

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Dupla tonalidade e perda por gotejamento: relação com posição anatômica em secção transversal do lombo suíno e glicemia**

**Patricia Maloso Ramos**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência  
Animal e Pastagens

**Piracicaba  
2013**

Patricia Maloso Ramos  
Zootecnista

**Dupla tonalidade e perda por gotejamento: relação com posição anatômica em  
secção transversal do lombo suíno e glicemia**  
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **EDUARDO FRANCISQUINE DELGADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título  
de Mestra em Ciências. Área de concentração:  
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba  
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Ramos, Patricia Maloso

Dupla tonalidade e perda por gotejamento: relação com posição anatômica em secção transversal do lombo suíno e glicemia / Patricia Maloso Ramos.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013. 49 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Cor 2. Exsudado 3. Longissimus dorsi 4. Metabolismo glicolítico 5. Qualidade  
I. Título

CDD 636.40891  
R175d

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

Para meu filho Enzo,  
pela paciência e ensinamentos diários, dedico.



## AGRADECIMENTOS

à minha família, pelo apoio, incentivo e principalmente por estar presente;

ao Fábio, por explicar no dia-a-dia a necessidade de ter sempre em mente uma hipótese a ser testada e mostrar que a ciência nasce em todo lugar;

ao orientador Prof. Dr. Eduardo Francisquine Delgado pela formação plena que possibilita, por ser exemplo de paciência, dedicação e profissionalismo;

à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Maris Machado Bittar pelos ensinamentos, acompanhamento e disponibilidade em auxiliar sempre que solicitada;

ao Prof. Dr. Saulo da Luz e Silva pelos ensinamentos, por proporcionar a coleta de parte do material para os estudos e o espaço para realização das análises;

aos professores que somaram esforços para fazer com que o Programa de Ciência Animal e Pastagens da ESALQ/USP alcançasse o reconhecimento que tem hoje e que nos torna o processo de aprendizado mais desafiador, completo e, de certa forma, mais fácil;

aos professores da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) importantes participantes na minha formação;

aos funcionários da prefeitura do campus USP/Pirassununga pelo auxílio para a realização da coleta de material para realização dos estudos;

aos companheiros de laboratório, sempre dispostos a ouvir meus questionamentos e desabafos;

ao CNPq pela bolsa de estudos concedida;

e a todos que estão nas entrelinhas desse trabalho e que de alguma forma o tornaram possível.



“É essa engenhosidade  
que me faz acreditar que existe  
uma força maior que arquitetou  
tudo isso. E foi a ciência que  
me fez pensar isso...”

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Maris M. Bittar  
(durante uma aula de metabolismo de carboidratos)





## SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT .....	13
INTRODUÇÃO .....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Água e músculo.....	17
i. Proteólise.....	17
ii. Glicogenólise muscular.....	18
2.2 Metabolismo glicolítico e exsudação.....	19
i. Tipos de fibra.....	19
ii. Potencial glicolítico .....	20
iii. Cor .....	21
iii. Dupla tonalidade.....	22
2.3 Genética e Ambiente.....	23
2.4 Resfriamento.....	23
2.5 Oxidação .....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Ensaio 1 .....	27
3.2 Ensaio 2 .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Ensaio 1 .....	31
4.2 Ensaio 2 .....	36
5 CONCLUSÕES .....	41
REFERÊNCIAS.....	43
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	49



## RESUMO

### **Dupla tonalidade e perda por gotejamento: relação com posição anatômica em secção transversal do lombo suíno e glicemia**

A percepção de cor e suas relações com água retida são aspectos importantes para definição do rendimento e qualidade final do processo produtivo da carne. A inter-relação entre as medidas objetivas de cor e a capacidade de retenção de água tem possibilitado a utilização de valores de atributos de cor para a predição de problemas com carne exsudativa. O objetivo do presente estudo foi identificar a relação entre pontos anatômicos de amostragem na secção transversal do bife de lombo suíno para obtenção das medidas de cor e medidas indiretas da capacidade de retenção de água, além do impacto nestes atributos devido à glicemia no momento do abate e no exsudado. Foram realizados dois ensaios, na seguinte ordem: 1) 19 amostras de lombo suíno foram adquiridas de forma aleatória no varejo, no dia seguinte ao abate do animal, e submetidas à determinação das variáveis de cor, pelo padrão CIElab, em seis pontos da superfície do bife, que posteriormente foram submetidos a medidas de exsudação e 2) 25 carcaças foram amostradas em abatedouro experimental, selecionadas com base nos níveis de glicemia plasmática dos animais no momento da sangria, formando duas categorias: normal-NO ( $74,8 \pm 2,00 \text{ mg.dL}^{-1}$ ) e alta-AL ( $134 \pm 5,30 \text{ mg.dL}^{-1}$ ). Três diferentes regiões (lateral, intermediária e medial) definidas com base nas observações do ensaio 1 foram analisadas para os parâmetros de cor, perdas por gotejamento em dois tempos e concentração de glicose no exsudado. No primeiro ensaio, a leitura de  $L^*$  na região ventro-lateral do bife apresentou a maior correlação com a perda por gotejamento média geral do bife. A perda por gotejamento cresceu de maneira proporcional entre 48 e 72 horas após a determinação das variáveis de cor. O grupo AL, no segundo ensaio, apresentou perdas por gotejamento elevadas para a posição intermediária ( $11,0 \pm 1,0 \text{ g.100}^{-1}$ ) e lateral ( $9,0 \pm 1,0 \text{ g.100}^{-1}$ ). A coloração entre os grupos não diferiu, porém a  $L^*$  da região intermediária foi mais alta ( $55,88 \pm 1,55$ ) e sua intensidade de vermelho foi menor ( $6,67 \pm 0,35$ ) em relação às regiões lateral ( $52,83 \pm 1,65$  e  $7,68 \pm 0,40$ ) e medial ( $50,93 \pm 1,65$  e  $7,67 \pm 0,39$ ), respectivamente. Maiores valores de glicose no exsudado também foram observados para as regiões intermediária e lateral. Os indicadores indiretos do metabolismo glicolítico muscular estão relacionados com cor ou perda por gotejamento e podem ser influenciados pela posição anatômica no músculo, com impactos sobre a capacidade de retenção de água, ocorrência de dupla tonalidade e qualidade do lombo suíno.

Palavras-chave: Cor; Exsudado; *Longissimus dorsi*; Metabolismo glicolítico; Qualidade



## ABSTRACT

### **Two-toning and drip loss: relation to cross-section anatomical position on pork loin, plasma and exudate glucose**

The perception of color and its relationship with retained water are important for defining the yield and quality of pork production process. The inter-relationship between objective measures of color and water holding capacity has been used for prediction of problems with exudative meat. The aim of this study was to identify the relationship between anatomical positions on cross section steak pork loin to obtain color measurements and indirect measurements of water holding capacity, and the impact in these attributes due to glucose at slaughter and the exudate. Two assays were conducted in the following order: 1) 19 samples of pork loin were randomly acquired in retail store, 24 hours after slaughter and subjected to the determination of color variables, following CIELab standard, in 6 positions of the steak surface, which subsequently underwent measurements of exudation; and 2) 25 carcasses were sampled at experimental abattoir selected based on plasma glucose levels of the animals at the time of bleeding, forming two categories: normal-NO ( $74.8 \pm 2.00$  mg.dL<sup>-1</sup>) and high-AL ( $134 \pm 5.30$  mg.dL<sup>-1</sup>). Three different regions (lateral, intermediate and medial) defined based on the observations of the assay 1 were analyzed for the color variables, drip loss in two times and glucose concentration in the exudate. In the first assay, the L\* reading in the ventrolateral region of the steak had the highest correlation with drip loss average of all anatomical regions. The drip loss increased proportionally between 48 and 72 hours after determining the color parameters. The AL group from the second assay had higher drip loss, especially for the intermediate ( $11.0 \pm 1.0$  g.100g<sup>-1</sup>) and lateral position ( $9.0 \pm 1.0$  g.100g<sup>-1</sup>). The color did not differ between groups, but the L\* of the intermediate region was higher ( $55.88 \pm 1.55$ ) and the intensity of red was lower ( $6.67 \pm 0.35$ ) compared to the lateral ( $52.83 \pm 1.65$  e  $7.68 \pm 0.40$ ) and medial regions ( $50,93 \pm 1,65$  e  $7,67 \pm 0,39$ ), respectively. Higher values of glucose exudate were also observed for the intermediate and lateral regions. The results confirm that indirect indicators of the muscle glycolytic metabolism are related to color or drip loss and can be influenced by the anatomical position of the muscle, impacting the ability to retain water, two-toning occurrence and overall pork loin quality.

Keywords: Color; Exudate; *Longissimus dorsi*; Glycolytic metabolism; Quality



## 1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a fonte de proteína de origem animal mais consumida no mundo. Em grande parte isso se deve a alguns países que têm tradição no consumo desse alimento, nos quais o hábito já está determinado. No Brasil, apesar da produção em alta escala, a carne suína representa apenas 15% do total de carnes consumidas *in natura* anualmente, fato que pode ser explicado pela percepção dos consumidores relacionada à ideia de carne de qualidade inferior, inclusive por questões sanitárias. Os esforços do setor produtivo para solucionar questões como a quantidade gordura, bem como as questões sanitárias, resultaram em alimentos mais adequados e seguros. Para a ciência da carne a preocupação com outras questões relacionadas à qualidade se tornou alvo de estudos.

A ciência da carne tem especial interesse em estudar os mecanismos que estão envolvidos no processo de transformação de músculo em carne e como podem ser alterados, ocasionando impacto à qualidade da carne. Inúmeras são as variáveis que podem influenciar e determinar prejuízos a este processo biológico. Um exemplo prejudicial é o aumento excessivo da exsudação natural, com impactos significativos à qualidade da carne e, por conseguinte, à indústria de processados. Os componentes fisiológicos, bioquímicos e biofísicos que contribuem para estabelecimento e resolução do *rigor mortis* e potencialmente contribuem para exsudação excessiva da água do músculo após sua transformação em carne permanecem como alvo de estudos. Aspectos como a glicogenólise, acidificação, proteólise e a distribuição espacial das fibras em diferentes regiões do músculo são exemplos de fatores inter-relacionados envolvidos na quantificação da exsudação, diferenças em coloração e, portanto, na determinação da qualidade da carne suína.

A aparência dos bifes suínos, especialmente aqueles com coloração desuniforme e/ou pálida, está relacionada à pior capacidade de retenção de água. Apesar de existir uma recomendação quanto a determinação da coloração média da superfície dos bifes, as leituras de cor, com auxílio de equipamento como o colorímetro, podem resultar em médias que não representam problemas de coloração e, conseqüentemente, problemas com perdas por gotejamento, e mesmo assim os problemas existirem. Entender como as regiões anatômicas refletem coloração diferenciada e como esta se relaciona com a capacidade de retenção de água de



todo o bife permite entender aspectos da fisiologia muscular característica da espécie que atuam no processo de transformação do músculo em carne.

O músculo *Longissimus dorsi* apresenta inconsistência em atributos da qualidade da carne próprio da sua posição anatômica e função. A presença de coloração desuniforme aliada à excessiva exsudação permite explorar algumas informações de processos já estabelecidos, porém contrastando-os às diferenças que possam existir em um mesmo bife. A observação do fenômeno de palidez em lombo suíno é recorrente, assim como a desuniformidade de sua coloração. Enquanto o primeiro fenômeno foi amplamente estudado considerando aspectos como a genética e manejo dos animais para redução de estresse, o segundo permaneceu à margem da ciência de carnes, apesar de seu impacto econômico.

Por ocasionar prejuízos econômicos diretos e indiretos, além de ser campo para discussões científicas de processos biológicos importantes, o presente estudo visa realizar em dois ensaios, a investigação da relação entre as variáveis de cor em diversas áreas da superfície de secção transversal do lombo suíno com medidas de predição de perdas por gotejamento. Enquanto o primeiro ensaio se detém a exploração do comportamento das variáveis de cor em diferentes posições do lombo em relação às perdas totais por gotejamento do bife, o segundo ensaio explora regiões como determinantes de diferenças em coloração e exsudação, como resposta à glicemia sanguínea avaliada no momento do abate.

A hipótese em questão é que as diferenças na coloração entre as regiões na superfície do lombo podem funcionar como preditoras de elevadas perdas por gotejamento do bife como um todo e que tais diferenças estão relacionadas ao nível glicêmico dos animais no momento do abate.

O presente estudo se justifica pela ausência na literatura de dados que explorem a metodologia para obter as variáveis de cor, apesar de existir na literatura alguns trabalhos evidenciando a relação entre as variáveis de cor e qualidade (maciez) do lombo suíno. É estabelecido também que alterações na coloração em musculaturas diferentes, porém a possibilidade de existir, em um mesmo músculo, diferenças de cor que estão relacionadas de diferentes formas com a capacidade de retenção de água não é abordada. Neste contexto, o presente estudo é um primeiro passo à discussão de relação entre a forma como a cor é mensurada, sua relação com as perdas por gotejamento e como resposta à glicemia no momento do abate.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Após o abate, os músculos das carcaças suínas irão se transformar em carne para o consumo humano através da proteólise, acidificação e processos oxidativos que são influenciados por inúmeros fatores. Os animais podem diferir quanto sua raça, sistemas de criação e abate que resultam em alterações naqueles processos e, portanto, produtos finais diferentes. Muitas vezes essas diferenças influenciam a coloração dos bifes e são perceptíveis aos consumidores.

### 2.1 Água e músculo

A água quando sai dos bifes segue uma ordem espacial que se inicia nos miofilamentos reticulados depois para o sarcoplasma interfibrilar, espaço interfibras, e finalmente entre feixes para depois formar a gota de exsudado (SWATLAND; IRVING; MILLMAN, 1989). Quando no músculo, a água pode estar associada a proteínas insolúveis, ter baixa mobilidade e ser resistente ao congelamento (água ligada), pode estar entremeada às estruturas e sua remoção ser fácil (água retida) ou pode estar livre. O estabelecimento do *rigor mortis* e a conversão de músculo em carne afetam a água retida e a transformam em água livre. A retenção da água na carne é desejável, porém as alterações de cargas elétricas, presença do gene halotano e estresse podem contribuir para formação de canais de gotejamento através da proteólise inadequada da desmina (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

#### i. Proteólise

O estabelecimento do *rigor mortis* é resultado da ligação cruzada forte entre as proteínas miofibrilares, actina e miosina. O processo de endurecimento da carne está associado ao encurtamento do sarcômero normalmente observado durante o *rigor mortis* (HOSTETLER et al., 1972; KOOHMARAIE; DOUMIT; WHEELER, 1996).

O amaciamento da carne ocorre pela degradação das proteínas miofibrilares, e muito embora existam vários sistemas proteolíticos capazes de degradar proteínas musculares, com indícios recentes do envolvimento das caspases (ICoMST 2012), apenas as calpaínas têm sido inequivocamente apontadas como diretamente relacionadas com a maciez. O sistema das calpaínas atua através de pequenas

modificações que fragilizam a estrutura das miofibrilas e estas alterações estão diretamente correlacionadas ao amaciamento da carne. A extensão e taxa de amaciamento são definidas pela calpastatina, que é uma proteína inibidora natural da atividade de proteólise miofibrilar (KOOHMARAIE, 1992; DELGADO et al., 2001).

Diversas proteínas filamentosas são degradadas pelas calpaínas, sendo a ruptura dos filamentos intermediários, como a desmina, relacionada com afrouxamento da estrutura miofibrilar resultando em diminuição dos canais de gotejamento (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005), maior influxo de água para as miofibras e retenção de água entre as proteínas miofibrilares (BREWER, 2004).

A taxa de proteólise *post-mortem* tem sido relacionada positivamente com a razão entre a atividade de calpaína/atividade de calpastatina, sendo esta mais favorável para as fibras musculares caracterizadas por contração rápida (LEFAUCHEUR, 2010). Todavia, de maneira geral a maior contribuição das fibras rápidas parece resultar em problema de maciez, enquanto as fibras lentas estão positivamente relacionadas com suculência e sabor (TAYLOR, 2004). A interação entre o metabolismo dos diferentes tipos de fibras e capacidade de retenção de água parece mais relacionada com o potencial glicolítico e suas implicações no pH e funcionalidade proteica.

## ii. Glicogenólise muscular

A transformação do músculo em carne é tradicionalmente conhecida como um processo anaeróbico no qual o glicogênio é transformado em lactato e íons  $H^+$  (ENGLAND et al., 2013), contribuindo para a queda do pH final. Existem diferenças entre as fibras glicolíticas (brancas) e oxidativas (vermelhas) quanto a taxa de queda de pH, que está relacionada à utilização da energia disponível *in vivo*. Na ausência de oxigênio, condição *post-mortem*, para as fibras glicolíticas e oxidativas a produção de ATP via mitocondrial não acontece e espera-se que a queda do pH para as fibras oxidativas seja naturalmente mais lenta, principalmente por diferenças entre as isoformas de miosina das fibras. Somado a isso, as fibras glicolíticas têm maiores reservas de glicogênio que podem ser resultado de maior taxa de conversão da glicose sanguínea elevada momentos antes do abate, que por sua vez será convertido a lactato mais rapidamente *post-mortem*. As concentrações de glicogênio muscular estão negativamente relacionadas à qualidade da carne em suínos (MONIN et al., 1987) e estratégias de alimentação com fontes diferentes de energia

podem ter impacto nas concentrações de glicogênio muscular (ANDERSEN et al., 2005).

Dependentes de enzimas, os mecanismos que envolvem o processo de armazenar glicogênio rapidamente (gliconeogênese) como também a utilização de glicogênio *post-mortem* para a acidificação da carne (glicogenólise muscular) são suscetíveis a alterações importantes e dependentes da temperatura na qual se inserem. As atividades das principais enzimas envolvidas neste processo são controladas por mecanismos alostéricos e modificações covalentes, que em temperaturas elevadas podem ser aceleradas e, em temperaturas baixas podem ser reduzidas ou cessadas. Portanto, a acidificação e a queda da temperatura das carcaças devem ser analisadas conjuntamente quando o objetivo é produzir carne de qualidade.

O processo de transformação de músculo em carne se diferencia muito dos processos fisiológicos de sistemas que buscam a homeostase. Pouco se conhece de alterações fisiológicas adaptativas em sistemas *post-mortem* e rotas relacionadas a apoptose. Entretanto, conhece-se que existe íntima relação entre o metabolismo das fibras musculares e a qualidade da carne.

## **2.2 Metabolismo glicolítico e exsudação**

Diferenças de pH, coloração e perdas por gotejamento de bifes após 24 horas do abate podem ser medidas e usadas para diferenciar grupos de qualidade. Em suínos, bifes pálidos, flácidos e exsudativos (PSE) ainda representam prejuízo à indústria (CANNON et al., 1996) apesar de inúmeros esforços científicos para solucionar o problema (KAUFFMAN et al., 1998; RYU; CHOI; KIM, 2005; WARNER; KAUFFMAN; GREASER, 1997). Alguns destes autores sugerem que além do grupo PSE, outro grupo (chamado RSE) merece destaque pelos prejuízos que causam à indústria, mesmo não apresentando palidez característica, têm grandes perdas por gotejamento e pH final baixos (WARNER; KAUFFMAN; GREASER, 1997). Bifes exsudativos e pálidos estão relacionados à desnaturação proteica sarcoplasmática e precipitação das proteínas miofibrilares (RYU; CHOI; KIM, 2005).

### **i. Tipos de fibras**

As fibras que compõem os músculos podem ser determinantes de sua coloração, sendo algumas representativas de metabolismo oxidativo, portanto mais vermelhas pela presença de mioglobina e mitocôndrias (tipo I) e outras de metabolismo glicolítico, brancas (tipo IIb). Existe também um grupo de fibras intermediário (IIa). As fibras contráteis com mecanismos predominantes de produção de energia metabolicamente distintos (aeróbico e anaeróbico) agrupam-se nos músculos de forma específica. As fibras de metabolismo mais lento e oxidativo são necessárias para manutenção da postura dos animais e são capazes de manter contrações mais longas, enquanto as fibras glicolíticas são eficientes em contrações mais rápidas e necessárias para movimentações ágeis, como durante a fuga de um predador. Agrupadas no músculo, em diferentes proporções, caracterizam a musculatura quanto seu metabolismo e definem sua cor. Além disto, existem descrições de uma distribuição mais abundante de fibras glicolíticas na parte externa do músculo e mais oxidativa na porção interna (TOTLAND; KRYVI; SLINDE, 1988; TAYLOR, 2004).

Durante os processos de transformação de músculo em carne, o padrão metabólico muscular de uso de energia define suas propriedades (MONIN; OUALI, 1992) e, conseqüente características de taxa de queda de pH durante o resfriamento. A queda acentuada de pH associada ao resfriamento lento provoca prejuízo ao processo de acidificação, sendo que uma possível explicação seria o aumento da contribuição de fibras IIb relacionado ao aumento da taxa metabólica e maior deterioração da carne, dependente da densidade e número total de fibras (RYU; KIM, 2005).

### **ii. Potencial Glicolítico**

As medidas de cor do lombo relacionam-se às fibras e seu potencial glicolítico, representado pela soma do conteúdo de glicogênio, glicose, glicose-6-fosfato e lactato (MONIN; SELLIER, 1985). Em modelos animais com mutações existe uma relação entre aumento do tamanho de fibras rápidas oxidativas e glicolíticas, tipo IIa (MALTIN et al., 1997) somado ao maior potencial glicolítico na forma de glicogênio (MONIN et al., 1987) e problemas com pH ácido e baixa capacidade de retenção de água em músculos considerados glicolíticos (LEROY et al., 2000). Alto potencial glicolítico promove presença de coloração mais amarela, palidez e maior acidificação (MEADUS; MacINNIS, 2000). Portanto, a qualidade do lombo é inversamente

proporcional ao seu potencial glicolítico (HAMILTON et al., 2003), que por sua vez está diretamente correlacionado com as medidas de luminosidade da carne (MÖELLER et al., 2003). Os níveis de glicose sanguínea no momento do abate e no exsudado da carne também estão relacionados com menores valores de pH, palidez e queda na retenção de água (CHOE et al., 2009).

### iii. Cor

A cor da carne pode ser mensurada de diferentes formas, de forma subjetiva através da avaliação por painel sensorial treinado ou de forma objetiva com auxílio de um equipamento, colorímetro, espectrofotômetro, ou traduzidas de uma fotografia digital por linguagem computacional (Computer Vision System). Além da relação direta que a cor do bife reflete sobre a decisão de compra ou rejeição da carne pelos consumidores, a investigação de alterações nas variáveis de cor pode fornecer importantes informações a respeito do processo de transformação de músculo em carne e os aspectos de exsudação.

Os colorímetros e espectrofotômetros disponíveis no mercado apresentam grande variação entre sistemas de cor (Hunter, CIE), iluminantes (A, C, D65) e ângulos de observação (2° ou 10°) (MANCINI; HUNT, 2005). A Comissão Internacional de Iluminação (CIE: Commission Internationale d'Éclairage) recomendou em 1976 a utilização da escala de cor CIE L\* a\* b\*, com o intuito de facilitar a comparação entre as variáveis de cor. Em um esquema tridimensional a escala que é representada por L\*, ou luminosidade, tem variação de valores entre 0 (preto) e 100 (branco), enquanto as variáveis a\* e b\* não têm escalas numéricas associadas. Em eixos perpendiculares à luminosidade, valores positivos de a\* representam a maior intensidade de vermelho e valores negativos, contribuição de verde; em outro eixo os valores positivos de b\* representam maior intensidade de amarelo e valores negativos, contribuição de azul (HunterLab). A cor final, visual, é uma combinação das variáveis de luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo.

Os padrões de cor do lombo suíno foram avaliados em diferentes equipamentos e com diferentes iluminantes e para os valores de luminosidade média do *Longissimus thoracis* não foram observadas diferenças entre os iluminantes C ou D65 (BREWER et al., 2001).

#### iv. Dupla tonalidade

Em um mesmo bife localizações anatômicas específicas podem apresentar diferenças de coloração, fato que provoca rejeição por parte dos consumidores. Traçando um paralelo é possível verificar que o problema de dupla tonalidade tem uma incidência maior quando comparamos com a incidência de PSE: 12,7% e 10,2%, respectivamente (CANNON et al, 1996). Presença de dupla tonalidade devido a diferenças de pH em um mesmo músculo continuam a ser uma preocupação da indústria (PRUSA; FEDLER, 2004). A percepção da ocorrência não é recente e parece não estar associada ao peso de abate, sexo dos animais, comprimento de carcaça ou sua composição, nem tampouco com a área de olho de lombo (SELF; BRAY; REIERSON, 1957).

As razões para o aparecimento de dupla tonalidade não parecem completamente elucidadas. Todavia, os estudos parecem apontar para o perfil de fibras e potencial glicolítico diferenciado dentro do próprio músculo. Esta possibilidade é reforçada pela maneira como ocorre a miogênese, ou formação das fibras musculares, obedecendo a uma ordem natural de aparecimento de lentas e oxidativas seguidas das rápidas e glicolíticas, resultando em um músculo com proporções de diferentes tipos de fibras. Essa transição acontece conforme o crescimento animal, porém as necessidades fisiológicas determinarão suas diferentes proporções.

Já está estabelecido que a divisão das fibras em agrupamentos não é aleatória e que existe um espaçamento mínimo entre os grupos de fibras primárias, lentas, determinadas pela miogênese (FONSECA et al., 2003). Porém, não são encontrados relatos quanto possíveis modificações nestes espaçamentos provocadas pela presença de gene halotano ou sistemas de criação. A seleção de raças e a alimentação materna durante a gestação parecem ser estratégias para modificar tais espaçamentos (JI et al., 1998). Portanto, existe a possibilidade de uma maior proximidade entre os grupos de fibras primárias resultar em bifes mais escuros, enquanto a distribuição desigual desses grupos também acarretar em formação de regiões com maior proporção de fibras mais escuras em detrimento a outras regiões que ficariam mais claras. Dessa forma, regiões com maiores proporções de fibras glicolíticas, mais claras, com metabolismo rápido, em presença de glicogênio suficiente, têm potencial para queda acentuada de pH e menor retenção de água, determinando as características do bife.

## 2.3 Genética e ambiente

Animais portadores do gene halotano relacionam-se diretamente com maior incidência de carne pálida, exsudativa e com valores de pH baixos. Porém, o pH final pode não ser determinado pelo gene, que atua acelerando a glicólise e portanto atingindo pH ácidos mais cedo, o que determina a carne mais pálida e exsudativa (MONIN; SELIER, 1985).

Na presença do gene halotano, algumas tentativas de se contornar a ocorrência de PSE foram estudadas, por exemplo, através de métodos *post-mortem* de injeção de bicarbonato de sódio e cloreto de sódio para solucionar os problemas de coloração, pH e perdas por gotejamento, que refletiram positivamente na suculência e sabor da carne (KAUFFMAN et al., 1998). Outra tentativa seria através da manipulação genética para reduzir o conteúdo de glicogênio muscular em programas de seleção (LARZUL et al., 1999).

Além da genética, o ambiente influencia as características dos músculos de suínos. Muitos estudos falharam ao tentar separar problemas genéticos (síndrome do estresse suíno) daqueles causados durante o manejo pré-abate, abate e resfriamento (BENDALL; SWATLAND, 1988).

O sistema de criação influencia a composição das fibras musculares, sendo que animais criados extensivamente têm maior contribuição de fibras IIa e menor IIb quando comparados aos criados confinados (GENTRY et al., 2004). Nesse caso, a adaptação às necessidades fisiológicas determina o metabolismo muscular, a coloração dos bifes e potencialmente a capacidade de retenção de água.

## 2.4 Resfriamento

Após o abate as carcaças são encaminhadas para o resfriamento. A queda da temperatura e os processos proteolíticos musculares estão intimamente relacionados, sendo que a taxa de queda de pH acentuada a uma temperatura alta provocam prejuízos ao processo (BORCHERT; BRISKEY, 1965). O resfriamento lento provoca aumento nas perdas por gotejamento (NGAPO et al., 1999a). Quando comparados os resfriamentos lento e rápido, o músculo *Longissimus dorsi* apresenta desnaturação protéica 2,5 vezes mais acentuada ao ser resfriado lentamente (BERTRAM et al., 2001).



O rápido resfriamento, seguido do congelamento da carne e posterior descongelamento lento parece não provocar alteração às estruturas celulares (NGAPO et al., 1999b) e está relacionado ao menor acúmulo de água no espaço extra-miofibrilar (BERTRAM; KARLSSON; ANDERSEN, 2003).

As enzimas relacionadas à proteólise têm sua funcionalidade modificada pela queda da temperatura e sua atividade é determinante da extensão proteolítica. Em condições nas quais o resfriamento é gradual há substrato suficiente para a atividade enzimática ocorrer, a acidificação é consequência. A atividade enzimática pode ser reduzida por temperaturas baixas e, conseqüentemente, o processo de acidificação. Dessa forma, o resfriamento acelerado de carcaças suínas pode ser utilizado para melhorar a qualidade do lombo (SPRINGER et al., 2003), proporcionando uma taxa de queda de pH ajustada a queda de temperatura, com uma proteólise adequada e reduzindo a formação dos canais de gotejamento. Menores perdas de água por gotejamento estão correlacionadas com menores valores de luminosidade, que também pode ser influenciada pelos processos de oxidação.

## **2.5 Oxidação**

A cor é determinada principalmente pela mioglobina, proteína muscular solúvel formada por 8 estruturas em alfa-hélices com resíduos de histidina e grupamento heme (ferro), que em presença de oxigênio é oxidado e a cor é modificada (MANCINI; HUNT, 2005). A instabilidade da mioglobina em presença de oxigênio ocorre espontaneamente e impedir sua oxidação é difícil. Tecnologias de embalagens com atmosfera modificada têm sido testadas para a manutenção da vida de prateleira dos produtos cárneos, na tentativa de estabilizar a cor (JAKOBSEN; BERTELSEN, 2000; KRAUSE et al., 2003).

A carne *in natura* apresenta uma coloração vermelha púrpura, logo após o corte, conferida pela forma do pigmento na condição de deoximioglobina. Imediatamente inicia-se uma oxigenação da mioglobina à oximioglobina e depois uma oxidação à metamioglobina. Após a penetração do oxigênio no bife, com o aumento do tempo de exposição, a coloração inicial é modificada e é dependente da temperatura da carne, da pressão parcial do oxigênio, pH e competição por oxigênio requerido em outros processos (MANCINI; HUNT, 2005).

O conteúdo de mioglobina varia entre raças suínas (WARRIS et al., 1990), e entre músculos de diferentes perfis metabólicos, de tal maneira que músculos oxidativos têm maior quantidade de mioglobina que músculos glicolíticos (BEECHER et al., 1965; BEECHER et al., 1969). Além disto, a proporção relativa de deoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina afetam a tonalidade (ângulo Hue) da carne suína. Carnes vermelhas claras estão relacionadas a oximioglobina, enquanto a cor definida por uma contribuição maior de deoximioglobina e metamioglobina é de uma carne rósea mais acinzentada e amarronzada.

A estabilidade de cor da carne de suínos, bovinos e ovinos, definida pela proporção das diferentes formas do pigmento mioglobina, parece estar relacionada com o balanço entre a taxa de consumo de oxigênio e capacidade redutora da metamioglobina (ATKINSON; FOLLETT, 1973).

O músculo *Longissimus dorsi* no processo de transformação a lombo suíno, proteína animal de importante valor comercial, está suscetível a apresentar inconsistência de tonalidade, mesmo sem apresentar problemas relacionados ao pH final ou a coloração média. Essa inconsistência pode ser determinante de altas perdas por gotejamento e inviabilizar a comercialização dos bifos ou intensificar a rejeição a carne suína.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo dois ensaios complementares foram conduzidos, sendo o primeiro para avaliar o comportamento das diferenças entre posições na superfície do lombo suíno e sua relação com as perdas por gotejamento, com amostragem no varejo local da cidade de Piracicaba (ensaio 1); o segundo ensaio (ensaio 2), realizado em abatedouro experimental, acrescenta ao primeiro a glicemia no momento do abate como potencial determinante da coloração e da capacidade de retenção de água do lombo suíno. Os ensaios foram conduzidos separada e sucessivamente.

#### 3.1 Ensaio 1

##### a) Amostras

Dezenove amostras aleatórias de lombo suíno com espessura de 2,5 cm, localizadas entre a oitava e décima primeira costelas, coletadas às 24-36 horas *post-mortem* e provenientes de diferentes meias-carcaças direitas, foram adquiridas no varejo da cidade de Piracicaba, São Paulo. Os bifes foram refrigerados e transportados para o Laboratório de Anatomia e Fisiologia Animal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (LFA/ESALQ/USP).

##### b) Medidas de cor

A avaliação da cor objetiva dos bifes foi realizada de acordo com o sistema de avaliação CIELab em diferentes posições do bife (Figura 1) utilizando um colorímetro (Minolta CR 400) com 0,8 cm de abertura, calibrado para o iluminante C e ângulo 2°. O tempo para as leituras de cor situou-se entre 1 e 2 horas de exposição dos bifes ao oxigênio em temperatura ambiente por volta de 21 °C. Foram calculados os valores para a determinação de Chroma (C) e ângulo Hue (H) (BREWER et al., 2001) de acordo com as fórmulas:  $C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$  e  $H = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ .

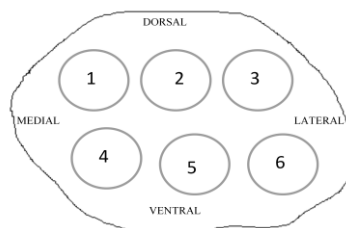


Figura 1 – Esquema ilustrativo das posições anatômicas no bife (corte transversal do músculo *Longissimus*) para medição objetiva dos parâmetros de cor

### **c) Absorção em papel de filtro**

Cilindros de papel filtro com 2,5 cm de diâmetro foram cortados e colocados ao mesmo tempo sob a superfície de cada bife (KAUFFMAN et al., 1998), como uma avaliação indireta da capacidade de retenção de água. Após 20 minutos, ou até que um dos cilindros tivesse toda área coberta por líquido absorvido, os cilindros foram retirados na mesma ordem com a qual foram colocados nos bifés. Os resultados são expressos em diferenças percentuais dos pesos anteriores e posteriores à absorção.

### **d) Perda por gotejamento**

Para a determinação indireta da capacidade de retenção de água, foram determinadas as perdas por gotejamento de cada bife, padronizados (100 g, sem contribuição de gordura e/ou tecido conjuntivo) e envoltos em embalagens plásticas reticuladas e suspensas no interior de embalagens plásticas (HONIKEL; HAMM, 1994). O conjunto foi mantido em câmara fria à temperatura de 4 °C, mantendo o exsudado sem contato com a carne. Foram determinados os pesos às 48 horas e às 72 horas após leitura dos variáveis de cor e calculadas as perdas de peso percentuais. A pesagem às 72 horas foi feita nas mesmas amostras, após 24 horas da pesagem às 48 horas.

### **e) Análise estatística**

A análise de variância foi realizada segundo procedimento GLM (“General Linear Model”; SAS 9.2-STATISTICS ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE, 2002). Quando houve efeito significativo entre as posições ( $P < 0,05$ ), as médias ajustadas foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey com  $\alpha < 0,05$ .

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

em que:  $Y_{ij}$  é a observação  $j$  na posição  $i$ ;  $\mu$  é a média geral;  $P_i$  é o efeito na posição  $i$ ;  $e_{ij}$  é o erro experimental.

Avaliação das frequências dos dados de luminosidade foi feita com médias das posições combinadas em regiões, utilizando PROC FREQ do pacote estatístico SAS 9.2 (SAS, 2002), assim como a correlação de PEARSON, para todos os parâmetros.

### **3.2 Ensaio 2**

#### **a) Animais**

Foram utilizados 25 animais da linhagem Pen Ar Lan que pertenciam à Prefeitura do Campus da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo na cidade de Pirassununga. A coleta das amostras foi realizada nas dependências do abatedouro experimental da mesma unidade, que atua sob o Serviço de Inspeção Estadual (SISP), pelas normas propostas pela Resolução n.º 24 (RAA 24; 01/08/1994) da Secretaria de Agropecuária e Abastecimento.

#### **b) Glicemia sanguínea**

Coleta de sangue no momento da sangria foi feita para a determinação da glicemia sanguínea, através da utilização de aparelho para testar a glicemia humana (Accu Chek®). Foram selecionados animais com faixas glicêmicas extremas, em dois grupos distintos: 12 animais em faixa considerada alta, acima de  $120 \text{ mg.dL}^{-1}$  ( $134,5 \pm 5,3$ ), e 13 em faixa considerada normal, abaixo de  $80 \text{ mg.dL}^{-1}$  ( $74,8 \pm 2,0$ ). As faixas procuram prever situações potencialmente diferentes para o processo de acidificação da carne (CHOE et al. 2009).

#### **c) Temperatura**

A temperatura das carcaças foi mensurada utilizando um termômetro de penetração, 2 horas após a sangria dos animais.

#### **d) Variáveis de cor**

Após as observações feitas no ensaio 1, modificações na realização das medidas de cor foram feitas. Dessa forma, para a realização deste segundo ensaio, apenas três medidas dos variáveis de cor foram realizadas nas localizações lateral, intermediária e medial. Amostras de lombo suíno proveniente de meias-carcaças direita, entre a décima e décima primeira costelas, com 2,5 cm de espessura foram coletadas às 24 horas *post-mortem* e transportadas ao Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade da Carne da Faculdade de Zootecnia e Engenharia dos Alimentos, da Universidade de São Paulo (LAAQC/FZEA/USP). As leituras foram feitas com auxílio do mesmo colorímetro (Minolta CR 400) e padrões determinados para o ensaio 1.

#### **e) Absorção em papel filtro**

Nas três posições nas quais as variáveis de cor foram mensuradas foi realizada também a absorção em papel filtro. Para tanto, os cilindros de papel de mesmas

dimensões e o mesmo procedimento realizado no ensaio 1 foram repetidos, mas desta vez ao invés de 1 cilindro por bife, eram colocados 3 cilindros por bife.

#### **f) Perda por gotejamento**

A determinação das perdas por gotejamento do bife (HONIKEL; HAMM, 1994) foi adaptada para as três regiões nas quais foram avaliadas as variáveis de cor. Para tanto, foi retirado um cilindro em cada localização anatômica do bife, com auxílio de um vazador, pesado e colocado no interior da bolsa reticulada envolta em saco plástico. Após 48 horas de gotejamento foram pesados novamente para determinação das perdas percentuais por gotejamento às 48 horas em cada localização. Seguidas 24 horas, as mesmas amostras foram pesadas e as perdas por gotejamento às 72 horas determinadas.

#### **g) Glicose no exsudado**

As concentrações de glicose no exsudado foram determinadas concomitantemente às perdas por gotejamento às 48 horas, com coleta de parte do exsudado para quantificação com auxílio do aparelho para teste de glicemia humana (Accu Chek<sup>®</sup>; HAMILTON et al., 2003).

#### **h) Análise estatística**

Para avaliação dos dados o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 2 (níveis de glicemia plasmática) x 3 (regiões anatômicas no bife) com 12 repetições para alta glicemia e 13 repetições para glicemia normal. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + R_j + (G \cdot R)_{ij} + T_k + e_{ijkl}$$

em que:  $Y_{ijk}$  é a observação  $k$  no nível  $i$  do fator  $G$  (glicemia) e no nível  $j$  do fator  $R$  (região);  $\mu$  é a média geral;  $G_i$  é o efeito do nível  $i$  do fator  $G$ ;  $R_j$  é o efeito do nível  $j$  do fator  $R$ ;  $(G \cdot R)_{ij}$  é o efeito da interação do nível  $i$  do fator  $G$  e do nível  $j$  do fator  $R$ ;  $T$  é o efeito da temperatura no nível  $k$ , utilizada como covariável no modelo;  $e_{ijkl}$  é o erro experimental.

A análise de variância foi realizada segundo procedimento GLM ("General Linear Model") do pacote estatístico SAS 9.2 (STATISTICS ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE - SAS, 2002). Quando houve efeito significativo dos níveis de glicemia ou das regiões avaliadas ( $P < 0,05$ ), as médias ajustadas foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey com  $\alpha < 0,05$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ensaio 1

O estudo conduzido com número reduzido de bifes (19) pode ter influenciado na grande amplitude (44,05 a 55,58) dos resultados de luminosidade ( $L^*$ ) média dos bifes, com 21% das amostras apresentando leituras acima de 50,79, acima do limite para carne pálida e exudativa (WARNER et al., 1997). Além disso, embora 84% possam ser classificadas como bifes de coloração rósea, com  $L^*$  entre 42,00 e 50,00, também há presença entre estas amostras algumas que podem ser classificadas como macias e exsudativas (RSE), quando as perdas por gotejamento são consideradas (Figura 2). A ocorrência de lombo suíno macio e exsudativo está acima de 10%, valor que poderia ser esperado pela indústria. Entretanto, por ter sido uma amostragem aleatória, é preciso um levantamento mais abrangente para confirmar esta heterogeneidade e ocorrência elevada de carne apresentando problema de coloração.

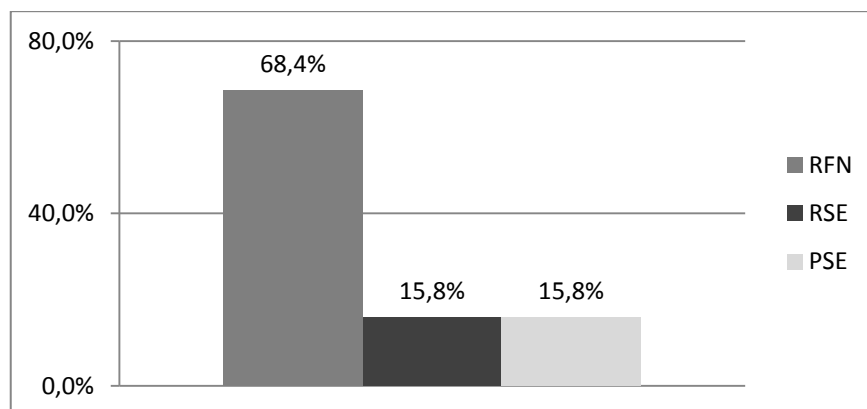


Figura 2 – Ocorrência de bifes de lombo suíno amostrados no varejo de Piracicaba-SP de acordo com classificação proposta por Warner et al. (1997): RFN – Reddish-pink, Firm, Non-exudative ( $L^*$  42-50, perda por gotejamento-ppg<5%); RSE – Reddish-pink, Soft, Exudative ( $L^*$  42-50, ppg>5%); PSE – Pale, Soft, Exudative ( $L^*$ >50, ppg>5%)

As medidas objetivas de cor podem ser feitas em diversas posições da face do bife de lombo suíno. A representação da coloração do bife pode ser mais fiel quanto maior for o número de medidas realizadas combinado à melhor escolha das posições anatômicas onde serão realizadas as leituras (MANCINI; HUNT, 2005). Para este estudo os coeficientes de correlação entre os valores de  $L^*$  médio das leituras em todas as posições no bife e as perdas por gotejamento foram baixos quando comparados aos coeficientes de  $L^*$  em determinadas posições (Tabela 1).



A média de  $L^*$  nas posições 5 e 6 teve maior correlação positiva com  $L^*$  médio e mediano obtido pelas leituras em todas as posições do bife (Figura 3). A média de  $L^*$  nestas duas posições também teve maior correlação com perdas por gotejamento às 48 e 72 horas (Figura 4). Essas correlações são maiores quando as posições 5 e 6 estão envolvidas nas médias de  $L^*$ . Essas observações indicam que as leituras altas de  $L^*$  nesta região podem estar mais relacionadas à exsudação em lombo suíno. Por outro lado, não foi observada diferença entre as regiões e as médias para intensidade de vermelho ( $a^*$ ) ou intensidade de amarelo ( $b^*$ ).

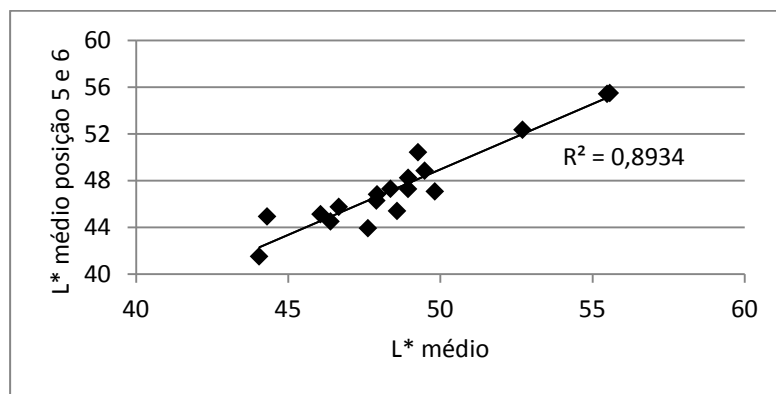


Figura 3 – Correlação entre valores de  $L^*$  médio e média dos valores de  $L^*$  nas posições 5 e 6 da superfície de bifes de lombo suíno amostrados no varejo da cidade de Piracicaba, SP

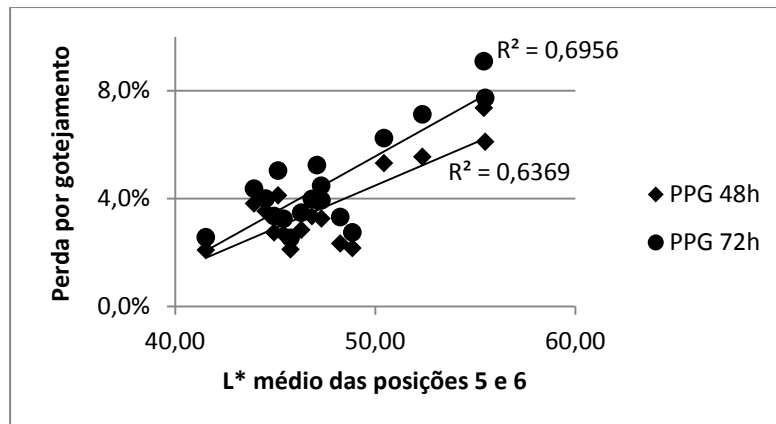


Figura 4 – Correlações entre  $L^*$  médio das posições 5 e 6 com as perdas por gotejamento as 48 e 72 horas (24 horas após a medida às 48 horas) na superfície de bifes de lombo suíno amostrados no varejo da cidade de Piracicaba, SP

Tabela 1 – Correlações<sup>†</sup> entre as medidas objetivas de luminosidade (L\*) em diferentes regiões do bife, perda por gotejamento (PPG) e tonalidade (ângulo Hue) no lombo suíno proveniente do varejo de Piracicaba, SP

	L* médio	PPG 48h	PPG 72h	L* mediano	Hue	
PPG 48h	0,76	-	-	-	-	
PPG 72h	0,80	0,99	-	-	-	
L* mediano	0,98	0,80	0,83	-	-	
Hue	0,79	0,56	0,60	0,80	-	
L*	p2-p5 <sup>q</sup>	0,87	0,62	0,66	0,85	0,70
	p1-p4 <sup>r</sup>	0,76	0,65	0,71	0,70	0,53
	p3-p6 <sup>s</sup>	0,91	0,65	0,68	0,92	0,75
	p1-p2 <sup>t</sup>	0,79	0,64	0,68	0,77	NS <sup>+</sup>
	p2-p3 <sup>u</sup>	0,83	0,53	0,55	0,83	0,73
	p4-p5 <sup>v</sup>	0,89	0,69	0,74	0,83	0,80
	p5-p6 <sup>x</sup>	0,95	0,80	0,83	0,93	0,71

<sup>†</sup>Significativas (P<0,02); <sup>+</sup>NS: não significativas (P>0,05); luminosidades médias nas regiões <sup>q</sup>p2-p5: posições 2 e 5; <sup>r</sup>p1-p4: posições 1 e 4; <sup>s</sup>p3-p6: posições 3 e 6; <sup>t</sup>p1-p2: posições 1 e 2; <sup>u</sup>p2-p3: posições 2 e 3; <sup>v</sup>p4-p5: posições 4 e 5; <sup>x</sup>p5-p6: posições 5 e 6

O ângulo Hue médio foi outra variável que apresentou correlações significativas com L\* e perdas por gotejamento nos dois tempos. No entanto, os ângulos Hue tiveram menores correlações com as perdas por gotejamento nos dois tempos, L\* médio e mediano quando comparados ao L\* médio para as regiões que consideram as posições 5 ou 6 (Tabela 1). O ângulo Hue tem menor ou não-significativa correlação com L\* médio para regiões que incluem a posição 1.

A correlação fraca entre o ângulo Hue e L\* médio é inconstante e depende da região na qual é feita a leitura (Tabela 2). Mais uma vez a média da região formada pelas posições 5 e 6 teve a maior correlação com L\* e as perdas por gotejamento. Maiores valores de L\*, maior maciez e maior exsudação são aspectos que, associados à taxa de queda de pH e temperatura, refletem em problemas para a qualidade do lombo suíno (HAMMELMAN et al., 2003). Para algumas regiões não foram observadas correlações significativas entre ângulo Hue e perdas por gotejamento, especialmente para aquelas regiões que incluem a posição 1.

As maiores correlações positivas entre as leituras de L\* e ângulo Hue médias das posições 5 e 6, assim como entre essas leituras com as perdas por gotejamento, indicam que essa região está com mais luminosa, menos vermelha e mais amarela com aumento de perdas por gotejamento. Existe um comportamento diferenciado de L\* e ângulo Hue de acordo com as posições. Tal fato pode ser o responsável pela

percepção visual de desuniformidade na coloração do bife, que pode ser classificada como dupla tonalidade. A coloração rósea intensa está alta e negativamente correlacionada com  $L^*$  e ângulo Hue (BREWER et al., 2001).

Tabela 2 - Correlações<sup>†</sup> entre as medidas de tonalidade (Hue) em diferentes regiões do bife, luminosidade ( $L^*$  médio) e perdas por gotejamento (PPG) as 48 e 72 horas no lombo suíno proveniente do varejo de Piracicaba, SP

	$L^*$ médio	PPG 48h	PPG 72h	
Hue	p2-p5 <sup>q</sup>	0,66	0,52	0,57
	p1-p4 <sup>r</sup>	0,51	NS <sup>+</sup>	0,56
	p3-p6 <sup>s</sup>	0,71	0,47	NS
	p1-p2 <sup>t</sup>	0,48	NS	0,48
	p2-p3 <sup>u</sup>	0,56	NS	NS
	p4-p5 <sup>v</sup>	0,55	NS	0,55
	p5-p6 <sup>x</sup>	0,77	0,69	0,72

<sup>†</sup>Significativas ( $P < 0,02$ ); <sup>+</sup>NS: não-significativas ( $P > 0,05$ ); Média de Hue para as regiões <sup>q</sup>p2-p5: posições 2 e 5; <sup>r</sup>p1-p4: posições 1 e 4; <sup>s</sup>p3-p6: posições 3 e 6; <sup>t</sup>p1-p2: posições 1 e 2; <sup>u</sup>p2-p3: posições 2 e 3; <sup>v</sup>p4-p5: posições 4 e 5; <sup>x</sup>p5-p6: posições 5 e 6

Alta correlação positiva encontrada entre as medidas de perda por gotejamento em diferentes tempos demonstram que às 48 horas é possível prever grandes perdas que ocorrerão às 72 horas (Figura 5).

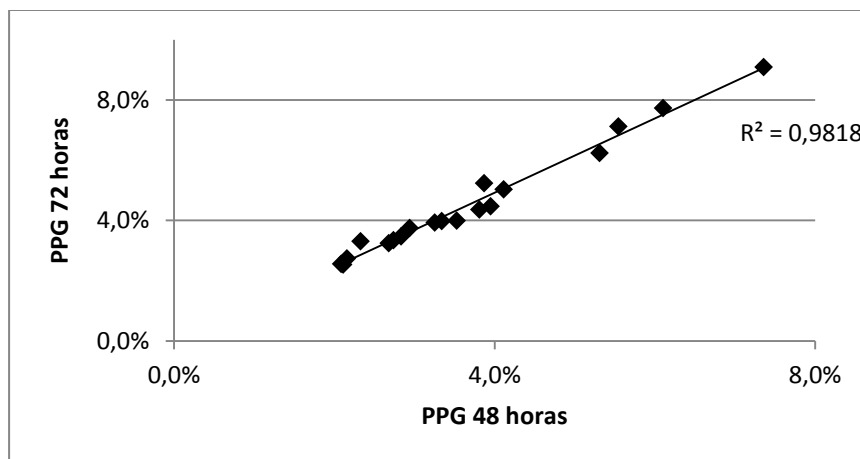


Figura 5 – Correlação entre valores de perdas por gotejamento as 48 e 72 horas (24 horas após a medida às 48 horas) de bifes de lombo suíno do varejo de Piracicaba, SP

O parâmetro Chroma e a absorção do papel filtro não foram efetivos em prever as perdas por gotejamento em nenhum dos tempos avaliados ou regiões amostradas.

Embora não foram observadas diferenças para os parâmetros de cor nas diferentes posições (Tabela 3), a frequência observada para a ocorrência de valores de luminosidade alta na região formada pelas posições 5 e 6 aproxima-se da frequência para bifes com palidez e exsudação excessiva (Tabela 4). Portanto, apesar da baixa ocorrência de valores de L\* altos para a região ventro-lateral para este estudo, quando ocorre está associada às perdas por gotejamento. Por outro lado, quando os valores de L\* altos ocorrem em outra região anatômica, como a dorso-medial, não é observada associação com as perdas por gotejamento.

Tabela 3 – Luminosidade (L\*), intensidade de vermelho (a\*), intensidade de amarelo (b\*), ângulo Hue e Chroma em diferentes posições anatômicas do lombo suíno proveniente do varejo de Piracicaba, SP

Posição	L*	a*	b*	Hue	Chroma
1	48,07 (1,02)	8,42 (0,38)	2,82 (0,22)	18,32 (1,07)	8,90 (0,41)
2	47,15 (0,99)	9,03 (0,59)	3,18 (0,30)	18,97 (1,40)	9,61 (0,62)
3	49,06 (1,07)	9,01 (0,63)	3,54 (0,45)	20,25 (1,74)	9,75 (0,73)
4	48,33 (1,19)	8,40 (0,36)	3,04 (0,37)	18,89 (1,67)	9,00 (0,45)
5	50,95 (0,84)	7,61 (0,40)	3,36 (0,27)	23,48 (1,22)	8,35 (0,45)
6	49,46 (0,84)	8,44 (0,39)	3,42 (0,21)	22,40 (1,09)	9,15 (0,45)

<sup>l</sup>valores entre parênteses: desvio padrão

Tabela 4 – Contagem e frequência dos valores de luminosidade (L\*) nas regiões da superfície do lombo suíno proveniente do varejo de Piracicaba, SP

L*		p2-p5 <sup>q</sup>	p1-p4 <sup>r</sup>	p3-p6 <sup>s</sup>	p1-p2 <sup>t</sup>	p2-p3 <sup>u</sup>	p4-p5 <sup>v</sup>	p5-p6 <sup>x</sup>
>50	Contagem	8	7	5	9	10	5	4
	Frequência (%)	42,11	36,84	26,32	47,37	52,63	26,32	22,22
42-50	Contagem	11	12	14	10	9	14	14
	Frequência (%)	57,89	63,16	73,68	52,63	47,37	73,68	77,78

Média de L\* para as regiões <sup>q</sup>p2-p5: posições 2 e 5; <sup>r</sup>p1-p4: posições 1 e 4; <sup>s</sup>p3-p6: posições 3 e 6; <sup>t</sup>p1-p2: posições 1 e 2; <sup>u</sup>p2-p3: posições 2 e 3; <sup>v</sup>p4-p5: posições 4 e 5; <sup>x</sup>p5-p6: posições 5 e 6

### Considerações parciais

As mudanças nas medidas objetivas de luminosidade (L\*) amostradas na posição ventro-lateral (união entre as posições 5 e 6) do lombo refletem os valores para L\* médio e mediano obtidos através da amostragem em toda a superfície do bife. As perdas por gotejamento em diferentes tempos persistem em ritmo uniforme até 72 horas, e podem ser estimadas pelas medidas de L\* médio, mediano e na posição ventro-lateral. Chroma e absorção no papel filtro não puderam ser utilizados para

predizer as perdas por gotejamento. As regiões em um mesmo bife têm respostas potencialmente diferentes sob mesmas condições de resfriamento.

## 4.2 Ensaio 2

Não houve interação entre os fatores glicemia e as regiões anatômicas do bife de lombo suíno. As perdas por gotejamento diferiram ( $P < 0,01$ ) entre os grupos de glicemia plasmática alta e normal, sendo que maiores perdas foram observadas no primeiro quando comparado ao segundo ( $9,6 \pm 0,4$  vs  $7,9 \pm 0,4$  g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente).

A avaliação de perda por gotejamento às 72 horas reflete que, apesar de menores, são observadas diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os grupos glicêmicos e corroboram com a observação do ensaio 1 a respeito do comportamento crescente e uniforme entre as medidas de 48 e 72 horas. O grupo com maiores valores de glicemia continuaram a apresentar perdas elevadas em comparação ao grupo de glicemia considerada normal no momento da sangria ( $12,1 \pm 1,0$  vs  $10,2 \pm 1,0$  g.100g<sup>-1</sup>).

Os resultados obtidos para perda por gotejamento colocariam ambos os grupos em categorias de PSE ou RSE, segundo classificação por Warner et al. (1997), por apresentarem valores superiores a cinco por cento (5%). A condição de resfriamento considerada inadequada do ponto de vista técnico, em que as carcaças permaneceram em temperatura ambiente por 4 horas após o abate, propiciou uma elevada perda de água. A temperatura foi um fator significativo ( $P < 0,05$ ) para determinação das perdas por gotejamento, os valores de L\* e a concentração de glicose no exsudado. O grupo de glicemia alta teve média de temperatura das carcaças às 2 horas de  $29,75 \pm 0,93$  °C versus  $28,08 \pm 0,89$  °C para o grupo de glicemia normal. A redução adequada da temperatura através do resfriamento acelerado de carcaças suínas é uma técnica que pode ser utilizada para melhorar a qualidade do lombo, atuando na redução das perdas por gotejamento (SPRINGER et al., 2003). Não obstante, pode ter sido esta mesma condição que permitiu a diferenciação entre os grupos quanto às perdas por gotejamento. As diferenças em perda por gotejamento, em níveis modestos, foram observadas apenas entre grupo de animais com diferenças muito maiores no nível glicêmico (CHOE et al., 2009).

As perdas por gotejamento diferiram ( $P < 0,05$ ) às 48 horas entre as regiões anatômicas, com maiores perdas observadas na região intermediária do grupo de glicemia alta quando comparado com a região medial do grupo de glicemia normal (Tabela 5). As perdas por gotejamento das regiões intermediária e lateral não diferiram ( $P = 0,54$ ) assim como as regiões lateral e medial ( $P = 0,21$ ). Para as perdas por gotejamento às 72 horas, não foram observadas diferenças ( $P \geq 0,07$ ) entre as regiões avaliadas.

A absorção em papel filtro diferiu ( $P < 0,01$ ) entre os grupos glicêmicos, sendo maior a absorção para animais com alta glicemia quando comparados aos de glicemia normal ( $4,0 \pm 0,5$ ;  $2,4 \pm 0,3 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , respectivamente). Para as regiões não foram observadas diferenças quanto à absorção em papel filtro (Tabela 5).

Tabela 5 – Perdas por gotejamento (PPG), absorção de exsudado em papel filtro (Filtro) e glicose no exsudado (GE) de acordo com três regiões anatômicas no lombo suíno de dois grupos de glicemia plasmática no abate, amostrado em abatedouro experimental

		PPG 48h	PPG 72h	Filtro	GE
	Região	( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	( $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ )
ALTA <sup>†</sup>	Lateral	9,0 <sup>ab</sup> (0,6) <sup>†</sup>	12,0 (0,8)	5,0 (1,1)	262,92 (27,96)
	Intermed.	11,0 <sup>a</sup> (0,8)	13,0 (0,8)	5,0 (0,8)	252,42 (20,48)
	Medial	8,0 <sup>ab</sup> (0,8)	11,0 (1,0)	2,0 (0,5)	196,36 (26,88)
NORMAL <sup>§</sup>	Lateral	9,0 <sup>ab</sup> (0,6)	11,0 (0,9)	3,0 (0,6)	316,77 (30,11)
	Intermed.	9,0 <sup>ab</sup> (0,8)	11,0 (0,9)	2,0 (0,4)	278,50 (37,97)
	Medial	7,0 <sup>b</sup> (0,9)	9,0 (0,9)	3,0 (0,8)	217,82 (34,33)

<sup>†</sup>valores entre parênteses: erro-padrão; <sup>†</sup>Alta: glicemia sanguínea acima de  $120 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$  ( $134,5 \pm 5,3$ ); <sup>§</sup>Normal: glicemia sanguínea considerada normal ou abaixo de  $80 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$  ( $74,8 \pm 2,0$ ); <sup>a,b</sup>médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ( $P > 0,05$ )

A concentração de glicose no exsudado não diferiu ( $P = 0,39$ ) entre os grupos glicêmicos. Estes resultados corroboram com o impacto direto da disponibilidade de glicose plasmática com a concentração de glicose no exsudado sendo reflexo do potencial glicolítico muscular, que é resultado dos conteúdos de glicose, glicogênio e lactato (MONIN; SELLIER, 1985). Correlação alta e positiva entre a concentração de glicose no exsudado e o potencial glicolítico *post-mortem* foi reportada, e está negativamente correlacionada à qualidade da carne (HAMILTON et al., 2003).

Por outro lado, a concentração de glicose no exsudado foi diferente entre as regiões ( $P < 0,05$ ). A região lateral apresentou maior concentração de glicose no exsudado quando comparada à medial ( $290,92 \pm 20,93$  vs  $207,09 \pm 21,44 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ,

respectivamente), mas não diferiu ( $P=0,71$ ) da região intermediária ( $265,46 \pm 21,27$  mg.dL<sup>-1</sup>). A última teve a mesma concentração de glicose no exsudado que a região medial ( $P=0,15$ ).

Para as variáveis de cor não foram observadas diferenças entre os grupos de glicemias alta e normal, mas existem diferenças ( $P<0,05$ ) quanto às regiões no mesmo bife. Valores de  $L^*$  na região intermediária do grupo de glicemia alta são maiores do que na região medial do grupo de glicemia normal (Tabela 6). Quando comparadas as regiões lateral e medial não foram observadas diferenças quanto à luminosidade ( $P=0,30$ ). Para grupos glicêmicos semelhantes (135 vs 88 mg.dL<sup>-1</sup>) não foram encontradas diferenças entre as luminosidades ou contribuição da fibra tipo IIb para a área muscular total, enquanto para nível glicêmico maior (231 mg.dL<sup>-1</sup>) foram encontrados maiores valores para estas características (CHOE et al., 2009).

Luminosidade e absorção do exsudado pelo papel filtro apontam para o efeito marcante do nível glicêmico na coloração da superfície do lombo e exsudação. A maior perda por gotejamento associada ao altos valores de  $L^*$  para a região intermediária do grupo alta glicemia pode ser reflexo do potencial glicolítico determinado pelo perfil fibrilar, que difere na capacidade de estocar glicogênio após estresse agudo. Músculos com maior contribuição de fibras rápidas, glicolíticas e brancas estocam glicogênio de lactato mais rapidamente após exercício (McLANE; HOLLLOSZY, 1978). Além disso, essas fibras têm maior concentração de glicogênio após descanso, são metabolicamente melhor equipadas para utilização anaeróbica de glicogênio e glicólise mais rápida que as fibras lentas e oxidativas (KLONT; BROOCKS; EIKELENBOOM, 1998). Por outro lado, as fibras lentas e oxidativas são mais responsivas à insulina (SONG et al., 1999) e pode aumentar a incorporação de glicose e sua disponibilidade para maior síntese de glicogênio (JAMES et al., 1985), que são candidatos para alterar o potencial glicolítico. Essas respostas diferenciadas de acordo com o perfil de fibras podem ser a razão da importância da distribuição do glicogênio no músculo e não sua concentração total na definição da qualidade da carne (HAMBRECHT et al., 2005).

Os valores de  $a^*$  para a região intermediária ( $6,68 \pm 0,25$ ) são menores ( $P<0,02$ ) que os valores observados para as regiões medial ( $7,68 \pm 0,24$ ) e lateral ( $7,69 \pm 0,27$ ). Essas diferenças estão associadas a diferenças entre a região intermediária dos animais de glicemia alta e as regiões lateral/medial dos animais de glicemia normal (Tabela 6).

Apesar dos resultados para  $L^*$  e  $a^*$  similares entre os grupos de glicemia, eles mostram comportamento diferenciado nas regiões anatômicas e na relação com capacidade e retenção de água e concentração de glicose no exsudado. A região intermediária contribui negativamente para a percepção geral da cor, porque ambas variáveis  $L^*$  (maior) e  $a^*$  (menor) corroboram com a palidez visual típica de carne classificada como PSE. Quando maiores valores de luminosidade estão associados a menores valores de intensidade de vermelho ocorre percepção visual de palidez para áreas do lombo suíno (HAMMELMAN et al., 2003). Além disso, a percepção visual da intensidade do vermelho tem correlação positiva com os valores de  $a^*$  (ZHU; BREWER, 1999). Por outro lado, não existe correlação significativa entre o valor de  $a^*$  e a percepção visual da intensidade de vermelho quando o lombo é avaliado utilizando o Minolta com iluminante C (BREWER et al., 2001).

As variáveis  $b^*$  ( $3,47 \pm 0,48$ ), ângulo Hue ( $24,62 \pm 2,25$ ) e Chroma ( $8,17 \pm 0,51$ ) não diferem entre os grupos ou localizações.

Tabela 6 – Parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , ângulo Hue e Chroma de acordo com três regiões anatômicas avaliadas no mesmo bife de lombo suíno, em dois grupos de glicemia plasmática no abate

	Região	$L^{*u}$	$a^{*v}$	$b^{*x}$	Hue <sup>w</sup>	Chroma <sup>z</sup>
Alta <sup>#</sup>	Lateral	52,81 <sup>ab</sup> (1,65) <sup>†</sup>	7,46 <sup>ab</sup> (0,35)	3,53 (0,48)	24,03 (2,25)	8,32 (0,51)
	Interm.	56,15 <sup>a</sup> (1,20)	6,39 <sup>b</sup> (0,36)	3,32 (0,32)	26,95 (1,19)	7,22 (0,45)
	Medial	50,02 <sup>b</sup> (1,01)	7,44 <sup>ab</sup> (0,28)	2,97 (0,32)	21,20 (1,28)	8,03 (0,38)
Normal <sup>†</sup>	Lateral	52,81 <sup>ab</sup> (1,05)	7,90 <sup>a</sup> (0,40)	3,82 (0,33)	25,43 (1,10)	8,79 (0,49)
	Interm.	55,56 <sup>ab</sup> (1,55)	6,95 <sup>ab</sup> (0,35)	3,64 (0,35)	27,13 (1,62)	7,88 (0,44)
	Medial	51,81 <sup>b</sup> (1,65)	7,91 <sup>a</sup> (0,39)	3,47 (0,41)	22,83 (1,72)	8,69 (0,50)

<sup>†</sup>valores entre parênteses: erro padrão; <sup>u</sup> $L^*$ : luminosidade, escala de 0 (preto) a 100 (branco); <sup>v</sup> $a^*$ : intensidade de vermelho, números negativos = coloração verde, números positivos = coloração vermelha; <sup>x</sup> $b^*$ : intensidade de amarelo, números negativos = coloração azul, números positivos = coloração amarela; <sup>w</sup>Hue: ângulo Hue, medida de tonalidade; <sup>z</sup>Chroma: grau de concentração ou pureza da cor; <sup>#</sup>Alta: glicose plasmática acima de  $120 \text{ mg.dL}^{-1}$  ( $134,5 \pm 5,3$ ); <sup>†</sup>Normal: glicose plasmática abaixo de  $80 \text{ mg.dL}^{-1}$  ( $74,8 \pm 2,0$ ); <sup>a,b</sup>médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ( $L^*$ :  $P > 0,05$ ;  $a^*$   $P > 0,07$ )

### Considerações parciais

A concentração da glicose plasmática dos suínos no momento do abate parece contribuir para aumentar as perdas por gotejamento. Maiores perdas associadas à coloração pálida da região intermediária apontam para a inconsistência da cor do lombo e sugerem diferenças nos processos glicolíticos entre as regiões. A concentração da glicose no exsudado com maiores valores para as regiões intermediária e lateral corroboram com esta hipótese.





## 5 CONCLUSÕES

A luminosidade da região ventro-lateral apresenta potencial como ponto para predição de perdas por gotejamento excessivas e palidez;

A luminosidade associada ao ângulo Hue quando comparada à região dorso-medial podem auxiliar na identificação de dupla tonalidade em lombo suíno;

As diferenças observadas em respostas às glicemias sanguíneas refletem que animais com valores altos de glicemia no momento do abate são mais suscetíveis a apresentar problemas em capacidade de retenção de água.



## REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, H.J.; OKSBJERG, N.; YOUNG, J. F.; THERKILDSEN, M. Feeding and meat quality — A future approach. **Meat Science**, Barking, v.70, p.543–554, 2005.
- ATKINSON, J.J.; FOLLETT, M.J. Biochemical studies on the discoloration of fresh meat. **Food Technology**, Chicago, v.8, p.51–58, 1973.
- BEECHER, G.R.; CASSENS, R.G.; HOEKSTRA, W.G.; BRISKEY, E.J. Red and white fiber content and associated *post-mortem* properties of seven porcine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v.30, p.969–976, 1965.
- BEECHER, G.R.; KASTENSCHMIDT, L.L.; HOEKSTRA, W.G.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, E.J. Energy metabolites in red and white striated muscles of the pig. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.17, p.29–33, 1969.
- BENDALL, J.R.; SWATLAND, H.J. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, v.24, p.85-126, 1988.
- BERTRAM, H.C.; DØNSTRUPA, S.; KARLSSON, A.H.; ANDERSEN, H.J.; STØDKILDE-JØRGENSEN, H. *Post mortem* energy metabolism and pH development in porcine M. *longissimus dorsi* as affected by two different cooling regimes. A <sup>31</sup>P-NMR spectroscopic study. **Magnetic Resonance Imaging**, New York, v.19, p. 993–1000, 2001.
- BERTRAM, H.C.; KARLSSON, A.H.; ANDERSEN, H.J. The significance of cooling rate on water dynamics in porcine muscle from heterozygote carriers and non-carriers of the halothane gene—a 341 low-field NMR relaxation study. **Meat Science**, Barking, v.65, p.1281-1291, 2003.
- BORCHERT, L.L.; BRISKEY, E.J. Protein solubility and associated properties of porcine muscle as influenced by partial freezing with liquid nitrogen. **Journal of Food Science**, Chicago, v.30, p.138–143, 1965.
- BREWER, M.S. 2004. Water-holding capacity. In: JENSEN, W.K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**, v.1, p.242-249.
- BREWER, M.S.; ZHU, L.G.; BIDNER, B.; MEISINGER, D.J.; McKEITH, F.K. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. **Meat Science**, Barking, v.57, p.169-176, 2001.
- CANNON, J.E.; MORGAN, J.B.; McKEITH, F.K.; SMITH, G.C.; SONKA, S.; HEAVNER, J.; MEEKER, D.L. Pork Chain Quality Audit survey: quantification of pork quality characteristics. **Journal of Muscle Foods**, v.7, p.29-44, 1996.
- CHOE, J.H.; CHOI, Y.M.; LEE, S.H.; NAM, Y.J.; JUNG, Y.C.; PARK, H.C.; KIM, Y.Y.; KIM, B.C. The relation of blood glucose level to muscle fiber characteristics and pork quality traits. **Meat Science**, Barking, v.83, p.62-67, 2009.

DELGADO, E.F.; GEESINK, G.H.; MARCHELLO, J.A.; GOLL, D.E.; KOOHMARAIE, M. Properties of myofibril-bound calpain activity in *longissimus* muscle of callipyge and normal sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.2097-2107, 2001.

ENGLAND, E.M.; SCHEFFLER, T.L.; KASTEN, S.C.; MATARNEH, S.K.; GERRARD, D.E. Exploring the unknowns involved in the transformation of muscle to meat. **Meat Science**, article in press <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.031>, 2013.

FONSECA, S.; WILSON, I.J.; HORGAN, G.W.; MALTIN, C.A. Slow fiber cluster pattern in pig *longissimus thoracis* muscle: Implication for myogenesis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.973-983, 2003.

GALLO, S.B.; SIQUEIRA, E.R.; DELGADO, E.F.; SILVA, M.D.P.; ROSA, G.T. Influence of feeding regime and finishing system on lamb muscle fiber and meat quality. **Brazilian Journal of Animal Science**, Viçosa, v.38, p.2204-2210, 2009.

GENTRY, J.G.; McGLONE, J.J.; MILLER, M.F.; BLANTON Jr., J.R. Environmental effects on pig performance, meat quality, and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.209-217, 2004.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J.J.; NEWMAN, D.J.; SMITS, C.H.M.; VERSTEGEN, M.W.A.; den 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.

HAMILTON, D.N.; MILLER, K.D.; ELLIS, M.; McKEITH, F.K.; WILSON, E.R. Relationships between *longissimus* glycolytic potential and swine growth performance, carcass traits, and pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.2206-2212, 2003.

HAMMELMAN, J.E.; BOWKER, B.C.; GRANT, A.L.; FORREST, J.C.; SCHINCKEL, A.P.; GERRARD, D.E. Early *postmortem* electrical stimulation simulates PSE pork development. **Meat Science**, Barking, v.63, p.69-77, 2003.

HOSTETLER, R.L.; LINK, B.A.; LANDMANN, W.A.; FITZHUGH Jr., H.A. Effect of carcass suspension on sarcomere length and shear force major bovine muscles. **Journal of Food Science**, Chicago, v.37, p.132-135, 1972.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. **Meat Science**, Barking, v.71, p.194-204, 2005.

JAKOBSEN, M.; BERTELSEN, G. Colour stability and lipid oxidation of fresh beef: Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. **Meat Science**, Barking, v.54, p.49-57, 2000.

JI, S.; LOSINSKI, R. L.; CORNELIUS, S.G.; FRANK, G.R.; WILLIS, G.M.; GERRARD, D.E.; DEPREUX, F.F.; SPURLOCK, M.E. Myostatin expression in porcine tissues: tissue specificity and developmental and postnatal regulation. **American Journal of Physiology**, New York, v.275, p.R1265–R1273, 1998.

KAUFFMAN, R.G.; van LAACK, R.L.; RUSSELL, R.L.; POSPIECH, E.; CORNELIUS, C.A.; SUCKOW, C.E.; GREASER, M.L. Can pale, soft and exudative pork be prevented by *postmortem* sodium bicarbonate injection? **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.3010-3015, 1998.

KLONT, R.E.; BROCKS, L.; EIKELENBOOM, G. Muscle fibre type and meat quality. **Meat Science**, v.49 (I): p.S219-S229, 1998.

KOOHMARAIE, M. Ovine skeletal muscle multicatalytic proteinase complex (proteasome): purification, characterization, and comparison of its effects on myofibrils with  $\mu$ -calpains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3697–3708, 1992.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M.E.; WHEELER, T.L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, p.2935-2942, 1996.

KRAUSE, T.R.; SEBRANEK, J.G.; RUST, R.E.; HONEYMAN, M.S. Use of carbon monoxide packaging for improving the shelf life of pork. **Journal of Food Science**, Chicago, v.68, p.2596–2603, 2003.

KRZYWICKI, K. The determination of ham pigments in meat. **Meat Science**, Barking, v.7, p.29–36, 1982.

LARZUL, C.; Le ROY, P.; GOUGUÉ, J.; TALMANT, A.; JACQUET, B.; LEFAUCHEUR, L.; ECOLAN, P.; SELLIER, P.; MONIN, G. Selection for reduced muscle glycolytic potential in Large White pigs. II. Correlated responses in meat quality and muscle compositional traits. **Genetics Selection Evolution**, London, v.31, p.61-76, 1999.

LEFAUCHEUR, L. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. **Meat Science**, Barking, v.84, p.257-270, 2010.

LEROY, P.; ELSEN, J. M.; CARITEZ, J. C.; TALMANT, A.; JUIN, H.; SELLIER, P. Comparison between the three porcine RN genotypes for growth, carcass composition and meat quality traits. **Genetics Selection Evolution**, London, v.32, p.165–186, 2000.

MALTIN, C.A.; WARKUP, C.C.; MATTHEWS, K.R.; GRANT, C.M.; PORTER, A.D.; DELDAY, M.I. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. **Meat Science**, Barking, v.47, p.237–248, 1997.

MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, Barking, v.71, p.100-121, 2005.

McLANE, J.A.; HOLLOSZY, J.O. Glycogen synthesis from lactate in three types of skeletal muscle. **Journal of Biological Chemistry**, v.254, p.6548-6553, 1979.

MEADUS, W.J.; MacINNIS, R. Testing for the RN gene in retail pork chops. **Meat Science**, Barking, v.54, p.231–237, 2000.

MILLER, K.D.; ELLIS, M.; BIDNER, B.; McKEITH, F.K.; WILSON, E.R. Porcine longissimus glycolytic potential level effects on growth performance, carcass, and meat quality characteristics. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v.11, p.169-181, 2000.

MOELLER, S.J.; BAAS, T.J.; LEEDS, T.D.; EMNETT, R.S.; IRVIN, K.M. Rendement Napole gene effects and a comparison of glycolytic potential and DNA genotyping for classification of Rendement Napole status in Hampshire-sired pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.402–410, 2003.

MONIN, G.; MEJENES-QUIJANO, A.; TALMANT, A.; SELLIER, P. Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. **Meat Science**, Barking, v.20, p.149–158, 1987.

MONIN, G.; OUALI, A. 1992. Muscle differentiation and meat quality. In: LAWRIE, R. (Ed.). **Developments in meat science**. London: Elsevier Applied Science, p. 89-157.

MONIN, G.; SELLIER, P. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate post-mortem period: the case of the Hampshire Breed. **Meat Science**, Barking, v.13, p.49-63, 1985.

NGAPO, T.M.; BABARE, I.H.; REYNOLDS, J.; MAWSON, R.F. Freezing and thawing rate effects on drip loss from samples of pork. **Meat Science**, Barking, v.53, p.149-158, 1999a.

NGAPO, T.M.; BABARE, I.H.; REYNOLDS, J.; MAWSON, R.F. Freezing rate and frozen storage effects on the ultrastructure of samples of pork. **Meat Science**, Barking, v.53, p.159-168, 1999b.

PRUSA, K.; FEDLER, C. A new definition of pork quality. In: MOELLER, S.J. (Ed). ANNUAL NATIONAL SWINE IMPROVEMENT FEDERATION CONFERENCE AND MEETING, 29., 2004. Columbus, **Proceedings...** Columbus: The Ohio State University, p. 71-76.

RYU, Y.C.; CHOI, Y.M.; KIM, B.C. Variations in metabolite contents and protein denaturation of the *longissimus dorsi* muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. **Meat Science**, Barking, v.71, p.522-529, 2005.

RYU, Y.C.; KIM, B.C. The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, Barking, v.71, p.351-357, 2005.

SELF, H.L.; BRAY, R.W.; REIERSON, R.J. Lean cut yield and an evaluation of hams and loins of U.S.D.A. pork carcass grades. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.16, p.642-653, 1957.

SONG, X.M.; RYDER, J.W.; KAWANO, Y.; CHIBALIN, A.V.; KROOK, A.; ZIERATH, J.R. Muscle fiber type specificity in insulin signal transduction. **American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v.277, p.R1690-R1696, 1999.

SPRINGER, M.P.; CARR, M.A.; RAMSEY, C.B.; MILLER, M.F. Accelerated chilling of carcasses to improve pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.1464-1472, 2003.

STATISTICS ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. User's guide. Cary, 2002.

SWATLAND, H.J.; IRVING, T.C.; MILLMAN, B.M. Fluid distribution in pork, measured by x-ray diffraction, interference microscopy and centrifugation compared to paleness measured by fiber optics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.67, p.1465-1470, 1989.

TAYLOR, R.G. 2004. Muscle fibre types and meat quality. In: JENSEN, W.K.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Ed.). **Encyclopedia of meat sciences**, v.2, p.876-882.

TOTLAND, G.K.; KRYVI, H.; SLINDE, E. Composition of muscle fibre types and connective tissue in bovine M. *Semitendinosus* and its relation to tenderness. **Meat Science**, Barking, v.23, p.303–315, 1988.

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

WARRIS, P D.; BROWN, S.N.; ADAMS, S.J.M.; LOWE, D.B. Variation in heam pigment concentration and colour in meat from British pigs. **Meat Science**, Barking, v.28, p.321–329, 1990.

ZHU, L.G.; BREWER, M.S. Relationship between instrumental and visual color in a raw, fresh beef and chicken model system. **Journal of Muscle Foods**, v.10, p.131-146, 1999.





**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A.; RODWELL, V.W. **Harper's Biochemistry**. 24 ed. Stamford: Appleton & Lange, 1996. 868p.

DUKES, **Fisiologia dos animais domésticos**. 12ed. Editoria: Willian O. Reece; revisão técnica Newton da Cruz Rocha; tradução Cid Figueiredo, Idilia Ribeiro Vanzellotti, Ronaldo Frias Zanon. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 926p.