variância para as variáveis pH 45 minutos, pH 24 horas, CRA, temperaturas à 1 minuto e 24 horas e PCQ sendo utilizado o Teste de Tukey para comparação entre médias, ambos a 5% de significância. Para a classificação das carnes em DFD, Normal e PSE, levando em consideração a CRA, foi utilizado o Teste de qui-quadrado e para a cor da carne o Teste de Mann-Witney. Os suínos submetidos à dieta hídrica contendo o mineral Mg, bem como o mineral Se apresentaram melhor pH 45 minutos, pH24 horas e CRA do que aqueles que não foram submetidos à mesma, exibindo assim, uma qualidade de carne superior. Além disso, a cor da carne foi mais pálida nos suínos que não tiveram acesso ao mineral magnésio. Não houve diferenças significativas na qualidade da carne para os animais suplementados com fontes minerais contendo cobre e zinco.

**Palavras-chave:** água, cor da carne, CRA, minerais, pH, pré-abate

### 3.1 Introdução

A carne é um dos alimentos mais nutritivos utilizados na alimentação humana. Segundo Aberle et al. (2001) ela é uma fonte rica em proteínas de alta qualidade, ferro e vitamina B, sendo portanto um alimento completo e de alto valor biológico por apresentar todos os aminoácidos essenciais nas proporções adequadas (PENSEL, 1998).

A carne suína é a proteína animal mais consumida no mundo, tendo ultrapassado a preferência dos consumidores pela carne bovina no ano de 1979 (ELAM, 1997). No Brasil, apesar da carne suína ser menos consumida do que as demais (BRAGA, 2008), o país é o quinto maior consumidor e o quarto maior exportador (ABIOPECS, 2010). Segundo Tramontini (2000) o baixo consumo justifica-se pelo fato do país possuir uma grande extensão territorial, que permite produzir bovinos a baixo custo, o alto desenvolvimento da avicultura e sua diferenciação de cortes, os custos do produto ao consumidor e os preconceitos relacionados à carne suína.

De acordo com Campos (1992) o aumento da demanda por proteína animal está exigindo aumentos na produção e na produtividade. Por outro lado, os consumidores estão cada vez mais exigentes com a qualidade do produto final fornecido.

Algumas características de qualidade de carne são analisadas a fim de avaliar as condições do produto. Entre essas podemos citar a capacidade de retenção de água que consiste numa propriedade de importância fundamental em termos de qualidade tanto na carne destinada ao consumo direto, como para a carne destinada à industrialização (ROÇA, 2007). Tal característica pode também interferir na maciez da carne e no rendimento da mesma durante o seu preparo (SILVA, 2004). Fatores como espécie animal, raça, sexo, idade e peso ao abate podem afetar a CRA. Na indústria de alimentos, a manipulação de carnes com baixa capacidade de retenção de água, geralmente causa grandes perdas quantitativas e qualitativas da carne, tornando-as indesejáveis para comercialização. A exsudação de fluidos proveniente da carne gera uma preocupação comercial, pois está relacionada com perdas econômicas (PINHEIRO, 2007).



Outra característica de qualidade de carne importante e considerada é a cor, que consiste em uma característica sensorial que reflete a aparência da carne, podendo não apenas valorizá-la, como também depreciá-la (MACDOUGALL, 1994).

De acordo com Silveira (1997), o pH também é uma das características mais importantes referente à qualidade das carnes, estando diretamente ligado à capacidade de retenção de água, à cor e à estrutura dos músculos.

Alterações na qualidade da carne suína são uma das maiores preocupações da indústria de alimentos. Estimativas de perdas econômicas devido à qualidade inadequada alcançam US\$ 100 milhões por ano nos Estados Unidos. A presença de carnes PSE, que significa pálidas, flácidas e exsudativas, é o maior contribuinte para as perdas associadas com carcaças suínas de pior qualidade (MADDOCK et al., 2002).

Segundo os mesmos autores, o metabolismo muscular próximo à hora do abate tem um maior efeito sobre a qualidade da carne. Medidas que levam à alterações no metabolismo do músculo devem ser investigadas como métodos para reduzir a incidência de carne PSE e, com isso, melhorar a qualidade da carne. Eles ressaltaram também a importância dos aspectos nutricionais, salientando o papel da nutrição como uma maneira de diminuir variações na qualidade da carne fresca e que tem sido o foco de muitas pesquisas.

Neste intuito, alguns autores têm estudado a suplementação dietética com minerais em suínos como forma de prover melhorias, sobre alguns parâmetros do desempenho e da qualidade da carne suína. Machado et al. (2008) demonstraram que a suplementação com  $Mg_2SO_4$  e de creatina associada para suínos, no pré-abate, aumenta o pH final e melhora a cor da carne fresca. Apple et al. (2005), em seu estudo sobre a suplementação de ferro em suínos, observaram melhorias na cor da carne quando da adição desse elemento no pré-abate, não havendo efeito sobre o desempenho dos animais e nem na composição e rendimento das carcaças.

### **3.2 Objetivos**

Objetivou-se avaliar a interferência dos mineirais magnésio, zinco, selênio e cobre, adicionados à água de bebida no pré-abate, na qualidade final da carne de suínos abatidos em matadouro-frigorífico.

### **3.3 Material de Métodos**

#### **3.3.1 Universo e Período de Estudo**

O experimento foi aprovado pelo comitê de ética na utilização de animais, protocolo número CEUA/UFU 111/10.

Foram estudados um total de 160 suínos, machos e fêmeas, com 150 dias de idade, produzidos em uma granja comercial do município de Patos de Minas-MG, nos período de dezembro de 2010 a janeiro de 2011. Os animais pertenciam a uma linhagem comercial composta pelo seguinte cruzamento: (Large White e Pietran) x (Large White e Duroc).

Considerando os quatro minerais testados (Mg, Zn, Cu e Se) foram avaliados 20 animais tratados e 20 animais controle para cada mineral. Sendo testado um mineral por dia, ou seja, 40 animais por dia.

#### **3.3.2 Transporte dos Animais e Período Pré-Abate**

Os animais foram transportados em caminhões adaptados até o matadouro-frigorífico sob inspeção oficial. Após o desembarque, um total de 40 suínos, pertencentes a um mesmo lote, foi escolhido aleatoriamente e alojado em duas pocilgas de descanso (20 animais por pocilga, 10 machos e 10 fêmeas), previamente preparadas, permanecendo por 12 horas em repouso, jejum e dieta hídrica específica.

O grupo 1 era formado pelos animais controles e o grupo 2 consistia nos animais tratados com a fonte mineral.

### 3.3.3. Preparação das pocilgas

Foram escolhidas para a realização do experimento duas pocilgas semelhantes (8,0m comprimento X 5,0m largura), uma ao lado da outra, que foram previamente preparadas antes da chegada dos suínos. O conjunto de instalações para os bebedouros dos suínos foi instalado pela equipe de manutenção do frigorífico e foram compostas por: encanação e registros de PVC, duas caixas d'água (Fortlev®) com capacidade de 500L, mangueira de borracha de baixa pressão e oito bebedouros do tipo chupetas para suínos (Figura 1). Em cada uma das pocilgas foi colocada uma caixa d'água que foi graduada para posterior controle da água de consumo dos animais.



Figura 1: Instalações realizadas nas pocilgas do experimento, Uberlândia-MG, 2011.

A quantidade de água compreendida no circuito de encanação foi mensurada por meio de um balde graduado (CIPLA® 17L), esgotando-se a mesma, sendo um total de três litros para cada pocilga.

Antes da chegada dos animais as caixas eram higienizadas e logo após adicionava-se um total de 250 L de água em cada uma delas (Tratamento e Controle).

### 3.3.4 Protocolo de Experimentação

Inicialmente, no mês de dezembro de 2010, foram coletadas amostras de água das pocilgas onde se foi realizado o experimento a fim de se conhecer a sua composição mineral e as quantidades já nela existente, através de análise físico-química, bem como aspectos relacionados à sua qualidade.

As dosagens dos minerais administradas nesse experimento foram calculadas com base nas recomendações do National Research Council (NRC, 2005) que preconiza níveis máximos de minerais que podem ser utilizados na espécie suína (Tabela 1).

Tabela 1. Níveis máximos toleráveis dos minerais magnésio, cobre, ferro, selênio e zinco em suínos e sua conversão para mg/L de água. Uberlândia-MG, 2010.

MINERAL	Níveis	mg/Litro de água
<b>Mg</b>	300 ppm	300
<b>Cu</b>	250 ppm	250
<b>Se</b>	2 ppm	2
<b>Zn</b>	1.000 ppm	1.000

Fonte: NRC (2005).

As fontes dos minerais empregadas no trabalho foram do tipo inorgânicas. Para fins de experimento, considerou-se a concentração do mineral disponível após sua dissolução em água, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Fontes e quantidades previstas de minerais a serem diluídas em 250 litros de água no experimento, considerando os níveis máximo toleráveis para a espécie suína. Uberlândia-MG, 2010.

Mineral	Fonte	Concentração do mineral na fonte (%) <sup>*</sup>	g/250L de água
<b>Mg</b>	Mg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9,10	824,17
<b>Cu</b>	Cu <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24,8	252,01
<b>Se</b>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	45,0	1,11
<b>Zn</b>	Zn <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,3	1.231,54

<sup>\*</sup>Dados fornecidos pelo fabricante.

Antes da diluição dos sais em 250L de água, fora realizado o cálculo para três litros de água referente ao circuito de encanação (Tabela 3), no intuito de que toda a água consumida contivesse o mineral estudado.

Tabela 3. Fontes e quantidades previstas de minerais a serem diluídas em 3,0 litros de água no experimento, considerando os níveis máximo toleráveis para a espécie suína. Uberlândia-MG, 2010.

<b>Mineral</b>	<b>Fonte</b>	<b>Concentração do mineral na fonte (%)*</b>	<b>g/3L de água</b>
<b>Mg</b>	Mg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	9,10	9,89
<b>Cu</b>	Cu <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24,8	3,02
<b>Se</b>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	45	0,01
<b>Zn</b>	Zn <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,3	14,77

\*Dados fornecidos pelo fabricante.

A quantidade de água era mensurada antes e após o seu fornecimento para ambos os grupos (Tratado e Controle), através do balde graduado a fim de se obter o consumo de água dos referidos íons, pelos suínos, no período estudado.

Todos os dados foram coletados por meio de formulário próprio (Apêndice A).

### 3.3.5 Abate dos Animais

Após o tempo estabelecido do tratamento (12 horas), os suínos de ambos os grupos foram abatidos conforme as legislações federais de abate de animais (BRASIL, 1952, 1995, 2000). Os animais foram conduzidos à sala de abate passando pelos chuveiros de aspersão e submetidos à insensibilização, feita através do método elétrico, em dois pontos, com voltagem média de 350 V e amperagem média de 0,85 A. Em seguida, realizou-se as operações de sangria, escaldagem, toailete, evisceração e inspeção. Logo após, os animais foram armazenados em câmara refrigerada sob uma temperatura de 0,5 a 2°C.

Os animais foram marcados na orelha direita após o processo de escalda, com lápis específico, para posterior identificação na linha de abate.

Após 24 horas do abate foram retiradas amostras de carne do músculo *semimembranosus* (pernil) para as análises de cor da carne e CRA. As amostras foram obtidas das meias-carcaças direita dos animais e foram colocadas em sacos plásticos previamente numerados. Para a análise de CRA foram obtidas um total de duas amostras do músculo supra-citado, por animal.

### 3.3.6 Análise da Qualidade da Carne

A qualidade da carne foi avaliada no período *post mortem* dos suínos abatidos, sendo que os resultados obtidos foram dispostos em formulários próprios (Apêndice B).

#### 3.3.6.1 pH

O pH a 45 minutos e o de 24 horas foram medidos na altura da décima costela das meias-carcaças esquerdas, com phmetro portátil digital (TESTO 205®), calibrado com soluções controle 4 e 7, sendo o pH 24 horas mensurado na meia-carcaça resfriada em câmara a temperatura entre 0 e 5°C (Figura 2).

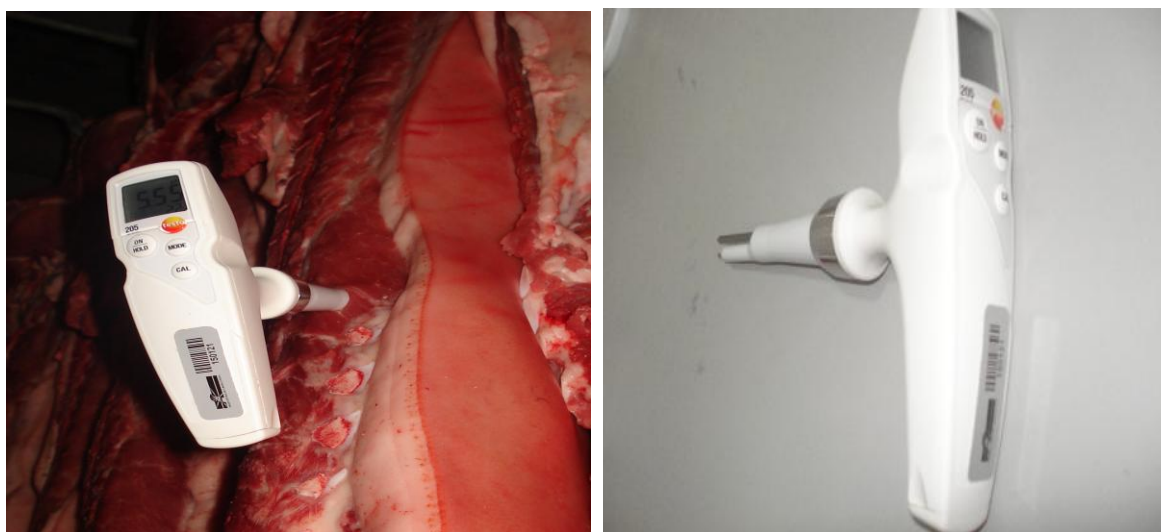


Figura 2: pHmetro para mensuração do pH avaliado no músculo *longissimus dorsi*, Uberlândia-MG, 2011.

### 3.3.6.2 Temperatura e PCQ

A Temperatura à 1 minuto e 24 horas foram medidas com termômetro digital (modelo mini inox – AKSO®) no músculo *longissimus dorsi*, entre a segunda e terceira vértebras torácicas (Figura 3).

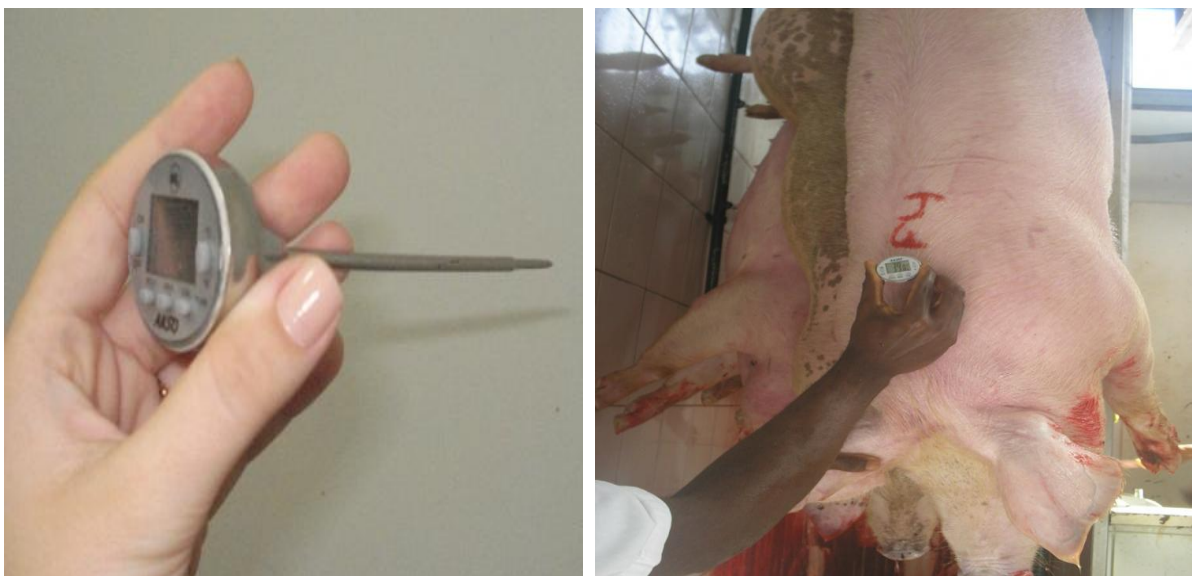


Figura 3: Termômetro digital para mensuração da temperatura avaliado no músculo *longissimus dorsi*, Uberlândia-MG, 2011.

O PCQ foi obtido por meio de uma balança específica, após as operações de abate, antes de ser encaminhada à câmara fria.

### 3.3.6.3 Capacidade de Retenção de Água pelo Método de Compressão

A capacidade de retenção de água (CRA) foi mensurada através do método de compressão, seguindo Grau e Hamm (1953).

Duas amostras de cubos de carne de aproximadamente 0,5 g, obtidas na porção interna central do músculo *semimembranosus* das meias-carcaças esquerdas e pesadas em balança eletrônica de precisão (OHAUS Scout Pro®), foram colocadas entre dois papéis de filtro (Whatman® N°1), previamente numerados, e estes entre duas placas de acrílico (Figura 4), sobre as quais foi

colocado um peso de 10 kg por um período de cinco minutos. Posteriormente contornou-se a amostra de carne prensada com caneta esferográfica no verso do papel e o suco liberado ao redor da amostra marcou a superfície do mesmo, formando duas áreas sobrepostas (Figura 5). Para prensagem das placas foi utilizada uma anilha com peso padrão de 10 kg.

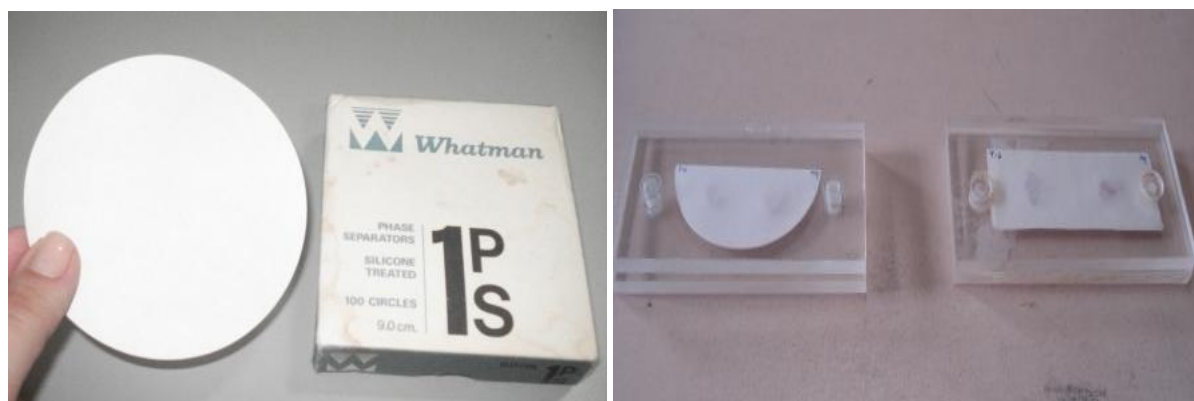


Figura 4: Papel filtro e placas de acrílico utilizados para a análise de CRA da carne, Uberlândia-MG, 2011.

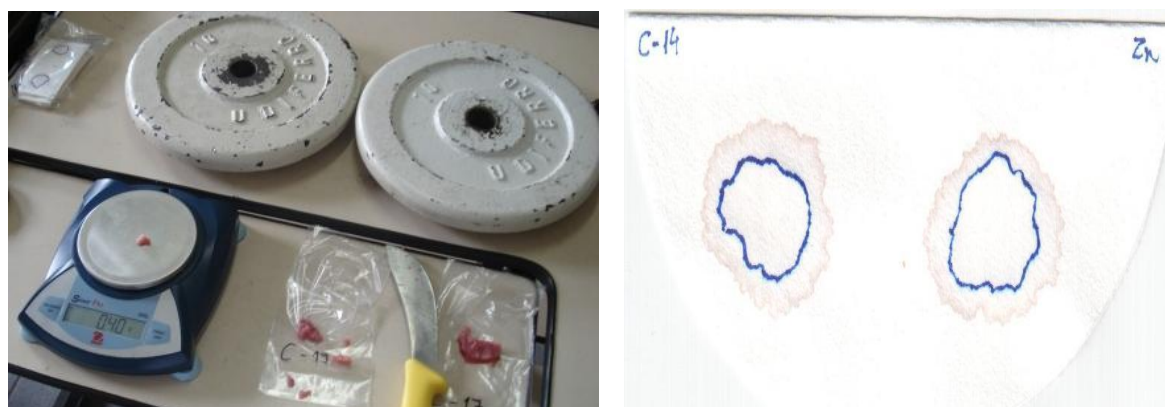


Figura 5: Análise de CRA da carne, Uberlândia-MG, 2011.

Posteriormente, essas áreas foram escaneadas por meio de um scanner comercial (Samsung® SCX 4200 series) conforme a Figura 6.

As imagens foram analisadas através do software Image J v.1.37, utilizado como apoio ao desenvolvimento de sistemas de processamento de imagens digitais (ABRAMOFF et al., 2004) (Figura 7).



Os resultados foram expressos pela relação entre a área da amostra prensada e a área total (formada pela área da carne mais a do suco liberado), variando entre 0 e 1, da menor para a maior CRA. O resultado considerado era o valor médio daqueles encontrados nas duas amostras.

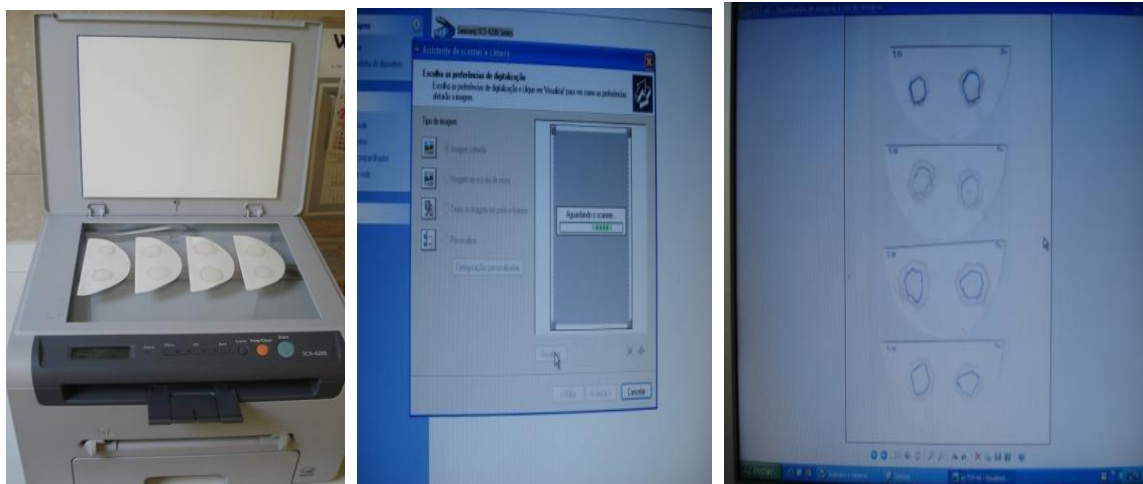


Figura 6: Escaneamento das figuras para a análise de CRA da carne dos suínos estudados, Uberlândia-MG, 2011.

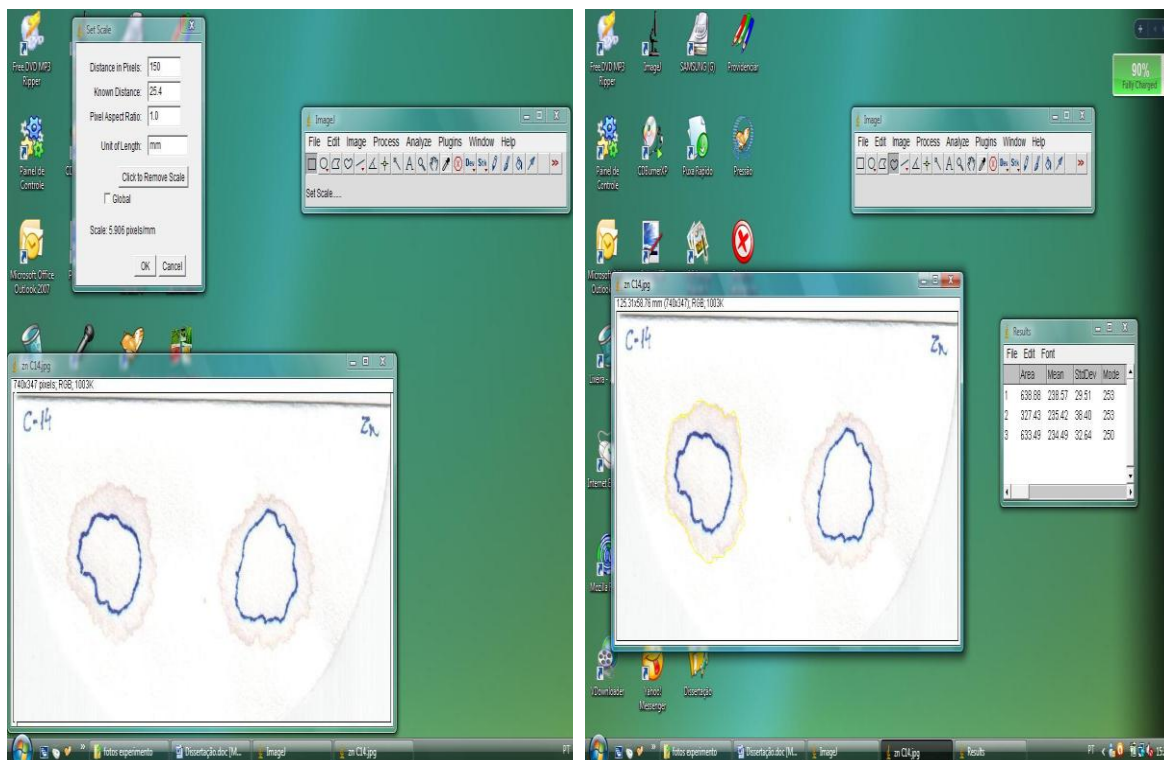


Figura 7: Análise das imagens no Image J, Uberlândia-MG, 2011.

#### **3.3.6.4 Cor da Carne**

A cor da carne dos animais estudados foi classificada visualmente, segundo o padrão denominado JPCS como utilizado por Antunes et al. (2002). Tal padrão possui uma escala de um a seis, sendo a cor da carne suína ideal a de número três. As cores um e dois são mais claras e podem ser utilizadas para avaliar a carne suína PSE. O número quatro ainda se encontra dentro do limite apesar de um pouco escura. As amostras que se encaixam nas numerações cinco e seis são comuns em casos de carne suína DFD e em animais pesados e velhos.

#### **3.3.7 Análise Estatística**

Após a coleta, os dados foram digitados para um banco de dados, criado por meio do software SAS (1997) e, analisados através deste mesmo software.

As variáveis quantitativas foram submetidas aos testes de Normalidade (Lilliefors) e Homocedasticidade (Cocran e Bartlett) e, posteriormente, à análise de variância (ANOVA). Em caso de significância, foi realizado o teste de Tukey para comparação entre as médias, em nível de 5% de significância.

A variável cor foi avaliada através do teste de Mann-Whitney. E as variáveis PSE, normalidade e DFD, levando em consideração a CRA, foram comparadas pelo método de qui-quadrado.

### **3.4 Resultados e Discussão**

#### **3.4.1 pH 45 minutos e pH 24 horas**

No presente trabalho, para aqueles animais suplementados com  $Mg_2SO_4$ , grupos tratado e controle, foram detectadas diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,05$ ) para as características de qualidade de carne: pH 45 minutos e pH 24

horas (Tabela 4). Para a característica pH 45 minutos, a média do grupo controle foi de 5,73, enquanto que a do grupo tratado foi de 5,99. Em relação ao pH 24 horas a média foi menor para o grupo controle (5,53) que à dos suínos tratados (5,81), havendo portanto uma melhora significativa. Resultados semelhantes foram encontrados por Machado et al. (2008), que em seus estudos utilizando suplementação dietética com  $Mg_2SO_4$  e creatina associada para suínos, durante cinco dias antes do abate, também verificou aumento do pH 45 minutos e pH 24 horas. Neste estudo observou-se que a administração de fontes de Mg, 12 horas antes do abate, foi suficiente para aumentar os referidos valores de pH.

Tabela 4. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		$Mg_2SO_4$	
	Média	CV%	Média	CV%
pH 45'	5,73 <sup>a</sup> ±0,139	2,42	5,99 <sup>b</sup> ± 0,715	11,93
pH 24h	5,53 <sup>a</sup> ±0,108	3,05	5,81 <sup>b</sup> ± 0,941	16,19

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

As Figuras 8 e 9 ilustram o padrão gráfico para as características pH 45 minutos e pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratados com  $Mg_2SO_4$ . Observou-se que os animais tratados se encontram, em maior número, dentro da faixa de normalidade para ambas as características, quando comparados aos animais controles. Tal fato pode ser explicado principalmente pelo fato do magnésio estar relacionadas com a redução da liberação de catecolaminas dos terminais nervosos, melhorando o processo de glicogenólise e consequentemente os valores de pH, visto que o aumento das catecolaminas pode aumentar a taxa de glicogenólise do metabolismo, interferindo negativamente na qualidade da carne (RADCLIFFE, 2004).

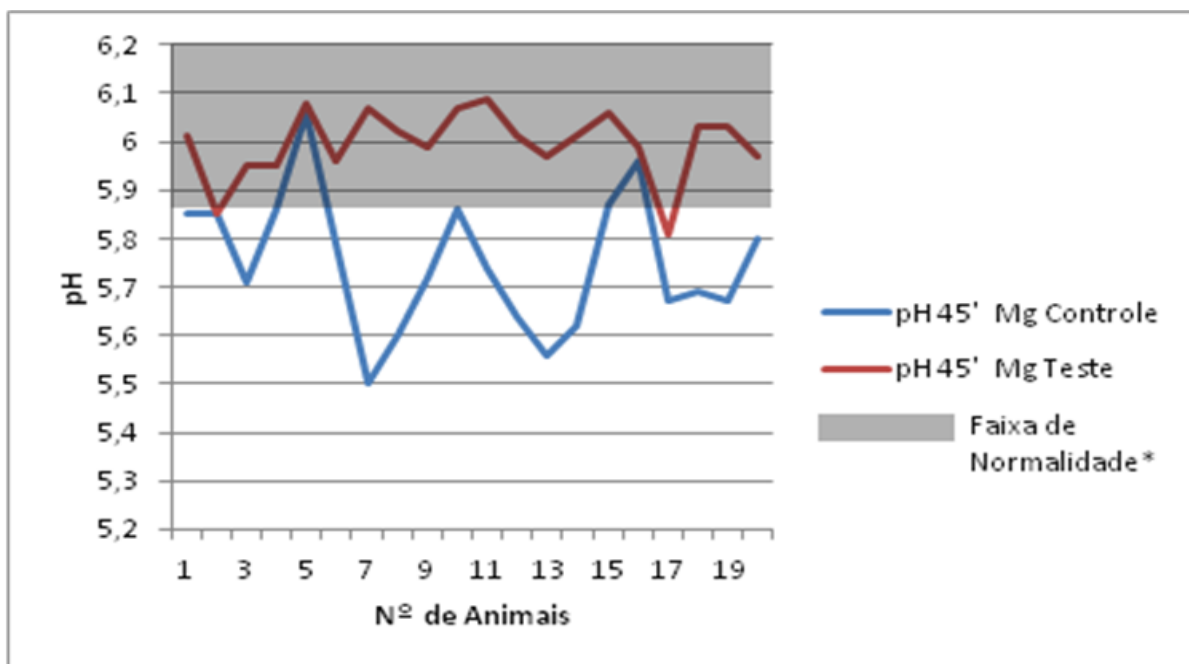


Figura 8: Gráfico para a característica pH 45 minutos da carne dos suínos do grupo controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.

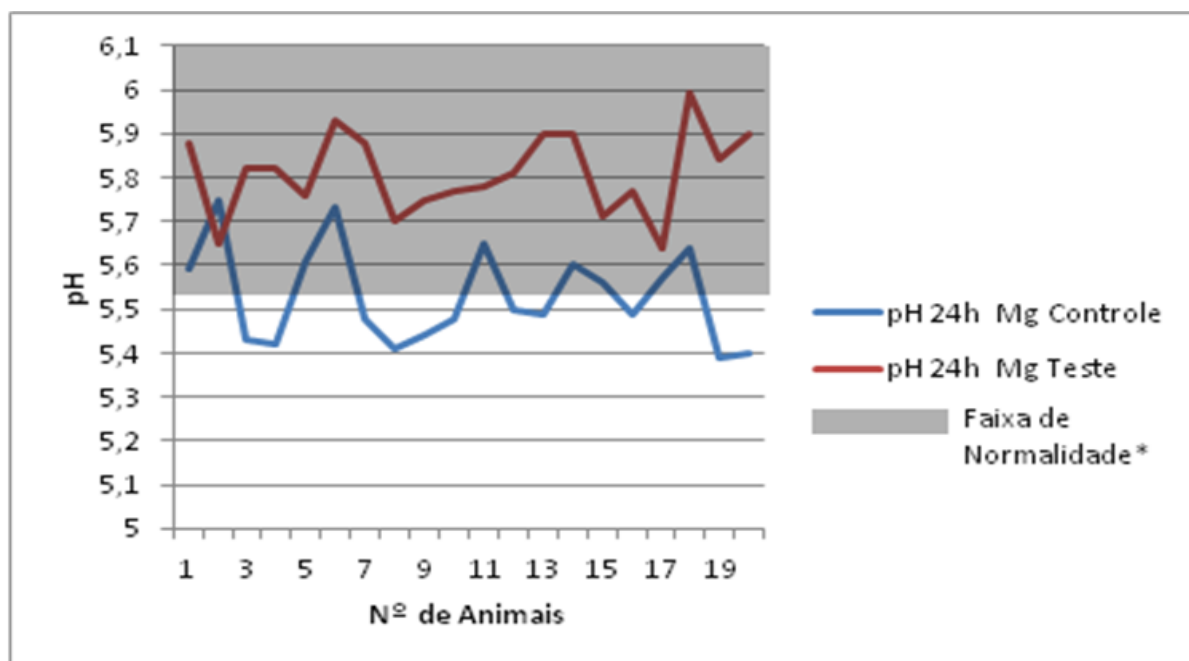


Figura 9: Gráfico para a característica pH 24 horas da carne dos suínos dos grupos controles e tratados com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.

Para os animais suplementados com  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , verificou-se que para a característica pH 45 minutos, a média do grupo controle foi de 6,0, estatisticamente

diferente ( $P < 0,05$ ) à do grupo tratado que foi de 6,20. Em relação ao pH 24 horas observou-se uma média menor para o grupo controle (5,67) que a dos suínos tratados (5,78), verificando também uma melhora significativa (Tabela 5). Sabe-se que o selênio constitui parte integrante da enzima GSH-Px que atua no citosol celular convertendo peróxido de hidrogênio (composto tóxico) em  $H_2O + O_2$  (COMBS; COMBS, 1986), havendo uma remoção de peróxido de hidrogênio pela conversão de GSH em GSSG. A melhora nos valores de pH neste trabalho pode estar associada com a intensificação desse processo nas células musculares, havendo uma diminuição desses compostos a base de  $H^+$ , diminuindo a acidificação no músculo.

Tabela 5. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com selenito de sódio. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub>	
	Média	CV%	Média	CV%
pH 45'	6,00 <sup>a</sup> ± 0,186	3,10	6,20 <sup>b</sup> ± 0,154	2,48
pH 24h	5,67 <sup>a</sup> ± 0,076	1,35	5,78 <sup>b</sup> ± 0,093	1,61

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Para a característica pH 45 minutos, os animais do grupo suplementados com  $Cu_2SO_4$ , apresentaram médias de 6,13 e 5,99 para os grupos controle e tratado, respectivamente (Tabela 6), apresentando maior tendência à carne do tipo PSE no último grupo, uma vez que o pH 45 minutos pode ser usado como indicador de qualidade para separar as carnes com a referida anomalia (SOMERS et al., 1985). Por outro lado, quando observamos o pH 24 horas não houve diferenças entre as médias dos grupos estudados, mantendo-se em parâmetros considerados normais por Pereira et al. (2009).

Alguma resposta nos valores de pH era esperada quando da administração do cobre para os suínos no período pré-abate, uma vez que o referido mineral está relacionado com a liberação de dopamina e noraepinefrina, dois importantes neurotransmissores. A noraepinefrina é hiperglicemiante, podendo levar a um

aumento na glicogenólise, bem como na produção de glucagon, diminuindo a liberação de insulina, conforme elucidado por Oliveira (2004).

Tabela 6. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de cobre. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		Cu <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Média	CV%	Média	CV%
pH 45'	6,13 <sup>a</sup> ± 0,163	2,66	5,99 <sup>b</sup> ± 0,221	3,69
pH 24h	5,76 <sup>a</sup> ± 0,196	3,40	5,72 <sup>a</sup> ± 0,121	2,12

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Não foram encontradas diferenças (P<0,05) para as características pH 45 minutos e pH 24 horas para os animais tratados com Zn<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Tabela 7). Esperava-se uma melhora nessas características uma vez que esse elemento é um importante constituinte da enzima anidrase carbônica, atuando no equilíbrio ácido-base do metabolismo animal (MCDOWELL, 1992). De acordo Underwood (1999) o zinco é importante na proteção das membranas celulares, agindo como antioxidante. Por outro lado, Pedreira (2001) também não obteve melhora na qualidade da carne da carne de animais suplementados com cloreto de zinco.

Tabela 7. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para pH 45 minutos e 24 horas da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de zinco. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		Zn <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Média	CV%	Média	CV%
pH 45'	6,03 <sup>a</sup> ± 0,146	2,43	6,07 <sup>a</sup> ± 0,244	11,93
pH 24h	5,73 <sup>a</sup> ± 0,163	2,85	5,79 <sup>a</sup> ± 0,115	16,19

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

### 3.4.2 Temperatura e PCQ

Não houve diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) dos valores encontrados para as características temperaturas 1 minuto e 24 horas, entre os animais tratado e controle. Fatores externos associados ao processo de abate podem influenciar na dissipação do calor (RAMOS, 2005), porém no presente estudo a administração dos minerais Mg, Zn, Cu e Se não influenciou na perda de calor do animal logo após a sangria, bem como da carcaça refrigerada.

Com relação à característica PCQ, também não houve diferenças entre os grupos estudados (Tabela 8). O tempo de administração de 12 horas pode justificar a ausência de resultados diferentes, uma vez que um maior tempo de exposição poderia ser necessário para ocorrer alterações em características de desempenho do animal, tais como: o ganho de peso, a espessura de toucinho e a porcentagem de carne magra. Por isso, as características supracitadas nem foram consideradas no delineamento deste trabalho.

Tabela 8. Médias e desvio padrão (DP) para o peso de carcaça (PCQ) dos grupos controle e tratado com os minerais estudados. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		Tratamento	
	Média	DP	Média	DP
Mg	73,73 <sup>a</sup>	11,01	74,86 <sup>a</sup>	14,51
Zn	77,51 <sup>a</sup>	11,78	73,02 <sup>a</sup>	11,60
Cu	72,55 <sup>a</sup>	9,52	71,57 <sup>a</sup>	8,97
Se	74,35 <sup>a</sup>	6,96	74,42 <sup>a</sup>	7,39

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo de Turkey

### 3.4.3 CRA

Os resultados para a variável CRA da carne dos suínos deste estudo podem ser visualizados na Tabela 9. Verificou-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os grupos controle e tratado com as fontes a base de Mg, Se e Cu. Segundo Kauffman et al. (1986) tal característica pode ser usada como parâmetro para distinguir as condições PSE e DFD da carne.

Tabela 9. Média e desvio padrão (DP) para CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com os minerais estudados. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		Tratamento	
	Média	DP	Média	DP
Mg	0,366 <sup>a</sup>	0,528	0,499 <sup>b</sup>	0,787
Zn	0,443 <sup>a</sup>	0,140	0,404 <sup>a</sup>	0,068
Cu	0,447 <sup>a</sup>	0,059	0,386 <sup>b</sup>	0,102
Se	0,347 <sup>a</sup>	0,471	0,403 <sup>b</sup>	0,468

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Verificou-se que os animais tratados com  $Mg_2SO_4$  se encontram, em maior número, dentro da faixa de normalidade para a referida característica, quando comparados aos animais controles. Os animais tratados com os demais minerais não apresentaram uniformidade entre os tratamentos. O padrão gráfico para a característica CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratados com  $Mg_2SO_4$ , e  $Na_2SeO_3$  é apresentado nas Figuras 10 e 11.

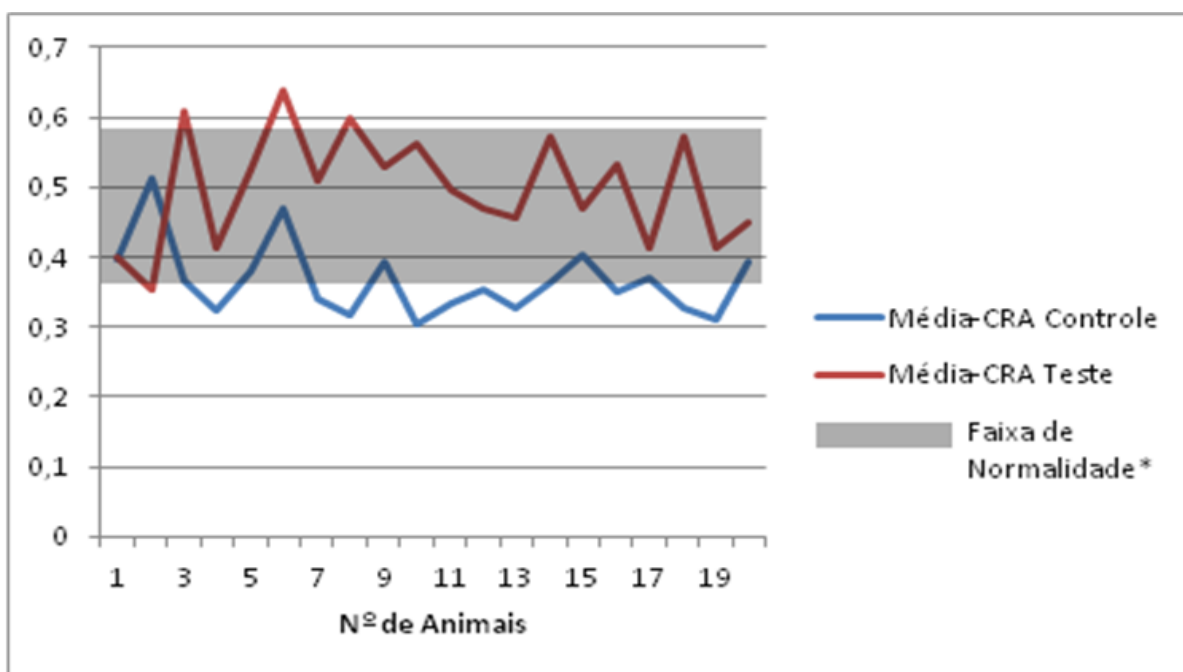


Figura 10: Gráfico para a característica CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.



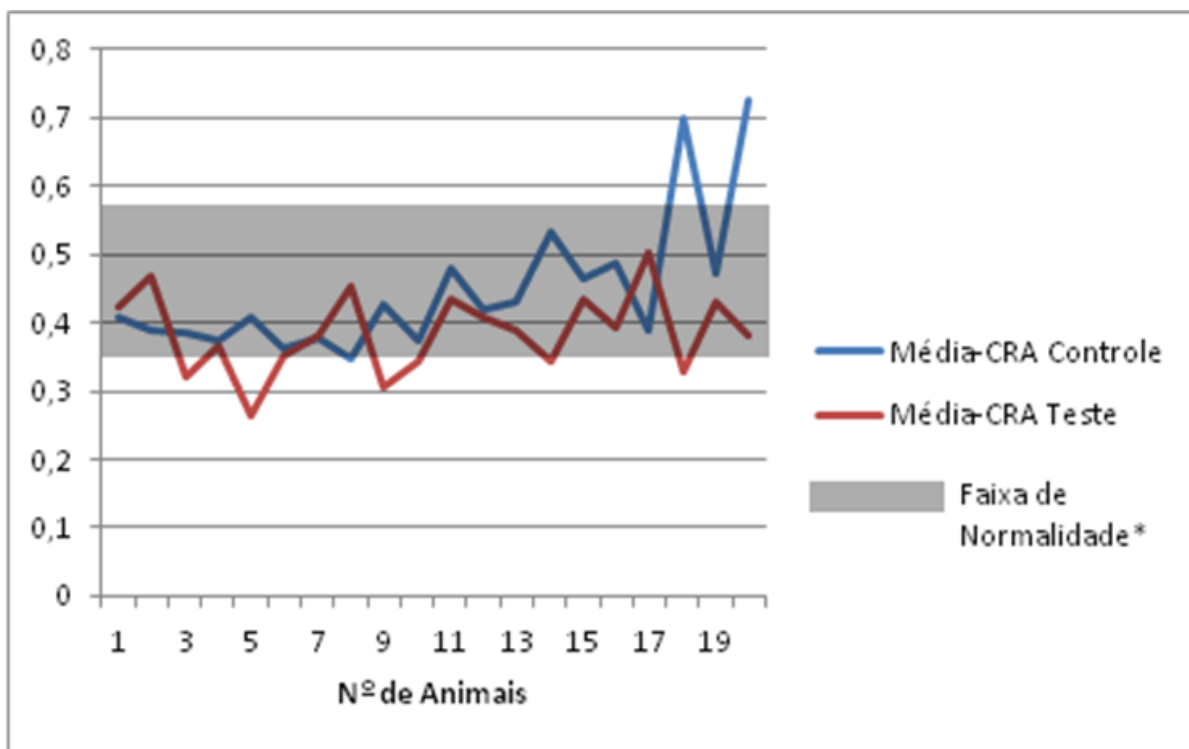


Figura 11: Gráfico para a característica CRA da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com selenito de sódio, Uberlândia-MG, 2011.

Conforme a Tabela 10, quando levamos em consideração a característica CRA, 85% dos suínos do grupo tratado com  $Mg_2SO_4$  apresentaram carne considerada normal, enquanto 90% do grupo controle apresentaram carne do tipo PSE. Tal fato acorda com a baixa média de pH 45 minutos apresentada pelo referido grupo de animais, que foi inferior a 5,8, valor relacionado à carne PSE (MAGANHINI et al., 2007). De acordo com Radcliffe (2004) o magnésio é um importante cofator em mais de 300 reações do metabolismo intermediário e pode reduzir a liberação de norepinefrina e epinefrina dos terminais nervosos. O aumento destas catecolaminas pode aumentar a taxa de glicogenólise, a qual terá um efeito prejudicial para qualidade da carne.

Naqueles animais suplementados com  $Na_2SeO_3$ , constatou-se que apenas 15% dos suínos do grupo tratado apresentaram carne do tipo PSE enquanto 90% daqueles do grupo controle apresentaram o referido tipo de carne (Tabela 10).

Sabe-se que a administração de substâncias antioxidantes aos animais são absorvidas e incorporadas à membrana celular, com isso há a diminuição da oxidação da carne e conseqüentemente, um aumento no seu tempo de vida de

prateleira. Tal fato pode explicar a menor incidência de carne PSE, quando considerando a CRA da carne, demonstrada no presente estudo para os animais submetidos à suplementação com o  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , o que concorda os estudos realizados por Downs et al. (2000). Poston et al. (1976) observaram que a utilização de selênio em combinação com a vitamina E na dieta de peixes preveniu a distrofia muscular nesses animais e Bell et al. (1985) constatou a prevenção de diátese exsudativa, caracterizada por edema grave devido ao aumento da permeabilidade de capilares em combinação com níveis reduzidos de proteínas séricas (KRISTIANSEN, 1973). Tal fato remete-se a observação da melhor capacidade de retenção de água nos animais tratados com o referido sal mineral nos suínos.

Baulez e Dussert (2011) demonstraram que animais de corte que foram suplementados com Se não só melhoraram a capacidade antioxidante da carne, como também verificou-se menor perda por gotejamento e melhoria na qualidade organoléptica da mesma. Por ser um dos principais constituintes da GSH-Px consequentemente protege as membranas celulares dos danos causados pela oxidação, destruindo o peróxido de hidrogênio e os hidroperóxidos (WATANABE, 1997), convertendo os mesmos em água e formas alcoólicas de ácidos graxos, prevenindo dessa forma as membranas das células dos danos causados pelo estresse oxidativo (LIN;SHIAU, 2007), podendo contribuir assim na qualidade da carne.

A presença de carnes PSE é o maior contribuinte para as perdas econômicas associadas com carcaças suínas de pior qualidade e pode ser resultado de vários fatores que modulam o metabolismo muscular próximo à hora do abate, entre eles o manejo nutricional pré-abate (MADDOCK et al., 2002). A incidência de carne PSE é também determinada pela genética, podendo ser induzida pelo manejo pré-abate (DRISSEN;GEERS, 2000).

Já nos animais tratados com  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$  e  $\text{Zn}_2\text{SO}_4$  não houve diferenças entre os grupos para os tipos de carne, levando em consideração a CRA (Tabela 10). Ressalta-se que 60% dos animais do grupo tratado com o  $\text{Cu}_2\text{SO}_4$  apresentaram carnes PSE, contra 40% do grupo controle. Nota-se que para a característica pH 45 minutos houve diferença entre ambos os grupos, porém a média foi superior a 5,8 para o grupo tratado.

De acordo com Macdowell (1992), uma melhora era esperado para os animais suplementados com sal a base de Zn, pois este mineral atua na produção e secreção de hormônios relacionados com os corticóides da adrenal, o que poderia interferir na taxa de glicogenólise, a qual teria um efeito benéfico para qualidade da carne. Por outro lado, segundo Pedreira (2001), o zinco pode inibir a ação das calpaínas e catepsinas B e L, gerando também fragmentação miofibrilar e proteólise de proteínas musculares específicas.

Tabela 10. Testes de qui-quadrado ( $X^2$ ) e valores de p para as variáveis: carne PSE, normal e DFD de acordo com o grupo e a administração dos minerais nos suínos estudados. Uberlândia - MG, 2011.

Mineral	Grupo	Variável	N	%	$X^2$	p
Mg	Controle	PSE	18	90	29,0526	<0,05
		Normal	2	10		
		DFD	0	0		
	Tratado	PSE	1	5		
		Normal	17	85		
		DFD	2	10		
Zn	Controle	PSE	9	45	2,0103	0,3660
		Normal	9	45		
		DFD	2	10		
	Tratado	PSE	10	50		
		Normal	10	50		
		DFD	0	0		
Cu	Controle	PSE	8	40	3,0222	0,2207
		Normal	10	50		
		DFD	2	10		
	Tratado	PSE	12	60		
		Normal	8	40		
		DFD	0	0		
Se	Controle	PSE	18	90	22,5564	<0,05
		Normal	2	10		
		DFD	0	0		
	Tratado	PSE	3	15		
		Normal	17	85		
		DFD	0	0		

### 3.4.4 Cor

Na análise de cor foi constatado que para os animais suplementados com  $Mg_2SO_4$  houve diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) entre os grupos estudados, sendo que os animais do grupo controle apresentaram carne mais pálida (2,55) que o grupo tratado (3,60) (Tabela 11), havendo, portanto, melhora para essa característica, como encontrado também por Machado et al. (2008).

Tal resultado pode estar relacionado com a quantidade elevada de água livre nos tecidos musculares dos animais do grupo controle, provocado pelo efeito do pH baixo, conforme mencionado anteriormente, resultando em palidez na carne (ROSENVOLD;ANDERSEN, 2003), havendo com isso uma alta atividade enzimática, e conseqüente consumo de oxigênio e redução na proporção de pigmento (PRADO, 2003).

Não foi encontrada diferenças ( $P > 0,05$ ) na cor da carne dos animais suplementados com os demais minerais.

Esperava-se uma melhora na cor da carne dos animais suplementados com  $Cu_2SO_4$ , uma vez que esse elemento é componente de várias enzimas, como a ceruloplasmina, que é essencial para a absorção e transporte de ferro necessário para a síntese de hemoglobina (NRC, 2001), que interfere na pigmentação da carne.

Já para os animais suplementados com  $Na_2SeO_3$  também se esperava alguma melhora, uma vez que observou-se diferenças para as demais qualidade de carne (pH 45 minutos, pH 24 horas e CRA) e conforme Bellaver e Fávero (2000) substâncias que visam evitar a auto-oxidação dos alimentos, retardam sua deterioração, rancificação e perda de coloração devido a oxidação

Constatou-se que para os animais suplementados com  $Na_2SeO_3$  houve melhoras na qualidade da carne para a maioria das características avaliadas, exceto para a cor da carne. As melhoras observadas podem ser explicadas pelo fato desse mineral ser um potente antioxidante que funciona como uma segunda linha de defesa das membranas celulares contra a peroxidação (OLIVEIRA, 2004), podendo assim estar relacionado com o aumento da estabilidade oxidativa da carne, impedindo a sua deterioração oxidativa que traz perdas nos valores nutricionais e na qualidade da carne (DOWNS et al., 2000). Além disso, de acordo com MacDonald et

al. (2002) o selênio tem fundamental importância na produção de hormônios da tireóide, onde este é componente da enzima iodotironina deiodinase tipo I, responsável pela conversão de T4 em T3, que é a forma fisiologicamente ativa, sendo também um componente da enzima tioredoxina redutase que está envolvida no reparo de proteínas do animal (ARNÉR; HOLMGREN, 2000). Sabe-se que um ligeiro aumento da secreção de hormônio tireoidiano determina vigorosa reação muscular, pois são hiperglicemiantes, ou seja, agem diminuindo a ação da insulina e acelerando a sua degradação. Há um aumento no catabolismo das proteínas e das gorduras, podendo ocorrer fraqueza e relaxamento muscular. Conquanto, a falta de hormônio tireoidiano faz com que a reação dos músculos seja extremamente lenta, com relaxamento lento após a contração (LOPES, 2002).

Tabela 11. Médias, mediana (MD), desvio padrão para a cor da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com os minerais estudados. Uberlândia - MG, 2011.

	Controle		Tratamento	
	Média	Mediana	Média	Mediana
Mg	2,55 <sup>a</sup> ± 0,510	3,00	3,60 <sup>b</sup> ± 0,598	5,00
Zn	3,45 <sup>a</sup> ± 0,944	3,00	3,40 <sup>a</sup> ± 0,502	3,00
Cu	3,60 <sup>a</sup> ± 0,882	4,00	3,40 <sup>a</sup> ± 0,680	3,00
Se	2,95 <sup>a</sup> ± 0,510	3,00	3,00 <sup>a</sup> ± 0,458	3,00

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem ( $P < 0,05$ ) pelo de *Mann-Witney*

A Figura 12 ilustra o padrão gráfico para a cor da carne dos suínos dos grupos controle e tratados com  $Mg_2SO_4$ . Observou-se que os animais tratados se encontram, em maior número, dentro da faixa de normalidade, quando comparados aos animais controles. Os resultados encontrados no presente estudo para as características pH 45 minutos e pH 24 horas demonstraram as referidas podem ser um bom parâmetro para relacionarmos com a coloração da carne suína.

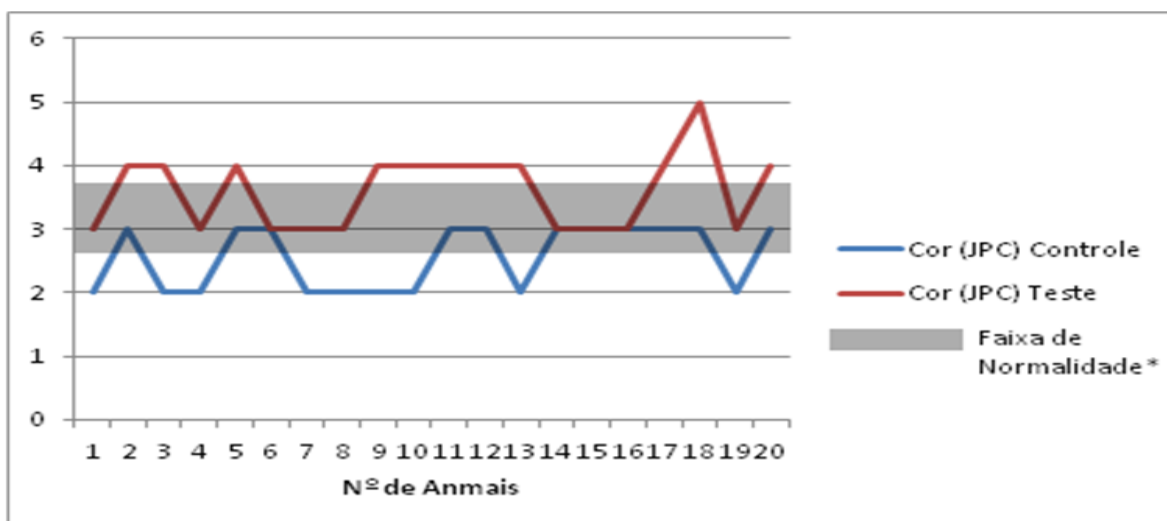


Figura 12: Gráfico para a característica cor da carne dos suínos dos grupos controle e tratado com sulfato de magnésio, Uberlândia-MG, 2011.

### 3.4.5 Consumo da Água de Bebida Pelos Animais

Os consumos médios de água e minerais por animal tratado estão dispostos na Tabela 12. Verificou-se que os animais cuja água continha o  $\text{Na}_3\text{SeO}_2$  consumiram a maior quantidade de água (3,10L/Animal), seguido pelo  $\text{Mg}_2\text{SO}_4$  (2 L/Animal), sendo que o consumo foi menor para os animais suplementados com o  $\text{Zn}_2\text{SO}_4$  (0,60 L/Animal).

Os animais suplementados com Mg e Se foram aqueles cuja as características avaliadas neste trabalho foram melhoradas, o que concorda portanto com a alta ingestão de água e minerais por esses animais.

Observou-se que os animais suplementados com  $\text{Mg}_2\text{SO}_4$  consumiram um valor médio de 675 mg de Mg. Por outro lado, aqueles suplementados com  $\text{Na}_3\text{SeO}_2$ , o consumo de Se foi de 6,5mg. Valores portando que foram suficientes para a obtenção de respostas positivas em relação à qualidade da carne nos suínos estudados.

O consumo da água contendo os minerais Cu e Zn foi relativamente baixo, o que pode ser justificado pelas condições climáticas do dia da execução do experimento, visto que as mudanças climáticas podem desencadear diferentes

respostas fisiológicas nos animais (BORGES;FÁVERO, 2008), sendo uma delas a frequência de ingestão de água.

Tabela 12. Consumo médio de água e minerais por animal tratado. Uberlândia - MG, 2011.

<b>Mineral</b>	<b>Consumo médio de Água (L)</b>	<b>Consumo Médio do Mineral (mg)</b>
Mg	2,00	675,0
Cu	1.35	162,5
Se	3.10	6,5
Zn	0.60	1.100,0

### 3.5 Conclusões

Conclui-se que os suínos submetidos à dieta hídrica contendo o mineral magnésio, bem como o selênio, por um período de 12 horas apresentaram uma qualidade de carne superior àqueles que não foram suplementados. Não houve diferenças significativas na qualidade da carne para os animais suplementados com fontes minerais contendo cobre e zinco.

### REFERÊNCIAS

ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; GERRARD, D. E.; MILLS, E. W. **Principles of meat science**. 4 ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing, 2001, 354p.

ABIPECS. Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína. **Mercado Mundial de Carne Suína**. 2010. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/estatisticas/mundial.html>>. Acesso em: 03 ago. 2011.

ABRAMOFF, M. D.; MAGALHAES, P. J.; RAM, S. J. Image processing with Image J. **Biophotonics International**, v.11, n.7, p. 36-42, 2004.

ANTUNES, R. C.; PITA, F. V. C.; FRANCO, M. M.; GOULART FILHO, L. R. A Influência da composição racial da linha materna e do genótipo HAL sobre a

qualidade da carne em suínos abatidos entre 90 e 110 kg de peso vivo. **Ars Veterinaria**, v.18, p.33-42, 2002.

APPLE, J. K.; KEGLEY, E. B.; MAXWELL, C. V.; RAKES, L. K.; GALLOWAY, D.; WISTUBA, T. J. Effects of dietary magnesium and short-duration transportation on stress response, postmortem muscle metabolism, and meat quality of finishing swine. **Journal Animal Science**, v.83, p.1633-1645, 2005.

ARNÉR, E. S. J.; HOLMGREN, A.; Physiological functions of thioredoxin and thioredoxin reductase. **European Journal of Biochemistry**, v. 267, p. 6102–6109, 2000.

BAULEZ, M.; DUSSERT, L. **Selênio orgânico na nutrição de ruminantes: podemos esperar benefícios além da saúde animal?** 2011. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MApecuaria-corte/nutricao/artigos/nutricao-ruminantes-t424/141-p0.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2011.

BELL, J. G., COWEY, C. B., ADRON, J. W.; SHANKS, A. M. Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **British Journal of Nutrition**, v. 53, p. 149-157, 1985.

BELLAVER, C.; FÁVERO, J. A. **O uso de microingredientes (aditivos) na formulação de dietas para suínos e suas implicações na produção e na segurança alimentar.** 2000. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/abraves-sc/pdf/Memorias2000/6\\_Bellaver.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/abraves-sc/pdf/Memorias2000/6_Bellaver.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2011.

BORGES, S. A.; FAVERO, A. Utilização de eletrólitos para aves da teoria a prática. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, IX., 2008. **Anais...** Chapecó: Embrapa Suínos e Aves, 2008. p. 129-153.



BRAGA, T. F. **Polimorfismo RSA I do gene P1T1 em suínos Pietran e Large White após seleção divergente**. 2008. Disponível em < <http://www.ic-ufu.org/anaisufu2008/PDF/IC2008-0400.PDF>>. Acesso em: 02 set. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária-DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA. Divisão de Normas Técnicas-DNT. Decreto Lei nº 30.691, de 29 de março de 1952, alterado pelos Decretos nº 1.255, de 25 de junho de 1962, nº 1.812, de 18 de janeiro de 1996 e nº 2.224 de 4 de junho de 1997. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1952.

BRASIL.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária-DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA. Divisão de Normas Técnicas-DNT. Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1995.

BRASIL.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária-DAS. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal-DIPOA. Divisão de Normas Técnicas-DNT. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000.

CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 3 ed. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992. 220p.

COMBS JR, G. F.; COMBS, S. B. **The role of selenium in nutrition**. London: Academic Press, 1986. 180p.

DOWNS, K. M.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. Selenium source effect on broiler carcass characteristics, meat quality and drip loss. **Journal of Applied Animal Research**, v.18, p. 61–72, 2000.

DRISSEN, B.; GEERS, R. **Estresse durante o transporte e qualidade da carne suína: uma Visão Européia**. 2000. Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/anais00cv\\_portugues.pdf#page=65](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_portugues.pdf#page=65)>. Acesso em: 25 jun. 2011.

ELAM, T. E. The world pork industry-rapid change and re-structurinr implications for a global pork makket. In: ELANCO ANIMAL HEALTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM, I., 1997. **Proceedings...** Indianápolis: ELANCO, 1997.

GRAU, R.; HAMM, R. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel. **Naturwissenschaften**, v. 40, p. 29-30, 1953.

KAUFFMAN, R. G.; WACHOLZ, D.; HENDERSON, D.; LOCHNER, J. V. Shrinkage of PSE, normal and DFD hams during transit and processing. **Journal Animal Science**, v.46, p.1236 – 1240, 1986.

KRISTIANSEN, F. Condition in poultry associated with deficiencies of vitamin E in Norway. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 19, p. 51-57, 1973. (E. Suppl.).

LIN, Y. H.; SHIAU, S. Y. The effects of dietary selenium on the oxidative stress of grouper, *Epinephelus malabaricus*, fed high copper. **Aquaculture**, v. 267, p. 38-43, 2007.

LOPES H. J. J. **Função Tireoidiana: Principais Testes Laboratoriais e Aplicações Diagnósticas**. 2002. Disponível em: <[http://www.goldanalisa.com.br/publicacoes/Funcao\\_Tireoidiana.pdf](http://www.goldanalisa.com.br/publicacoes/Funcao_Tireoidiana.pdf)> . Acesso em: 01 ago. 2011.

MACDOUGALL, D. B., Colour meat – its basis and importance. In PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish product – Advances in meat research series**. Springer: Black Academic & Professional, 1994. cap.2, p. 34 –78.

MACHADO, O. D.; FONTES, D. O.; FERREIRA, J. M.; CORRÊIA, G. S. S.; NELSON, D. L.; GLÓRIA, M. B. A. Desempenho e qualidade da carne de suínos suplementados com magnésio e creatina no período pré-abate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 3, 2008.

MADDOCK, R. J.; BIDNER, B. S.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K.; BERG, E. P.; SAVELL, J. W. Creatine monohydrate supplementation and the quality of fresh pork in normal and halothane carrier pigs. **Journal Animal Science**, v.80, n.4, p.997-1004, 2002.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; Soares, A. L.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.69-72, 2007. (E. Suppl.).

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academy Press, 1992, 524p.

MCDONALD, P.; EDWARDS R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. **Animal nutrition**. 6 ed. Pearson: Edinburgh, 2002. 693p.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 408p.

\_\_\_\_\_. **Mineral tolerance of animals**. 2. ed. Washington: National Academic Press, 2005. 510p.

OLIVEIRA, D. E. de. **Minerais: funções, deficiências, toxidez e outros aspectos da suplementação.** Material Técnico-AGROCERES nutrição animal. 2004. Disponível em: <<http://www.agroceresnutricao.com.br/artigos/apostilatecnicaminerais.pdf>>. Acesso em: 08 de jun. 2011.

PEDREIRA, C. M. S. O. **O efeito do zinco na maciez da carne de bovinos de corte.** 2001. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/o-efeito-do-zinco-na-maciez-da-carne-de-bovinos-de-corte-4985n.aspx>>. Acesso em: 29 out. 2011.

PENSEL, N. The future of red meat in human diets. **Nutrition Abstracts & Reviews**, v.68, n.1, p.1-4, 1998.

PEREIRA, A. A.; JUNQUEIRA, O. M.; SGAVIOLI, S. **Carne Suína: fatores determinantes de sua qualidade.** 2009. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/administracao/artigos/carne-suina-fatores-determinantes-t215/124-p0.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2011.

PINHEIRO, R. S. B. Composição tecidual dos cortes da carcaça de ovinos jovens e adultos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p. 565-571, 2007.

POSTON, H. A.; COMBS, G. F.; LEBOVITZ, L. Vitamin E and selenium interrelations in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*): gross, histological and biochemical signs. **Journal of Nutrition**, v. 106, p. 892-904, 1976.

PRADO, C. S., **Propriedades da carne fresca.** Curso de Especialização em Inspeção e Tecnologia de Produtos de Origem Animal. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2003.

RADCLIFFE, J. S. **Visões sobre modificadores de carcaça.** 2004. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/index.php?documento=85>>. Acesso em: 14 jun. 2011.

RAMOS, E. M. **Tecnologia do processamento de carnes e derivados**. Departamento de Tecnologia Rural e Animal. DTR 149. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Material Teórico, 1v, 2005.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Disponível em: <http://dgta.fca.unesp.br/carnes/Artigos%20Tecnicos/Roca107.pdf>. Acesso em 9 jul. 2011.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality: a review. **Meat Science**, v. 59, p. 397-406, 2001.

\_\_\_\_\_. The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. **Meat science**, v.63, p. 199-209, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software**: changes and enhancements through release 6.12. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1997. 1167p.

SILVA, M. L. **Efeito de dois métodos de cocção – água e vapor – nos parâmetros de qualidade do músculo semitendinosus**. 2004. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SILVEIRA, E. T. F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína**. 1997. 247f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

SOMERS, C.; TARRANT, P. V.; SHERINGTON, J. Evaluation some objective methods for measuring pork quality. **Meat Science**, v.15, p.63-76, 1985.

TRAMONTINI, P. Consumo da carne suína a experiência brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5º., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 6-11.

UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Wallingford: CABI, 1999. 614p.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, p. 185-207, 1997.

## **CAPITULO 4 – Implicações**

A carne suína representa a fonte protéica animal mais consumida em todo o mundo, representando quase metade do consumo e da produção de carnes. Com isso, a melhoria na qualidade da carne se faz necessária para maximizar a competitividade desse importante segmento mundial. Além disso a exigência dos consumidores no que diz respeito a qualidade da carne é atualmente uma das principais preocupações da indústria de carnes.

Sabe-se que os suínos são extremamente sensíveis ao estresse tanto durante a produção quanto no período pré-abate, salientando a importância da genética e do manejo pré-abate que podem relacionar-se, como é no caso dos suínos portadores do alelo HAL. Por outro lado, pode não ter relação direta com a genética, como o no caso da suplementação por meio de aditivos que visam melhorar o metabolismo do animal, consequenciando em melhoras para a carne.

Com o entendimento dos eventos bioquímicos que ocorrem no tecido muscular vivo, foi possível saber que a carne é um arranjo complexo de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura que resulta de modificações físico-químicas que ocorrem no tecido muscular, sendo que todo esse processo é controlado por sistemas enzimáticos. Os minerais participam como parte integrante destes sistemas numa série de processos metabólicos essenciais nos animais, incluindo as vias de obtenção de energia (glicolítica e oxidativa), bem como seus mecanismos controles. Podendo assim obter respostas benéficas na qualidade da carne com sua utilização no pré-abate.

A utilização de fontes inorgânicas de minerais na água de pocilga dos animais, que devem ser submetidos à um tempo regulamentar de jejum e dieta hídrica, propiciou uma melhora na carne daqueles animais suplementados com fontes inorgânicas de magnésio e de selênio. Tal fato é muito interessante, uma vez que se tratam de fontes baratas dos respectivos minerais e que podem ser adicionadas pelo próprio funcionário previamente treinado do frigorífico, agregando qualidade e valor no produto final, em pouco tempo, através de um procedimento de manejo simples.

O delineamento de outras pesquisas inclusive utilizando microminerais em associações poderia levar a produção de uma mistura para ser utilizado na água dos animais no pré-abate com a finalidade de melhorar a qualidade final do produto.

Para obtenção de melhores resultados, pesquisas poderão ser realizadas para avaliar outros parâmetros com enfoque sanguíneo e bioquímico dos suínos, a fim de fornecer maior embasamento do efeito metabólico dos minerais estudados no organismo dos animais. Portanto, o presente trabalho vem abrir várias outras possibilidades de investigações para compreender os reais efeitos desses componentes tão importantes e atuantes no animal, que são os minerais.



## APÊNDICE A

Coleta de Dados Pré-Abate				
Data de Chegada:	Data e Hor. de Chegada na Poclga:	Linhagem:		Granja:
Data de Abate:	Data e Hor. de Saída da Poclga:	Nº de Animais:	(C):	(T):
Íon Testado:	Fonte:	Concentração (NRC):		
	<b>GRUPO CONTROLE</b>	<b>GRUPO TRATADO</b>		
Quantidade de Água na Caixa D'Água				
Quantidade de Sóluto				
Início da Administração da Água (hora 0)				
Fim da Administração da Água (hora 12)				
Quantidade de Água (hora 0)				
Quantidade de Água (hora 12)				
Consumo (Qágua hora 0 - Qágua hora 12)				
<b>OBSERVAÇÕES:</b>				

## APÊNDICE B

[illegible]

**C: Controle    T: Tratamento    Tp: Temperatura    JPC: Japanese Pork Color    PCQ: Peso da Carcaça Quente**