

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
HIGIENE VETERINÁRIA E PROCESSAMENTO TECNOLÓGICO
DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL**

GUSTAVO BERNARDO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO TEMPO DE TRANSPORTE E DESCANSO
DE BOVINOS E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DA
CARNE EM CARÇAÇAS ESTIMULADAS
ELETRICAMENTE**

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
FLUMINENSE**

**Niterói
2005**

GUSTAVO BERNARDO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO TEMPO DE TRANSPORTE E DESCANSO DE BOVINOS E SEUS
EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE EM CARÇAÇAS ESTIMULADAS
ELETRICAMENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Medicina Veterinária - Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Orientador: Prof. Dr. IACIR FRANCISCO DOS SANTOS

Co-orientador: Prof. Dr. TEÓFILO JOSÉ PIMENTEL DA SILVA

Niterói

2005

GUSTAVO BERNARDO FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO TEMPO DE TRANSPORTE E DESCANSO DE BOVINOS E SEUS
EFEITOS NA QUALIDADE DA CARNE EM CARÇAÇAS ESTIMULADAS
ELETRICAMENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Medicina Veterinária - Área de Concentração: Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal.

Aprovado em / / 2005

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Iacir Francisco dos Santos
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Teófilo José Pimentel da Silva
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Wagner Luiz Moreira dos Santos
Universidade Federal de Minas Gerais

Niterói/RJ
2005

Aos meus pais Sidney Ramos Ferreira e Ana Delta
Bernardo Ferreira e à minha namorada Cláudia Leal
Andrade que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

À Deus por não me ter deixado desanimar nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais por tornar tudo isto possível, e por todo apoio que me deram em tudo que realizei.

A minha namorada, Cláudia Leal Andrade, que sempre me apoiou e incentivou em todos os momentos, além de ajudar-me a realizar esta tese.

Ao meu orientador Iacir Francisco dos Santos e co-orientador Teófilo José Pimental da Silva que me acompanharam na coleta de amostras e me orientaram durante todo este período.

Ao colega Fábio da Costa que me auxiliou na parte prática do experimento.

A todas as pessoas do Frigorífico Minerva, Barretos-SP: proprietários, gerência, médicos veterinários da Inspeção Federal, agentes de Inspeção; além dos funcionários do recebimento de animais, matança, controle de qualidade, câmaras frigoríficas, serragem de meias carcaças, desossa e limpeza, que nos receberam muito bem e muito colaboraram para que fosse possível a coleta das amostras e a realização desta tese.

À professora Mônica Queiroz de Freitas que me auxiliou na parte estatística.

Ao professor Rogerio Tortelly que me auxiliou nas fotos da microscopia.

Ao Diretor do Centro de Tecnologia de Carnes, Nelson Beraquet, que nos permitiu a realização das análises de cor naquela instituição.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro durante o desenvolvimento desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES, p. 7

LISTA DE TABELAS, p. 8

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS, p. 10

RESUMO, p. 11

ABSTRACT, p. 12

1 INTRODUÇÃO, p. 13

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, p. 16

2.1 TECIDO MUSCULAR E CONTRAÇÃO MUSCULAR, p. 16

2.2 *RIGOR MORTIS*, p. 19

2.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DEVIDO AO ESTRESSE, p. 22

2.4 COMPORTAMENTO E PERDA DO EQUILÍBRIO DO GADO EM VEÍCULOS EM MOVIMENTO, p. 23

2.5 CARNE BOVINA DE CORTE ESCURO (“DRY, FIRM, DARK –DFD”), p. 24

2.6 TRANSPORTE, JEJUM E GLICOGÊNIO MUSCULAR, p. 28

2.7 pH, p. 33

2.8 FORÇA DE CISALHAMENTO (FC) E COMPRIMENTO DE SARCÔMERO (CS), p. 35

2.9 COR, p. 41

2.10 ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA (EE), p. 43

3 MATERIAL E MÉTODOS, p. 48

3.1 TOMADA DE TEMPERATURA DA CÂMARA DE RESFRIAMENTO, p. 49

3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS MEIAS CARÇAÇAS, p. 49

3.3 DETERMINAÇÃO DO pH E TOMADA DE TEMPERATURA DAS MEIAS CARÇAÇAS, p. 49

3.4 DETERMINAÇÃO DA COR, p. 49

3.5 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE CISALHAMENTO (FC), p. 50

3.6 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DO SARCÔMERO (CS), p. 50

3.6.1 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS, p. 50

3.6.2 PREPARAÇÃO DO FIXADOR, p. 51

3.6.3 CLIVAGEM, INCLUSÃO E MICROTOMIA DAS AMOSTRAS, p. 51

3.6.4 COLORAÇÃO DOS CORTES, p. 52

3.6.5 MICROSCOPIA ÓPTICA E MENSURAÇÃO DO COMPRIMENTO DE SARCÔMERO, p. 52

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA, p. 53

4 RESULTADOS, p. 56

4.1 VALORES DE TEMPERATURA DAS MEIAS CARCAÇAS, p. 56

4.2 VALORES DE pH, p. 57

4.3 VALORES DE COR, p. 60

4.4 VALORES DA FORÇA DE CISALHAMENTO (FC), p. 61

4.5 VALORES DO COMPRIMENTO DE SARCÔMERO (CS), p. 62

4.6 VALORES DA CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON, p. 63

5 DISCUSSÃO, p. 65

5.1 TEMPERATURA E pH, p. 65

5.2 COR, p. 68

5.3 FORÇA DE CISALHAMENTO E COMPRIMENTO DE SARCÔMERO, p. 70

5.4 CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON, p. 72

6 CONCLUSÃO, p. 74

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, p. 76

8 APÊNDICES, p. 84

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 – Relação entre o pH final e a concentração de glicogênio presente no músculo *L. dorsi* após o abate (WARRISS, 1990), p. 27
- FIGURA 2 – Determinação do pH e da temperatura de uma meia carcaça durante a refrigeração com o potenciômetro de inserção Mettler Toledo 1140, p. 54
- FIGURA 3 – Aparelho para determinação da Força de Cisalhamento – “Warner Bratzler Meat Shear Force”, p. 54
- FIGURA 4 – Fotomicrografias do músculo *L. dorsi* durante a refrigeração, mostrando as bandas A, I e Z (aumento de 1.000 vezes), corado com a Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory: a) 0,5h *post mortem* b) 12h *post mortem* c) 24h *post mortem*, p. 55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Média (X) e desvio padrão (s) da temperatura (°C) das 45 meias carcaças bovinas, em cinco períodos *post mortem* (0,5h, 06h, 12h, 18h e 24h), durante a refrigeração, p. 56

TABELA 2 – Média (X) e desvio padrão (s) do pH no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas, em animais transportados por até duas horas, considerando quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração, p. 57

TABELA 3 – Média (X) e desvio padrão (s) do pH no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas, em animais transportados por aproximadamente cinco horas, considerando cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração, p. 58

TABELA 4 – Média (X) e desvio padrão (s) do pH 24h *post mortem* no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas, em animais submetidos ao transporte por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h), p. 59

TABELA 5 – Média (X) e desvio padrão (s) dos valores de L^* , a^* , b^* , no músculo *L. dorsi*, em bovinos transportados por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h), p. 60

TABELA 6 – Média (X) e desvio padrão (s) dos valores da FC, no músculo *L. dorsi*, em bovinos transportados por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h), p. 62

TABELA 7 – Média (X) e desvio padrão (s) do CS 24h *post mortem* (μm), no músculo *L. dorsi*, em bovinos transportados por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h), p. 63

TABELA 8 – Coeficientes da correlação linear de Pearson entre os resultados do pH final e FC, CS, L^* , a^* , b^* , e entre a FC e CS, no músculo *L. dorsi*, p. 63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ADP	adenosina difosfato
ATP	adenosina trifosfato
°C	graus celsius
cm	centímetro
CQ	Controle de qualidade
CS	Comprimento de sarcômero
DFD	dry, firm and dark
EE	estimulação elétrica
FC	força de cisalhamento
g	grama
°GL	graus Lussac
h	hora
Hz	hertz
kg	kilograma
km	kilometro
m ²	metro quadrado
Mg	magnésio
mg	miligrama
min	minutos
mL	mililitros
µm	micrômetro
NE	não estimulada
PIB	Produto interno bruto
PSE	pale, soft and exsudative
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
s	segundos
TCA	ciclo do ácido tricarboxílico
V	Volts

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o efeito do tempo de transporte e descanso na qualidade da carne bovina. Foram escolhidos aleatoriamente 45 bovinos, machos, castrados, da raça Nelore, com idade média de 37 meses. Vinte animais foram transportados por até duas horas, sendo submetidos aos tempos de descanso de 0h (5), 12h (5), 18h (5), 24h (5); e vinte e cinco animais foram transportados por aproximadamente cinco horas e submetidos ao tempo de descanso de 0h (5), 06h (5), 12h (5), 18h (5), 24h (5). Os animais foram abatidos e estimulados eletricamente, em um matadouro frigorífico sob Inspeção Federal na cidade de Barretos – São Paulo. Foram registrados a temperatura e pH no músculo *Longissimus dorsi* das meias carcaças durante o resfriamento, nos tempos de 0,5h, 06h, 12h, 18h e 24h *post mortem*. Foi determinado, ainda, o comprimento do sarcômero (CS) nos tempos de 0,5h, 06h, 12h e 24h *post mortem*, além da força de cisalhamento (FC) no sétimo dia *post mortem* e a cor (L^* , a^* , b^*) no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas. A temperatura média das meias carcaças 0,5h *post mortem* foi de 37,34°C e após 24h sob resfriamento foi de -0,06°C. A média do pH final (24h) foi normal (5,57 a 5,72) em oito tratamentos, porém nos animais transportados por aproximadamente cinco horas e na ausência de descanso (0h), a média do pH final foi elevada (6,04), sendo considerados moderadamente DFD. A FC foi maior nos animais não submetidos ao descanso (0h) nos dois tempos de transporte, entretanto, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação aos demais tempos de descanso. A carne considerada moderadamente DFD obteve o maior valor de FC. Este resultado foi compatível com o CS, sendo menor nestas meias carcaças (1,76µm), 24h *post mortem*, e significativamente diferente aos dos outros animais sujeitos a tempos maiores de descanso (6h, 12h, 18h e 24h). A contração máxima do sarcômero foi alcançada na 12ªh *post mortem*. Com relação à cor da carne, os valores de L^* não foram influenciados nem pelo transporte, nem pelo descanso. Os valores de a^* aumentaram até às 12h de descanso e depois diminuíram em ambos tempos de transporte. O valor de b^* foi negativo para os animais não descansados e submetidos ao transporte por aproximadamente cinco horas, diferindo significativamente dos animais submetidos aos tempos de descanso de 06h, 12h e 18h. Os animais transportados por até duas podem ser submetidos ao descanso por apenas seis horas, e os animais transportados por aproximadamente cinco horas ao descanso por doze horas, sem interferências significativas na qualidade da carne.

Palavras chaves: bovinos, transporte, descanso, estimulação elétrica, qualidade da carne

ABSTRACT

The aim of this work was evaluate the effect of transport and rest period on the beef meat quality. Forty five castrated, male bovines from Nelore breed, with an average 37 months were randomly assigned. Twenty male bovines were transported by road up to two hours being submitted to the rest period of 0h (5), 12h (5), 18h (5), 24h (5), and twenty five were transported for approximately five hours being submitted to the rest period of 0h (5), 06h (5), 12h (5), 18h (5), 24h (5). The animals were slaughtered and electrically stimulated in a slaughterhouse under Federal Inspection in Barretos-Sao Paulo. The pH and temperature were measured, on the *Longissimus dorsi* muscle, in the half carcass, on the 0.5h, 06h, 12h, 18h, e 24h *post mortem*. The sarcômero length (SL) was measured on the 0.5h, 06h, 12h e 24h *post mortem*, the shear force (SF) on the seventh day post mortem and the color on the *L. dorsi*, of half carcass. The average temperature of half carcass 0.5h post mortem was 37.34°C, and after 24h of chilling was -0.06°C. The average of the ultimate pH (24h) was considered normal (5,57 to 5,72) within eight treatments carried out, however the animals transported for approximately five hours without any rest period (0h) the average of ultimate pH kept high as 6,04, and were considered moderate dry, firm and dark (DFD). The shear force (SF) was higher on animals without rest period (0h) on both transport time although hadn't have significative difference ($p < 0,05$) in relation to others rest period. The meat considered moderated DFD presented the highest SF value. This result was compatible with the SL, that was shorter in those half carcasses (1,76µm), 24h post mortem, and significantly different in relation to others animals submitted to higher rest period (06h, 12h, 18h and 24h). The maximum shortening of sarcomere was reached on the 12th post mortem. Regarding the meat color, the rest period and transport time this had no influence on the L* values. On the other hand, the a* values increased until the 12thh of rest and after that it decreased on both times of transport. The b* value was negative for the animals without rest period and transported for approximately five hours, having significant difference comparing to animals subemitted to rest periods of 6h, 12h and 18h. The animals transported up to two hours, could be submitted for only six hours rest period, and the animals transported approximately five hours could be submitted for twelve hours of rest time without significatives interferences in the meat quality.

Key Words: bovines, transport, rest time, electrical stimulation, meat quality

1 INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária nacional tem sido, nos últimos anos, muito importante na economia, participando com grande relevância do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. A pecuária bovina brasileira tem ganho destaque tanto no cenário externo quanto interno, possuindo atualmente o principal rebanho comercial do mundo. O plantel brasileiro é atualmente maior que a população humana superando a marca de 195.500.000 animais. A detentora do maior rebanho é a região centro-oeste com 69.888.635 bovinos, sendo o maior produtor o estado de Mato Grosso do Sul com 24.983.821 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2004).

Devido ao crescente plantel, e aproveitando-se de problemas sanitários ocorridos nos Estados Unidos e Canadá em 2003, como o "mal da vaca louca", além dos problemas climáticos na Austrália, houve um impulso nas exportações brasileiras de carne bovina, que fechou o ano de 2004, com US \$ 2,5 bilhões, cerca de US \$ 1,0 bilhão a mais do que as vendas realizadas em 2003. Já, as exportações totais de carnes alcançaram US \$ 6,143 bilhões, ou seja, 50,37% acima dos US \$ 4,085 bilhões negociados no mesmo período de 2003. O Brasil encerrou o ano de 2004, mais uma vez, como líder de mercado nas exportações de carne bovina, com 1,9 milhão de toneladas. Acredita-se que no ano de 2005 as exportações de carne bovina devam render US \$ 3,0 bilhões (BEEF POINT, 2005).

O Brasil e diversos países desenvolvidos apresentam um grande problema na cadeia de produção de carne, que pode levar a volumosas perdas econômicas. Estes obstáculos giram em torno do manejo, carregamento, transporte, repouso e dieta hídrica dos animais. Há grandes diferenças nas legislações dos diversos países com relação aos itens supra citados. Muitos países não têm padrões para a

construção das carrocerias dos caminhões e nem para a densidade de carregamento dos mesmos.

Como se sabe o período de descanso e dieta hídrica no matadouro e o tempo de transporte – assim como as condições em que é realizado – podem ter grande influência na evolução do pH e conseqüente qualidade da carne. Segundo Gil e Durão (2000), o período de descanso e dieta hídrica é o tempo necessário para que os animais se recuperem das perturbações surgidas pelo deslocamento desde o local de origem até o estabelecimento de abate. Pardi et al. (2001) citam que esta recuperação está relacionada com as reservas de glicogênio, visto que a sua deficiência ocorre devido à estafa, trabalho, jejum, excitação, lutas e choque elétrico. Quando os animais são sacrificados antes que tenham condições de recuperar o glicogênio muscular, ocorre uma glicólise lenta *post mortem*. Nestas condições, quando o pH é alto, a carne se torna mais escura e de textura seca ou pegajosa.

De acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) artigo 110 (BRASIL, 1997), os bovinos devem permanecer em repouso, jejum e dieta hídrica nos currais por 24 horas. O parágrafo primeiro diz que esse período não poderá ser inferior a seis horas, se o tempo de transporte não for superior a duas horas e os animais procedam de campos próximos, mercados ou feiras, sob controle sanitário permanente. O regulamento de inspeção da Costa Rica (2004) determina um descanso e jejum de 12 horas podendo ser reduzido para até seis horas, para as mesmas condições descritas na legislação brasileira. A legislação da Argentina (1971) determina descanso mínimo de 24 horas. Porém, no Canadá o descanso é de 48h com alimentação durante todo este período (GRANDIN, 1994), e na Austrália é utilizado o mesmo tempo de descanso, sendo as primeiras 24h com alimentação e as 24h restantes com descanso, jejum e dieta hídrica (SHORTHOSE, 1991). Na Nova Zelândia os animais não podem ser deixados sem alimentação por mais de 24h (ANIMAL WELFARE ADVISORY COMMITTEE, 2004).

Segundo Thornton (1969), é necessário um período de 12 a 24 horas de descanso para que o gado submetido a condições desfavoráveis durante o transporte, por um curto período, se recupere. Por outro lado, em períodos prolongados de transporte, os animais exigirão vários dias para adquirirem sua normalidade fisiológica. Lacourt e Tarrant (1980); McVeigh e Tarrant (1982) citam

que são necessários de três a onze dias para que os bovinos recuperem os níveis de glicogênio muscular.

Pode-se dizer que, em termos de volume transportado e importância econômica, o transporte rodoviário do gado para o abate é o mais relevante (TARRANT, 1990). De acordo com o “Council of the European Union” (2004), quando a viagem durar mais de 24 horas é obrigatória uma parada para a alimentação e dessedentação dos animais. Recentemente, um relato do “Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare” propôs que os animais devam ser transportados por menos de 12 horas, e o “European Parliament” sugeriu a diminuição do transporte para oito horas (MARÍA et al., 2003). Baseado em medidas fisiológicas (como medição da concentração de cortisol e creatina quinase plasmáticos) e observações subjetivas de comportamento, um período de 15 horas de transporte é inaceitável do ponto de vista do bem-estar animal. A atual legislação do Reino Unido permite que o gado seja transportado por até 15 horas (WARRISS, 1995).

Deste modo destaca-se nesse estudo os seguintes objetivos: (1) acompanhar o processo de *rigor mortis* no músculo *Longissimus dorsi* de meias carcaças bovinas estimuladas eletricamente em função do tempo de descanso (jejum e dieta hídrica) de bovinos oriundos de fazendas com distância equivalente ao tempo de transporte de até duas horas e aproximadamente cinco horas do matadouro frigorífico, relacionando com o tempo de descanso; (2) determinar o valor do pH, comprimento do sarcômero (CS), durante a retirada do calor sensível das meias carcaças na câmara de resfriamento; (3) determinar a força de cisalhamento (FC) no músculo *L. dorsi* no sétimo dia *post mortem* e cor (L^* , a^* , b^*) dos diferentes grupos estudados; (4) estudar o efeito do tempo de transporte e tempo de descanso no pH final (24 horas *post mortem*), CS, FC e cor (L^* , a^* , b^*), no músculo *L. dorsi* dos diferentes grupos estudados; (5) estabelecer a correlação entre as variáveis dependentes pH final, FC, CS, cor (L^* , a^* , b^*); (6) verificar a qualidade das meias carcaças e fornecer subsídios ao Governo Federal quanto uma possível alteração ou permanência do tempo de repouso, jejum e dieta hídrica de 24 horas, conforme determina o artigo 110 do RIISPOA (BRASIL, 1997).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TECIDO MUSCULAR E CONTRAÇÃO MUSCULAR

As fibras musculares se acomodam e se mantêm juntas por meio do tecido conjuntivo que atua como um envoltório. O músculo está envolto por uma capa de tecido conjuntivo chamada epimísio. O tecido conjuntivo projeta-se internamente no músculo e passa a chamar-se perimísio, formando feixes de fibras musculares. Cada fibra muscular é envolta individualmente por uma delicada capa de tecido conjuntivo chamada endomísio (PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

Os músculos esqueléticos são formados por fibras musculares que, por sua vez, são células multinucleadas e estriadas transversalmente. No citoplasma destas fibras há feixes cilíndricos longitudinais denominados miofibrilas. A estriação das miofibrilas é devido ao arranjo das proteínas contráteis. As faixas compostas por proteínas isotrópicas – actina, troponina e tropomiosina – formam a banda I (miofilamentos finos) e a faixa composta por proteínas anisotrópicas – miosina – forma a banda A (miofilamentos grossos). Cada banda I é dividida em duas partes iguais pela linha Z. O intervalo entre duas linhas Z adjacentes é chamado de sarcômero, que é a unidade funcional do músculo estriado esquelético. A zona H, mais clara no centro da banda A, é a área onde só há filamentos grossos (SWATLAND, 1984; PRICE; SCHWEIGERT, 1994). Os miofilamentos finos são contínuos a linha Z, já os grossos situam-se no centro do sarcômero e se sobrepõem em cada extremidade com os filamentos finos (DUKES, 1996).

Nas fibras musculares dos mamíferos, há uma estrutura chamada de túbulo T que se estende ao nível da junção da banda A e I (SWATLAND, 1984). O túbulo T permite que a despolarização, que ocorre no sarcolema, se propague para dentro da

fibra muscular (DUKES, 1996). Conforme o potencial de ação atravessa a fibra muscular via túbulos T, há a liberação do cálcio do Retículo Sarcoplasmático (RS) que circunda cada miofibrila (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; ABERLE et al., 2001). O RS é responsável pela regulação da quantidade de íons cálcio no citoplasma da fibra muscular. O mecanismo pelo qual a despolarização dos túbulos T se propaga pelo RS envolve dois canais de cálcio ligados à membrana, sendo eles o receptor diidropiridina e o rianodina, localizados nos túbulos T e no RS respectivamente. Essas proteínas estão localizadas na junção tríade, onde duas cisternas do RS se encontram com o túbulo T. O receptor diidropiridina responde a despolarização liberando cálcio no citoplasma da fibra muscular. Conforme o rianodina detecta a liberação do cálcio, ele responde permitindo que o cálcio seqüestrado no RS inunde o citoplasma da célula iniciando a contração muscular (ABERLE et al., 2001). A superfície da membrana dos túbulos T faz contato com a superfície da membrana do RS da fibra muscular (DUKES, 1996).

O mecanismo de contração muscular envolve quatro proteínas miofibrilares: actina, miosina, troponina e tropomiosina. Ligações cruzadas formadas entre a actina e a miosina geram força para a contração. A troponina e tropomiosina regulam a contração muscular (ABERLE et al., 2001).

A troponina compreende três subunidades: I, C e T. A troponina T está ligada a tropomiosina, enquanto a troponina I está ligada a actina, para inibir a interação entre a actina e a miosina (músculo no estado relaxado). Quando o cálcio é liberado no sarcoplasma liga-se à troponina C. Quando isto ocorre a estrutura da proteína sofre modificação e causa mudança na troponina T. Essas alterações resultam no movimento da tropomiosina e troponina I expondo os sítios de ligação entre a actina e miosina. A mudança da tropomiosina permite que a cabeça da miosina forme ligações cruzadas, com o filamento de actina, que geram força de contração, empurrando os filamentos de actina em direção ao centro do sarcômero (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; DUKES, 1996). Durante a contração o comprimento dos filamentos de actina e miosina não se modificam. Os filamentos deslizam uns sobre os outros encurtando a distância entre os discos Z do sarcômero, diminuindo conseqüentemente o seu comprimento. A largura da banda A é constante em todas as fases de contração muscular, mas há alteração na largura da banda I e a zona H (ABERLE et al., 2001).

Para que haja a contração muscular há necessidade de um acréscimo de energia e aumento da concentração de cálcio para 10^{-6} a 10^{-5} moles/litro. A energia origina-se a partir da hidrólise da adenosina trifosfato (ATP). A enzima responsável por hidrolisar o ATP em adenosina difosfato (ADP) é a ATPase, localizada na cabeça da miosina, que tem sua atividade aumentada pelo cálcio. Deste modo, o aumento de cálcio no sarcoplasma promove a formação de ligações cruzadas, entre a actina e miosina, levando ao deslizamento dos miofilamentos (SWATLAND, 1984; ABERLE et al., 2001).

Para que ocorra a contração muscular, somente o ATP, o ADP e fosfocreatina fornecem energia imediata (PRICE; SCHWEIGERT, 1994). Para o relaxamento muscular, a concentração de cálcio dentro do sarcoplasma deve ser reduzida para 10^{-7} moles/litro ou menos – isso ocorre através do seqüestro do cálcio no RS –, e os níveis de ATP devem ser restaurados. O primeiro passo para o relaxamento é a repolarização do sarcolema e o retorno do potencial de membrana para o valor de repouso. O seqüestro de cálcio para o RS se dá contra o gradiente de concentração. Com isso há necessidade de um processo de bombeamento ativo que utiliza ATP como fonte de energia. Quando a concentração de cálcio no sarcoplasma diminui, a formação das ligações cruzadas, entre a actina e a miosina, é inibida pela interação da troponina I e tropomiosina com a actina (DUKES, 1996; ABERLE et al., 2001). O ATP utilizado na contração muscular é repostado através da fosforilação do ADP através da fosfocreatina – utilizando a enzima fosfocreatina quinase (DUKES, 1996).

Quando o animal é abatido, o músculo não se transforma em carne imediatamente. À medida que o ATP é utilizado, há o seu reabastecimento, que continua a fornecer energia para os músculos por um determinado tempo. As vias que levam a síntese de ATP pela refosforilação (conversão de ADP a ATP), no animal vivo, tentam manter os níveis de ATP após a morte. A fonte de energia imediata mobilizada para a síntese de ATP é a fosfocreatina através da enzima fosfocreatina quinase ($\text{ADP} + \text{fosfocreatina} = \text{ATP} + \text{creatina}$) (ABERLE et al., 2001). Segundo Pardi et al. (2001), o teor de ATP produzido pela glicólise anaeróbia é insuficiente para compensar as perdas causadas pela sua hidrólise, esgotando rapidamente a produção de ATP pela fosfocreatina.

Segundo Warriss (1990), no animal vivo, os ácidos graxos, a glicose transportada pelo sangue e o glicogênio das fibras musculares são os combustíveis para a produção de ATP. Quando o animal está bem alimentado, os níveis de ácidos

graxos circulantes são baixos e se emprega principalmente a glicose para a produção de energia. No animal em jejum, os ácidos graxos livres provenientes da lise dos triglicerídeos são metabolizados. O glicogênio só é mobilizado quando a velocidade de utilização de ácidos graxos e da glicose não consegue fornecer energia suficiente para satisfazer a demanda do músculo em contração.

O mecanismo mais eficiente de síntese de ATP envolve uma série de reações presentes no ciclo do ácido tricarboxílico (TCA), que ocorre na mitocôndria durante o metabolismo aeróbio. Quando uma molécula de glicose percorre todo este ciclo, o rendimento energético é de 37 moléculas de ATP (ABERLE et al., 2001). Normalmente, este rendimento no músculo ocorre quando o glicogênio é metabolizado a piruvato pela via glicolítica, com rendimento de três ATPs (WARRISS, 2003), e o piruvato é posteriormente metabolizado no ciclo do TCA e na cadeia de transporte de elétrons produzindo água e dióxido de carbono com rendimento de 34 ATPs (ABERLE et al., 2001).

Sob condições limitadas de oxigênio, o metabolismo anaeróbio é capaz de fornecer energia para o músculo por um curto período de tempo. A característica principal desse tipo de metabolismo é o acúmulo de ácido láctico nos tecidos (WARRISS, 2003). Quando há o fornecimento inadequado de oxigênio, todos os H^+ liberados da glicólise e do ciclo do TCA não se combinam mais com o oxigênio, acumulando-se no músculo. O excesso de H^+ é usado para reduzir o ácido pirúvico a ácido láctico, permitindo que a glicólise ocorra a uma taxa rápida. É importante destacar que a quantidade de energia liberada do músculo pela via anaeróbica é limitada, porque quando o ácido láctico se acumula no músculo o pH diminui (ABERLE et al., 2001).

2.2 RIGOR MORTIS

O começo do *rigor mortis* está ligado a fatores que afetam tanto a quantidade de glicogênio e de fosfocreatina, no momento do abate, quanto à velocidade do metabolismo muscular *post mortem*. O *rigor mortis* ocorre, de uma maneira mais rápida, em animais que foram submetidos a um exercício intenso ou estresse que causou, conseqüentemente, um esgotamento do glicogênio antes do abate. A

velocidade de desenvolvimento do *rigor mortis* se reduzirá, se a carcaça se esfria rapidamente (WARRISS, 2003).

A temperatura de estocagem da carcaça, imediatamente após o abate, pode afetar as reações químicas que ocorrem no tecido muscular, pois as reações catalisadas pelas enzimas são sensíveis à temperatura. A rápida diminuição da temperatura muscular *post mortem* pode levar a conseqüências indesejáveis. Uma delas é o rigor de descongelamento que se desenvolve quando o músculo é congelado em pré-rigor. No rigor de descongelamento, a contração é causada pela repentina liberação de cálcio no sarcoplasma, e pode causar um encurtamento físico de 80% do comprimento original dos músculos (ABERLE et al., 2001). O encurtamento pelo frio desenvolve-se quando o músculo é resfriado, no pré-rigor, abaixo de 10°C nas primeiras dez horas após o abate (HOOD; TARRANT, 1980), onde o pH ainda estará elevado, ou seja, acima de 6,0. Este encurtamento pode chegar a 50% (LISTER et al., 1981).

A rigidez observada no *rigor mortis* é devido à formação de ligações cruzadas no músculo entre os filamentos de actina e miosina (SWATLAND, 1984; PRICE; SCHWEIGERT, 1994). Essa é a mesma reação química que ocorre na contração do músculo no animal vivo. A diferença é que no *rigor mortis* o relaxamento é impossível porque não há energia disponível (ATP) para a quebra das ligações cruzadas (ABERLE et al., 2001).

Segundo Warriss (2003), essa energia é insuficiente quando o nível de ATP alcança um valor muito baixo (~5mmol/kg), havendo a formação do complexo actinmiosina e a perda da extensibilidade do músculo.

O complexo ATP-Mg⁺² é requerido para manter o músculo no estado relaxado. Nas primeiras horas após o abate, as reservas de fosfocreatina são utilizadas para refosforilação do ADP a ATP. Conforme vai havendo a depleção das reservas de fosfocreatina, a fosforilação do ADP torna-se insuficiente para manter o músculo no estado relaxado. Com isso, as reservas de glicogênio são metabolizadas para que o ADP possa ser refosforilado. Portanto, a quantidade de ATP formada é finita. Desse modo, conforme vai diminuindo a quantidade de ATP, as ligações de actinmiosina vão se formando, e o músculo vai se tornando menos extensível. Este é o início da fase de *rigor mortis*. Quando o músculo torna-se relativamente inextensível, o *rigor mortis* está completo. Conforme as ligações cruzadas se formam, os músculos se contraem, e há o encurtamento dos sarcômeros

aumentando a tensão do músculo (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; ABERLE et al., 2001).

A diminuição da tensão é chamada de resolução do *rigor mortis*. Porém, as ligações de actinmiosina do *rigor mortis* não são quebradas durante a estocagem *post mortem*. A diminuição da tensão é devido a outros eventos, especialmente a degradação proteolítica de proteínas miofibrilares específicas (PRICE; SCHWEIGERT, 1994), que resulta na dissolução do disco Z e perda da integridade estrutural (ABERLE et al., 2001).

Aberle et al. (2001) ainda relatam que o *rigor mortis* e o declínio do pH estão correlacionados, pois ambos estão ligados ao metabolismo energético do glicogênio. Em músculos com diminuição pequena do pH, condição esta conhecida como “dry, firm and dark – (DFD)”, o início e a resolução do *rigor mortis* são rápidos porque o fornecimento energético inicial é limitado. No caso de um rápido declínio do pH, que são as carnes chamadas de “pale, soft and exudative – (PSE)”, o início e a resolução do *rigor mortis* são rápidos porque a fonte de energia é rapidamente metabolizada, diminuindo muito o pH.

Foi observado, durante o *rigor mortis*, uma relação entre o grau de encurtamento do músculo *post mortem* com a dureza, assim como variações do grau de encurtamento em diferentes músculos. Além disto, foi encontrada uma relação significativamente positiva entre o comprimento de sarcômero e a dureza dos mesmos cortes musculares submetidos a diferentes graus de tensão durante o desenvolvimento do *rigor* (PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

Segundo Abreu (1984), o *rigor mortis* em carcaças bovinas teve seu início na primeira hora após o abate para o músculo grácil e na sexta hora para o bíceps braquial – início do encurtamento do sarcômero –, prolongou-se até a 15^a hora, onde foi detectado o maior encurtamento para ambos. A partir daí, o sarcômero aumentou, fenômeno este que ocorreu até a 30^a hora *post mortem*. Foi observada, ainda, uma forte correlação linear entre o pH e o comprimento do sarcômero (CS), no mesmo tempo após o abate, ou seja, quanto menor o pH menor o CS.

2.3 ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS DEVIDO AO ESTRESSE

A palavra estresse se refere aos ajustes fisiológicos, tais como: alterações no batimento cardíaco, respiração, temperatura corporal e pressão sangüínea que ocorrem durante a exposição do animal a condições adversas (ABERLE et al., 2001). O sistema límbico modula as respostas ao estresse, influenciando o hipotálamo, onde as respostas são integradas e disparadas. Numerosas áreas do hipotálamo regulam o sistema hormonal. Respostas comportamentais mostram similaridade àquelas induzidas por estímulos ambientais como: fome, sede, comportamento sexual, reações de defesa e medo, dependendo da região do hipotálamo estimulada (LISTER et al., 1981).

Os ajustes no metabolismo, durante o estresse, ocorrem pela liberação de hormônios. Dentre estes, os mais importantes, em resposta ao estresse, são a adrenalina e a noradrenalina, que são liberadas pela medular da adrenal. A adrenalina participa da quebra do glicogênio (glicogenólise) permitindo que o organismo mobilize energia para uso imediato. Com isso, há utilização deste polissacarídeo gerando como metabólito o ácido láctico. O tecido muscular desenvolve então uma deficiência de glicogênio como resultado do estresse. Em bovinos, com tempo e nutrição adequados, este pode ser repostado em quantidades normais no músculo. Quando os animais são submetidos ao manejo, jejum ou se exercitam, o glicogênio muscular é usado como fonte de energia (ABERLE et al., 2001).

A resposta dos animais ao transporte varia dependendo do animal e da natureza da viagem. Até mesmo sob boas condições de transporte, o gado manifesta alterações fisiológicas e comportamentais que são indicativas de estresse. As alterações fisiológicas estão relacionadas ao eixo hipotalâmico–pituitário–adrenal e ao sistema simpático–adrenomedular. Alterações no batimento cardíaco, composição do sangue e peso vivo são os principais indicadores fisiológicos usados para avaliar a resposta do gado ao transporte. A quantidade de glicocorticóides no sangue é geralmente considerada um bom indicador, para a reação dos animais a desafios ambientais (TARRANT, 1990).

2.4 COMPORTAMENTO E PERDA DO EQUILÍBRIO DO GADO EM VEÍCULOS EM MOVIMENTO

A orientação mais comum e preferida, do gado no caminhão, é paralela à direção do movimento. O gado não costuma deitar no caminhão, enquanto este estiver em movimento. Em viagens de uma e quatro horas, nenhum animal deitou, em transportes à baixa ou média densidade de carregamento. A densidade de carregamento pode ser considerada alta 600kg/m^2 , média 300kg/m^2 e baixa 200kg/m^2 , não sendo aceito densidades acima de 550kg/m^2 (TARRANT; KENNY; HARRINGTON, 1988). No Brasil, a densidade de carregamento utilizada é de 390 a 410kg/m^2 (JOAQUIM, 2002).

Ao término de uma longa viagem, o cansaço foi evidente nos currais, pois os animais deitaram, apesar do ambiente desconhecido e da proximidade de animais estranhos (TARRANT, 1990). Segundo Eldridge¹ et al. (1988, apud TARRANT, 1990), o transporte foi menos cansativo, quando os animais tinham um menor espaço disponível – densidade de carregamento mais alta, 400kg/m^2 . Os animais tiveram batimento cardíaco 4-7% mais baixos e menos da metade do número de movimentos durante transporte, comparado com aqueles com mais espaço disponível – 310kg/m^2 . Uma possível explicação é que o batimento cardíaco mais baixo reflita uma menor atividade física, que ocorre com densidade de carregamento mais alta.

Porém, há divergências com relação à densidade de carregamento. Segundo Tarrant; Kenny e Harrington (1988), a alta densidade é o perigo mais comum no veículo em movimento durante o transporte, pois aumenta o estresse do animal, e eleva o risco de injúrias nas carcaças prejudicando a qualidade da carne. O risco de contusões e conseqüentemente a qualidade da carne estão ligados ao manejo dos animais, à taxa de lotação, aos cuidados na direção e às condições da estrada. Os dois últimos parecem ser as mais importantes causas de contusões que a distância de transporte do gado. A alta (591kg/m^2) e média (312kg/m^2) densidades de carregamento aumentaram, respectivamente, em três e duas vezes o número de contusões das carcaças, comparado aos animais transportados à baixa densidade (196kg/m^2), em viagens à curta distância. O gado submetido a um estresse crônico

¹ ELDRIDGE, G.A.; WINFIELD, C.G.; CAHILL, D.J. Responses of cattle to different space allowances, pen sizes and road condition during transport. Australian Journal of Experimental Agriculture, v.28, p. 155-159, 1988.

(elevadas concentrações de corticosteróides no sangue) tem uma tendência maior para se contundir.

Joaquim (2002) observou que as contusões foram leves e de baixa incidência, para grupos de animais transportados por até 100Km (0,95%), de 101 a 330Km (0,64%) e acima de 330Km (0,71%).

Outro perigo a ser considerado é a perda de equilíbrio, que pode levar à queda do animal e conseqüentes injúrias. Este risco é aumentado, enormemente, com altas densidades de carregamento. Um efeito dominó foi observado, pois os animais que permaneceram em pé tropeçaram nos que estavam caídos (TARRANT; KENNY; HARRINGTON, 1988). Por outro lado, Tarrant (1990) cita que, sob baixa densidade de carregamento, o bem-estar do gado, durante o transporte, pode ser comprometido, devido à falta de apoio mútuo, quando mudanças rápidas no veículo em movimento são provocadas, através de má condução deste ou por emergências que resultam em freadas ou desvios súbitos. Desse modo, a baixa densidade, por si só, não é uma causa de estresse, mas deixa o gado vulnerável a fatores estressantes.

Durante viagens de uma e quatro horas, 42% das causas de perda de equilíbrio foram por freadas e curvas, sendo citados ainda: mudança de marcha, aceleração, balanço e partida do caminhão (KENNY; TARRANT, 1987b; TARRANT; KENNY; HARRINGTON, 1988).

2.5 CARNE BOVINA DE CORTE ESCURO (“DRY, FIRM, DARK – DFD”)

A principal causa de DFD é a duração do transporte e o tempo de descanso no novo ambiente, associado à mistura de animais de diferentes propriedades, ou seja, estranhos entre si (HOOD; TARRANT, 1980). O manejo pré-abate influi na qualidade da carne, pois pode levar a diminuição das reservas de glicogênio do músculo. Depois da morte, o glicogênio nos músculos é convertido a ácido láctico. Quando a concentração de glicogênio é adequada, há acidificação da carne de um pH inicial de 7,0 para um pH final de 5,5, que é alcançado, normalmente, entre 24-48h nos bovinos (WARRISS, 1990). A carne bovina de boa qualidade tem pH final próximo a esse valor (TARRANT, 1990).

Porém, se o glicogênio do músculo é utilizado antes do abate, por alguma forma crônica de estresse, então, a acidificação fica limitada e o pH final será mais alto (TARRANT, 1990; WARRISS, 1990) – pois haverá produção insuficiente de ácido láctico para alcançar o pH final de 5,5 (TARRANT, 1990). A quebra do glicogênio – glicogenólise –, no músculo vivo, é ativada pelo aumento da adrenalina circulante, pela intensa atividade muscular ou pelo jejum (HOOD; TARRANT, 1980; TARRANT, 1990). Warriss (1983) observou que a grande atividade física aumentou os níveis sanguíneos de fosfocreatina quinase. Esta, por sua vez, estimulou o sistema nervoso simpático, aumentando conseqüentemente o nível das catecolaminas, estimulando a lipólise e aumentando os ácidos graxos livres. Isto indica que a energia metabólica dos animais foi sendo suprida pela quebra da gordura. Quaisquer circunstâncias comportamentais ou ambientais que ativem um ou mais mecanismos de quebra do glicogênio, levarão à ocorrência de carnes de corte escuro, se o estresse persistir por tempo suficiente (TARRANT, 1990). Com isso, pode-se dizer que a ocorrência de cortes escuros é primariamente comportamental (WARRISS, 1983).

Lister e Spencer (1983) citam que a carne de corte escuro não é resultado somente do aumento da estimulação adrenérgica, mas também é dependente da disponibilidade de substrato energético no músculo, fígado e reservas de gordura. Os autores supracitados sugerem que os animais que produzam carcaças de cortes escuros sejam incapazes de mobilizar gordura suficiente, e contam então com as reservas de glicogênio muscular para fornecer energia para o exercício.

Se o pH final da carne for de 5,8 – 6,0, a carne tenderá a apresentar uma cor anormal (WARRISS, 1990), sendo sua qualidade adversamente afetada devido ao risco aumentado de deterioração pelo crescimento bacteriano (TARRANT, 1990; WARRISS, 1990). A cor da carne escurece gradualmente em pH superior a 5,8 (TARRANT, 1990). Porém, segundo Swatland (1984), as carnes tornam-se escuras quando o pH é maior que 5,9. Quando o pH é maior que 6,0, a carne fica muito escura – sendo chamada de DFD – (WARRISS, 1990), e acima de 6,5 extremamente escura e de difícil comercialização (TARRANT, 1990). Já, as carcaças ou cortes cárneos com o pH \geq 6,4 são rejeitadas e condenadas (TARRANT, 1990; RIISPOA, 1997).

Valores elevados de pH são mais facilmente observados em músculos como: *L. dorsi*, *Semitendinosus*, *Semimembranosus*, *Adductor* e *Gluteus medius*

(SWATLAND, 1984). Porém, o *L. dorsi* é usado como indicador, porque ele apresenta pH mais elevado, que qualquer outro músculo do traseiro ou dianteiro (HOOD; TARRANT, 1980).

A carne DFD tem uma textura firme e seca, produzindo pouco ou nenhum exsudato quando cortada. A carne com um pH alto tende a ser mais tenra após o cozimento, embora tenha o sabor diminuído (WARRISS, 1990). Na carne DFD, a umidade após o cozimento produz uma carne com a estrutura mais aberta e mais macia (HOOD; TARRANT, 1980).

Apesar dos fatores expostos acima, o grande problema da carne DFD ocorre pela resistência do consumidor em comprá-la, por causa da sua cor (LISTER; SPENCER, 1983). Isto se deve a incapacidade dos tecidos incorporar oxigênio suficiente para formar a oximioglobina (PRICE; SCHWEIGERT, 1994), quando a carne é exposta ao ambiente (WARRISS, 1990).

A cor escura é discriminada pelos consumidores, pois estes associam a carne dura e de animais velhos, levando a perdas econômicas. A “National Beef Quality Audity”, em 1995, nos Estados Unidos, relatou que em 2.672.223 animais foi observada a ocorrência de 18.106 cortes escuros de carnes, com perdas econômicas de US \$4.024.058,00 (US \$1,51 por animal). Em 2000, de acordo com a mesma instituição, a incidência de cortes escuros foi de 2,3%. Segundo os pesquisadores, esta incidência foi devido aos diferentes tipos de manejo ou atributos estruturais dos currais e, sugerem que sob técnicas de manejo adequadas a incidência seja menor. Os cortes escuros também aumentaram quando a temperatura permaneceu acima de 35°C. O sexo do animal contribuiu para a incidência de cortes escuros, uma vez que os novilhos inteiros tiveram maior porcentagem de cortes escuros que as novilhas e os novilhos castrados (MC KENNA et al., 2002). A incidência de DFD em touros foi duas vezes maior que em novilhos (BROWN; BEVIS; WARRISS, 1990).

Com relação ao sexo do animal, Warriss (1983) observou que misturando dois grupos de animais machos, de propriedades diferentes, 50% deles apresentaram carcaças com cortes escuros. Por outro lado, ao realizar essa interação entre touros e novilhas não houve a presença de carcaças com cortes escuros. Os animais que apresentaram carcaças com cortes escuros ($\text{pH} \geq 6,0$) tiveram uma menor concentração de glicogênio nos músculos e fígados no momento do abate.

Segundo Scanga et al. (1998), pode-se reduzir a ocorrência de cortes escuros melhorando as instalações e as práticas de manejo.

Como citado anteriormente, a ocorrência de DFD está ligada à quantidade de glicogênio presente no músculo, no momento do abate. Estudos revelaram que o conteúdo de glicogênio extraído do músculo normal foi de 0,18%, enquanto que nas carnes de cortes escuros foi de 0,03%. Estes resultados corresponderam ao pH final de 5,58 e 6,53 respectivamente (PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

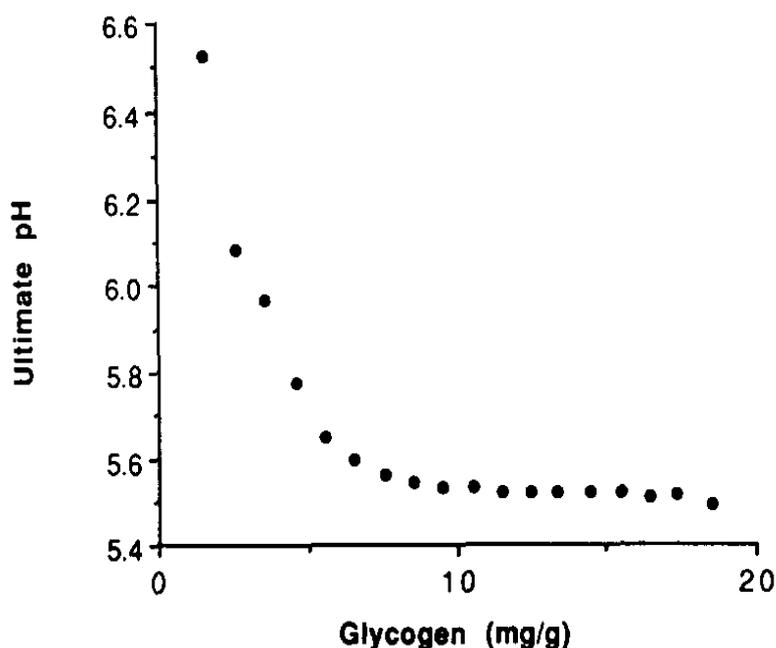


FIGURA 1 – Relação entre o pH final e a concentração de glicogênio presente no músculo *L. dorsi* após o abate (WARRISS, 1990).

Hood e Tarrant (1980) distribuíram questionários, acerca da carne DFD, para diversos cientistas, em laboratórios de pesquisa de carnes em dezenove países, e pôde observar as seguintes considerações:

- ✓ os touros foram considerados os mais afetados – temperamento excitável e agressivo ou atividade sexual;
- ✓ a incidência de DFD foi estimada em 1-5% em novilhos e novilhas, 6-10% em vacas e 11-15% em touros;
- ✓ os músculos do traseiro foram os mais afetados, sendo o *L. dorsi* considerado o músculo mais propenso a ocorrência de DFD, e o melhor indicador para identificação da DFD;

- ✓ os diversos pesquisadores consideram a carne DFD como aquela que apresenta o pH variando de 5,8 a 6,3, sendo que 41%, 19% e 22% consideraram como DFD, carnes com $\text{pH} \geq 6,0$; $\geq 6,1$; e $\geq 6,2$, respectivamente;
- ✓ a principal causa de DFD foi a má qualidade do manejo dos animais, resultando em estresse e exaustão, além da mistura dos animais nos currais, inadequadas condições de transporte, condições climáticas e nutrição;
- ✓ a recusa pela carne DFD se dá principalmente pela cor anormal e
- ✓ em 57,90% dos países pesquisados, as carcaças com cortes DFD são penalizadas economicamente em 10%; e, em 21,05% destes, a penalidade chega a 20%. Além disto, outras perdas econômicas incluem: remoção deste produto do mercado, sua substituição e perda da reputação de qualidade.

2.6 TRANSPORTE, JEJUM E GLICOGÊNIO MUSCULAR

O estresse é uma resposta a vários estímulos exógenos e endógenos que causam ativação neuroendócrina, levando a alterações fisiológicas. Os mais importantes marcadores do estresse são: o cortisol, a adrenalina e os ácidos graxos não esterificados. Animais de diferentes raças e idades variam em sua susceptibilidade ao estresse (AGNES et al., 1990). Muitos pesquisadores quantificam estas substâncias no sangue do animal, na tentativa de avaliar o nível de estresse provocado durante a etapa do transporte.

De acordo com o “Animal Welfare Advisory Committee” (1994), os ruminantes não podem ser transportados por mais de 12 horas sem acesso à água, e nem deixados em jejum por mais de 24 horas. Segundo o “Council of the European Union” (2004) e “Office of Public Sector Information” (2004), do Reino Unido, os animais devem ser transportados por no máximo oito horas. Porém, o transporte pode ser estendido – se forem cumpridas algumas exigências –, mas, sempre que for superior a 14 horas, os animais devem ser descansados por uma hora, sendo fornecido água e alimento, podendo ser, então, transportados por mais 14 horas.

O transporte dos animais para o matadouro envolve diversos fatores estressantes, tais como: físicos (barulhos, vibrações); emocionais (ambiente não familiar, reagrupamento social); e climáticos (temperatura, umidade e concentração de oxigênio) (AGNES et al., 1990). Além destes, há também a privação de água e alimento (GRANDIN, 1999).

A qualidade da carne pode ser comprometida pelo tempo de transporte, até mesmo sob ótimas condições e por pouco tempo (VILLARROEL et al., 2003). Entretanto, em viagens curtas (< 4h) não há estresse severo (TARRANT; KENNY; HARRINGTON, 1988), havendo pouco efeito no pH 24h *post mortem*, não sendo associado à carne bovina de corte escuro, contanto que as condições sejam boas e não haja trauma (GRANDIN, 2000). Por outro lado, o transporte por longas distâncias leva ao estresse prolongado do animal – aumenta indicadores de estresse como o cortisol, fosfocreatina quinase e lactato –, causando depleção do glicogênio muscular, com aumento do pH final da carne (WARRISS, 1990). Porém, segundo Tarrant (1990), isto pode ser revertido com descanso e alimentação dos animais antes da matança.

Em viagens longas, é necessário fazer paradas para o descanso, com acesso à água, quando a viagem exceder 24h (TARRANT, 1990). O grande interesse dos pesquisadores, em relação ao transporte rodoviário, é pela incidência de injúrias e contusões que podem ocorrer durante as viagens. Estes buscam determinar qual é a etapa do transporte mais estressante, para que se possa diminuir o estresse e melhorar a qualidade da carne.

Kenny e Tarrant (1987ab) observaram que o confinamento no caminhão em movimento foi mais estressante que o embarque, desembarque, confinamento em um novo ambiente ou em um caminhão parado. Esta conclusão foi devido ao aumento da concentração de cortisol sanguíneo, visto que este foi considerado o constituinte mais preciso para indicar uma resposta ao estresse. Entretanto, de acordo com estes autores, isto só pode ser aplicado ao transporte por uma curta distância, porque a adaptação à viagem pelos animais poderia levar a uma diminuição do cortisol plasmático. Por outro lado, Agnes et al. (1990) consideraram o carregamento, confinamento e o barulho como importantes agentes causais de estresse durante o transporte.

Estes trabalhos são de grande importância, pois o transporte é responsável por grandes perdas na indústria de carne. Além disso, é um fator muito importante que contribui para a ocorrência de DFD (HOOD; TARRANT, 1980).

Gardner² (1995, apud BOLEMAM et al., 1998) calculou a perda econômica associada às contusões e perdas devido à desvalorização da carcaça, e verificou que as contusões custaram à indústria de carne US \$114.452.000 naquele ano. Ainda, segundo a “National Beef Quality Audit”, em um levantamento realizado em 1995 e 2000, em plantas de processamento dos Estados Unidos, 48,4% (BOLEMAN et al., 1998; GARDNER et al., 2004) e 46,7% (MC KENNA et al., 2002) das carcaças bovinas apresentaram uma ou mais contusões. Foram calculadas as perdas econômicas nestes respectivos anos, sendo as seguintes: perdas por danos ao couro no valor de US \$24,30 e US \$23,92, condenações de carcaças US \$0,42 e US \$0,72, contusões US \$4,03 e US \$0,61, carnes com cortes escuros US \$6,08 e US \$5,81 por animal (HENDRIX; PETTY, 2004).

O jejum não leva diretamente a ocorrência de carne bovina de corte escuro, porém, causa uma diminuição da reserva de glicogênio no músculo, tornando, assim, o animal mais suscetível a DFD, por fontes adicionais de estresse. O jejum inibiu a resíntese do glicogênio no músculo (TARRANT, 1990).

Em bovinos, é necessário um longo tempo – três a onze dias – para recuperação do glicogênio muscular após a depleção, dependendo do sexo do animal, do mecanismo de depleção e do alimento oferecido no período de recuperação. Foi proposto que este período prolongado, para recuperação dos animais, fosse devido à diminuição do precursor do glicogênio. Porém, a administração artificial de elevadas concentrações de glicose não reduziu a depleção do glicogênio no músculo durante o estresse, nem aumentou as taxas de recuperação durante o repouso (MCVEIGH; TARRANT, 1982). Em um trabalho realizado na Austrália, o descanso e alimentação durante quatro dias – ao invés de dois dias –, depois de uma longa viagem, levou à diminuição do pH no músculo *L. dorsi* e em outros músculos (TARRANT, 1990).

² GARDNER, B. Improve management grubs, blood splash, calloused ribeyes, yellow fat, and bruises. In: SMITH, G. C. (Ed.) The Final Report of the Second Blueprint for Total Quality Management in the Fed-Beef (Slaughter Steer/Heifer) Industry.. Colorado State University, Fort Collins; Texas A&M University, College Station; and Oklahoma State University, Stillwater, 1995. p. 242-247.

Brown; Bevis e Warriss (1990) realizaram um levantamento em oito matadouros ingleses, por um período de um ano. Considerando como DFD, as amostras dos músculos *L. dorsi* com pH final >6,0, os autores puderam observar que, em viagens longas ($\geq 240\text{Km}$) houve uma maior incidência de carne DFD (16,4%). Também foi observado que, nos animais abatidos no mesmo dia de chegada ao matadouro, houve uma maior incidência de DFD (5,5%) que nos animais abatidos no dia seguinte (3,1%).

Conforme Lister e Spencer (1983), o nível crítico de glicogênio no abate é de 3,1 mg/g, abaixo do qual aumentaria muito a possibilidade de ocorrer cortes escuros. Por outro lado, os mesmos autores citam que uma concentração maior ou igual a 5mg/g de glicogênio muscular no momento do abate será suficiente para que o pH fique abaixo de 6,0, prevenindo a ocorrência de DFD. De acordo com Brown; Bevis e Prior (1990), a concentração de glicogênio muscular de aproximadamente 8-9mg/g leva a uma elevação do pH, porém, quando esta permanece abaixo de 4-5mg/g indica carne de corte escuro.

Fernandez et al. (1996) observaram que o potencial glicolítico³ (usado como estimativa do conteúdo de glicogênio) foi menor em animais transportados por 11h que em animais transportados por 1h, porém, não houve diferença no pH final das amostras.

Crouse; Smith e Prior (1984) observaram que após um descanso e jejum de 96 horas, o conteúdo de glicogênio muscular foi reduzido de 14,76mg/g para 9mg/g de tecido. Nos animais controle (não jejuados) este valor caiu de 15,48mg/g para 13,86mg/g, havendo diferença significativa entre os dois grupos. Esta depleção persistiu até o terceiro dia após a realimentação dos animais, sendo respectivamente de 9,54mg/g e 13,86mg/g. Porém, em ambos grupos, o conteúdo de glicogênio muscular, no 7º, 10º e 14º dia após a realimentação, permaneceu similar. Contudo, de acordo com Hood e Tarrant (1980), animais submetidos a nove dias de descanso, jejum e dieta hídrica sofreram uma diminuição do glicogênio muscular de apenas 14,35mg/g para 12,44mg/g. Todos os valores supracitados estão acima daqueles descritos por Lister e Spencer (1983); Brown; Bevis e Warriss (1990). Há, então,

³ Potencial Glicolítico (PG) – é o potencial de produção de lactato de acordo com a fórmula, onde: $PG = 2([\text{glicogênio}] + [\text{glicose}] + [\text{glicose-6-fosfato}]) + [\text{lactato}]$ em micromols (μmol) de lactato por grama de músculo.

boas evidências para concluir que o jejum reduz as reservas de glicogênio, entretanto, os bovinos podem manter níveis suficientes para uma normal acidificação *post mortem* (HOOD; TARRANT, 1980). Desse modo, é improvável que o jejum, por si só, sob condições normais, seja a principal causa que predisponha ao aparecimento da carne DFD (CROUSE; SMITH; PRIOR, 1984).

O estresse é outro fator que pode levar a uma diminuição do glicogênio muscular. Animais submetidos ao estresse, por seis horas, tiveram o conteúdo de glicogênio, no músculo *L. dorsi*, diminuídos de 18mg/g para 7,38mg/g. Nas primeiras 18 horas do período de recuperação com alimentação, o valor subiu para 8,1mg/g e no segundo dia para 12,6mg/g (MC VEIGH; TARRANT, 1982).

Animais submetidos ao estresse, por cinco horas – induzido pelo reagrupamento com animais estranhos –, tiveram um declínio do glicogênio de 15,66mg/g para 8,64mg/g no músculo *L. dorsi*. Durante a recuperação, houve um aumento para 71% do valor em repouso após um dia e 111% após três dias (LACOURT; TARRANT, 1985). Foi observado um maior conteúdo de glicogênio *ante mortem* (10,95mg/g), com uma hora (10,06mg/g) e três horas (9,34mg/g) *post mortem*, em animais transportados a uma curta distância e abatidos logo após a chegada ao matadouro. Houve diferença significativa em relação aos animais submetidos ao jejum durante à noite e misturados com animais estranhos, sendo respectivamente de 5,99mg/g, 4,05mg/g e 3,02mg/g. Apesar disto, não houve diferença significativa no pH 48 horas *post mortem* (LAHUCKY et al., 1998).

Batista de Deus; Silva e Soares (1999) notaram que houve diferença significativa nos níveis de ácido láctico no músculo *L. dorsi* de bovinos – 24 horas *post mortem* –, submetidos ao jejum e dieta hídrica de 12h, em função do transporte por 46Km (15,96mg/mL), 240Km (14,94mg/mL) e 468Km (13,86mg/mL). A diminuição do nível de lactato, relativamente a maior distância percorrida (468Km), deve-se à menor quantidade de glicogênio muscular que foi consumido com o maior dispêndio de energia para manutenção da homeostase. Segundo, Hood e Tarrant (1980), no músculo com pH de 5,5, o conteúdo de lactato é de aproximadamente 18mg/g, enquanto que no músculo DFD é 7,2mg/g.

2.7 pH

O pH final é o parâmetro mais avaliado em estudos que consideram os efeitos *ante mortem* na qualidade da carne. Embora esteja claro que viagens a curtas distâncias possam reduzir o peso vivo, diminuir a reserva de glicogênio e aumentar a temperatura da carne, isto nem sempre é refletido no pH final (MARÍA et al., 2003).

Quando os seguintes tratamentos foram aplicados – transporte por 3Km e descanso e jejum por 24h; 320Km e 48h; 640Km e 72h –, foi observado que o jejum e o transporte não tiveram efeito no pH 45 minutos (min.), respectivamente 6,78; 6,72 e 6,79, nem a 24h *post mortem*, respectivamente 5,68; 5,63 e 5,72 (JONES et al., 1988). Também não houve diferença significativa em relação ao pH do músculo *L. dorsi*, 24h *post mortem*, sendo respectivamente de 5,62; 5,65; 5,70; 5,71; 5,72, para os grupos de animais não jejuados, e submetidos a 12, 24, 36 e 48 horas de jejum, com privação de água, e posteriormente transportados por uma distância de 5 Km. Porém, houve uma tendência ao aumento do pH, conforme o período de jejum aumentou (JONES et al., 1990).

Fernandez et al. (1996) observaram que em bezerros, com 20 semanas de idade, após um período de jejum de 1h e 11h, associado a um período de transporte 1h e 11h, o pH determinado 4h *post mortem*, no músculo *L.dorsi*, permaneceu mais elevado nos animais transportados por 11h, apesar de não ter havido diferença significativa no pH final – 48h *post mortem*. María et al. (2003) também não encontraram diferença significativa no pH final – 24h *post mortem* –, onde apresentaram valores de 5,61, 5,59 e 5,59 em animais transportados respectivamente por 30min., 3h e 6h.

Em um trabalho realizado por Van de Water; Verjans e Geers (2003) com bezerros (28 semanas) transportados por um tempo médio de 64 minutos (distância média de 63Km) e submetidos ao tempo médio de jejum de 6,6 horas, foi observado apenas um caso de DFD, ou seja, pH > 6,0, entre 93 animais, sendo que a média do pH final (24 horas *post mortem*) foi de 5,50.

Por outro lado, Jones et al. (1986) observaram que, transportando novilhos por 160Km e retendo alimentação por 24h antes do abate, houve aumento do pH a 45min. (6,77 para 6,84) e 24h *post mortem* (5,64 para 5,75), comparado aos novilhos que foram transportados por 4Km e abatidos. Segundo Batista de Deus; Silva e

Soares (1999), houve diferença significativa no pH final, em função da distância do transporte dos animais – 46, 240 e 468Km –, submetidos ao jejum e dieta hídrica de 12h, sendo respectivamente de 5,60, 5,67 e 5,78. Hood e Tarrant (1980) citam que em animais transportados por quatro horas e submetidos a 48h de jejum, 58,33% apresentaram pH >6,0, no *L. dorsi*, 48h *post mortem*, comparado ao pH dos animais transportados nas mesmas condições e não submetidos ao jejum (controle).

Joaquim (2002) observou que a média do pH final (24h *post mortem*), no músculo *L. dorsi*, em grupos de animais transportados por até 100Km (5,62) e de 101 a 330Km (5,64), não diferiu significativamente entre si. Porém, em animais transportados por mais de 330Km o pH final diferiu significativamente dos outros dois grupos (5,78). A prevalência de carne considerada moderadamente DFD, nos animais transportados por mais de 330Km (pH final entre 5,8 e 6,2) foi de 23,34% e DFD (pH > 6,2) de 15%. Com relação aos animais transportados por até 100Km e de 101 a 330Km, a prevalência foi respectivamente de 11,67% e 18,34% para moderadamente DFD e 1,67% para DFD, nos dois grupos.

Lahucky et al. (1998) observaram, em dois grupos de animais transportados por uma curta distância, que os animais misturados a outros estranhos ao lote e submetidos ao descanso e jejum durante à noite, apresentaram um pH 48h *post mortem* maior (6,7) que o dos animais abatidos imediatamente após a chegada ao matadouro (5,66).

Em animais transportados por 90Km, e descansados durante à noite, totalizando 14 horas até o abate, o pH 48h *post mortem* em carcaças estimuladas eletricamente (EE) e não estimuladas (NE) foi de respectivamente 5,47 e 5,53, sendo considerado um bom indicador para a FC (EE=5,39kg; NE=6,05kg) do músculo *L. dorsi*, correlacionando-se altamente com o CS (EE=1,9µm; NE=1,8µm) (SHACKELFORD; KOOHMARAIE; SAVELL, 1994).

A falta de interferência no pH final pode acontecer quando o transporte provocar somente um leve estresse aos animais (FERNANDEZ et al., 1996). Por outro lado, María et al. (2003) citam que isto pode ocorrer, pois a relação entre a quantidade de glicogênio inicial e o pH final, é somente linear em níveis muito baixos de glicogênio. Desse modo, os níveis de glicogênio não diminuem suficientemente para ter um efeito significativo no pH final, especialmente quando os animais podem recuperá-lo durante o descanso.

2.8 FORÇA DE CISALHAMENTO (FC) E COMPRIMENTO DE SARCÔMERO (CS)

A propriedade física mais importante da carne é a maciez. Durante o cozimento, o diâmetro da carne diminui em aproximadamente 15% e o colágeno sofre gelatinização. Quatro fatores são importantes para a textura da carne: comprimento do sarcômero, citoesqueleto, tecido conjuntivo e decomposição da microestrutruura muscular após o abate (SWATLAND, 1984). Além disso, a maciez da carne é fortemente influenciada pelo pH e temperatura (MARSH et al., 1981), sendo estes considerados por Geesink et al. (1995) como os principais determinantes da FC, no primeiro dia *post mortem*.

O aumento da FC (diminuição da maciez) da carne bovina leva a importantes perdas econômicas. Morgan⁴ (1995, apud BOLEMAM et al., 1998) conduziu uma análise associada à dureza da carne bovina, e relatou que houve 1,7% de queixas de consumidores, que correspondeu à perda de US \$7,64 por animal ou US \$216.976.000 anualmente.

Logo após o abate a taxa muscular de ATP é elevada. Este ATP é a fonte de energia para que haja a contração muscular, e na fase de repouso muscular confere elasticidade. Nos primeiros momentos após o abate, ocorre a hidrólise do ATP, que é sintetizado às custas da fosfocreatina e do glicogênio. A glicose metabolizada em anaerobiose produz ácido láctico, abaixando o pH dos músculos, até chegar a um momento, em que não é mais possível a síntese do ATP, diminuindo sua concentração no músculo. Este, por sua vez, perde a elasticidade e entra em rigidez cadavérica. Com isso, a carne se torna endurecida, ou seja, há perda da extensibilidade, pois há formação de ligações cruzadas entre a actina e a miosina da miofibrila, à medida que esgota-se o ATP no músculo (DIAS CORREIA, 1976).

Considerando que a glicólise mantém o fornecimento de ATP, os músculos com menor conteúdo de glicogênio entram em *rigor mortis* mais rapidamente. Por esta razão, as carcaças com pH final mais alto entram em *rigor mortis* antes de terem sido resfriadas suficientemente, para que os músculos sofram o encurtamento

⁴ MORGAN, J.B. Enhance taste palatability. In: G. C. Smith (Ed.) The Final Report of the Second Blueprint for Total Quality Management in the Fed-Beef (Slaughter Steer/Heifer) Industry. Colorado State University, Fort Collins; Texas A&M University, College Station; and Oklahoma State University, Stillwater, 1995. p. 188-193.

pelo frio. Desse modo, os cortes cárneos de tais carcaças tendem a ser mais macios (HOOD; TARRANT, 1980). Segundo Lüdden; Marcelia e Gambaruto (1983) os valores de FC determinados pelo aparelho Warner Bratzler correspondem a: muito macio 0 – 4,9kg; macio 5,0 – 9,9kg; pouco macio 10,0 – 14,9kg; duro 15,0 – 20,9kg e muito duro $\geq 21,0$ kg.

A taxa glicolítica, nas primeiras horas do abate, é a principal determinante da maciez, através do seu efeito na temperatura, pH e atividade enzimática proteolítica das enzimas da carne (MARSH⁵, 1993 apud O' HALLORAN et al., 1997). Pequenas diferenças no pH podem afetar a maciez. A maciez da carne bovina diminuiu com o aumento do pH final (24h *post mortem*) de 5,5 a 6,1, e, à medida que o pH foi maior que 6,1, a carne tornou-se mais macia (PURCHAS, 1990). Segundo Yu e Lee (1986), o pH e a temperatura *post mortem* tiveram um efeito significativo nas alterações estruturais, no padrão de degradação da proteína muscular e na maciez da carne. A maciez é afetada, também, pela mudança no comprimento do sarcômero (KOOHMARAIE, 1996; VILLARROEL et al., 2003).

George; Bendall e Jones (1980) observaram que a temperatura nas carcaças estimuladas eletricamente foi significativamente maior que nas carcaças não estimuladas. Isto pode afetar o processo de amaciamento, já que, como citado anteriormente, este é dependente da temperatura e do pH. Marsh et al. (1981) relatou que a permanência de meias carcaças a temperatura de 37°C, nas primeiras três horas *post mortem*, levou a uma maior maciez, em relação às meias carcaças correspondentes submetidas imediatamente ao resfriamento.

Foi observado que as carnes com o pH final alto (>6,3) e baixo (<5,8) foram mais macias que as carnes com o pH final intermediário (5,8-6,3). A maciez da carne com pH final alto foi devido à remoção da linha Z, e a degradação da troponina T, troponina I, tropomiosina e α actinina, por proteases neutras, tais como as proteases cálcio dependentes. As proteases ácidas – como as enzimas lisossomais – são responsáveis pela maciez nas carnes com o pH baixo. Algumas enzimas lisossomais têm seu pH ótimo por volta de 5,5, que é próximo ao valor do pH final dos músculos. Nestes foi observado uma degradação da cadeia pesada de miosina, troponina T, troponina I, tropomiosina, actina e α actinina. Nos músculos com pH intermediário, o pH variou de 5,8-6,3, o que não é considerado ótimo, nem para as

⁵ MARSH, B.B. In: International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST), Review paper, Session 3. Canada: Calgary, 1993.

enzimas cálcio dependentes, nem para as enzimas lisossomais. Com isso, houve uma limitada degradação dos filamentos finos, troponina T, troponina I e tropomiosina. A linha Z permaneceu preservada, nas carnes com pH baixo e intermediário, sendo, então, a degradação desta envolvida na maciez da carne com pH alto (YU; LEE, 1986).

Porém, a proteólise catalisada pelas calpaínas - que é maior com o aumento do tempo de maturação - parece ser afetada pelo estresse no transporte, que modifica o nível de calpastatina, ligando-se e inibindo as calpaínas, produzindo uma carne dura (VILLARROEL et al., 2003).

Após o transporte de quarenta e oito touros por 20, 240 e 400Km (aproximadamente 30min., 3h e 6h), não foi observado diferença significativa entre os tempos de transporte, e a FC, sete dias *post mortem*, sendo respectivamente de 5,26kg, 5,0kg e 5,3kg (MARÍA et al., 2003). Porém, Villarroel et al. (2003) concluíram que a maciez da carne – através da análise sensorial –, de animais submetidos a 3h de transporte foi maior e diferiu significativamente do transporte por 6h e 30 min., sendo seus valores de 56,7, 52,0 e 50,8 respectivamente – escala de 1 a 100.

Segundo o autor, em viagens curtas o tempo entre o embarque e desembarque é curto, causando estresse aos animais. Já, em uma viagem longa, os animais ficariam mais cansados, afetando a maciez (VILLARROEL et al., 2003). Por sua vez, María et al. (2003) citaram que a maturação melhora a maciez da maioria dos músculos, podendo atenuar qualquer efeito negativo do transporte, já que, com 14 dias *post mortem*, a FC foi significativamente menor, para todos os tempos de transporte, não havendo diferença significativa entre eles.

Por outro lado, Jones et al. (1988) encontraram diferença significativa entre os diferentes tempos de transporte, descanso e jejum (3Km/24h descanso e jejum; 320Km/48h e 640Km/72h) e a FC. Os animais submetidos a 640Km de transporte tiveram FC, no quarto dia *post mortem*, de 8,51kg, que foi significativamente mais alta que aqueles transportados por 3Km e 320Km (respectivamente 6,01kg e 6,81kg), sendo que os dois últimos não diferiram significativamente.

Houve, também, um aumento significativo na dureza da carne, em animais submetidos a 11h de transporte, em relação aos animais submetidos a 1h, apesar de não ter havido diferença significativa no CS (FERNANDEZ et al., 1996).

No músculo *L. dorsi* de animais abatidos logo após a chegada ao matadouro a FC foi de 3,3kg, havendo diferença significativa quando comparado a FC dos músculos dos animais submetidos ao jejum durante à noite (2,3kg) (LAHUCKY et al., 1998). Jones et al. (1990) observaram menor valor de FC para os músculos dos animais não submetidos ao jejum antes do transporte (6,3kg), havendo diferença significativa da FC dos músculos dos animais jejuados por 24, 36 e 48 horas (respectivamente 7,0, 7,7 e 7,7kg).

Após a determinação do pH, 28h *post mortem*, no músculo *L. dorsi* de touros, as amostras foram separadas de acordo com o pH final em: normal (pH final 5,5 a 5,8), moderadamente DFD (pH final de 5,8 a 6,2) e DFD (pH final de 6,2 a 6,7). Foi observado que, nos dias 1, 6 e 13 *post mortem*, as carnes com pH normal foram significativamente mais duras (15,2; 11,6 e 12,3kg) que as moderadamente DFD (12,8; 9,2 e 8,2kg) e DFD (9,5; 5,9; 6,0kg). A FC diminuiu linearmente com o aumento do pH final. Apesar do CS, no primeiro dia *post mortem*, ter sido maior no grupo com o pH normal (1,77 μ m) que no grupo moderadamente DFD (1,56 μ m) e DFD (1,67 μ m), os dois últimos apresentaram maior maciez, como pode ser visto acima. Por outro lado, o grupo DFD apresentou maior comprimento de sarcômero que os outros grupos no sexto e décimo terceiro dia *post mortem*, embora a diferença não tenha sido significativa (SILVA; PATARATA; MARTINS, 1999).

Beltrán et al. (1997) realizaram a mesma separação em grupos de pH final (48h *post mortem*), em animais transportados por 10Km e descansados por 12 horas. Foi observada diferença significativa para a atividade da m-calpaína – que tem o pH ótimo próximo a 7,0 –, entre os distintos grupos de pH, no sétimo dia *post mortem*, sendo maior para o grupo DFD. O pH, desta forma, interferiu na FC, sendo esta significativamente menor no grupo DFD (1,6 kg) que no grupo com pH normal (2,4kg) e intermediário (2,9kg), não havendo diferença significativa entre os dois últimos. Yu e Lee (1986) também observaram que a carne com o pH alto foi significativamente mais macia (6,3kg) – quarto dia *post mortem* – que a carne com o pH baixo (7,4kg) e intermediário (8,2kg). A carne de pH intermediário foi a mais dura. A respeito do CS, houve diferença significativa entre a amostra com pH final baixo (1,67 μ m) em relação a amostra com pH final alto (1,60 μ m) e intermediário (1,58 μ m), porém as duas últimas não diferiram entre si. Apesar disto, a amostra com pH final alto foi mais macia. Segundo os autores, há outros fatores que, além do CS,

contribuem para a maciez da carne com o pH alto, embora haja uma alta correlação entre FC e CS.

Watanabe; Daly e Devine (1996) separaram as carcaças de ovelhas (*L. dorsi*) conforme os autores supracitados, e observaram que nas carcaças com pH final alto (> 6,3), os valores da FC diminuíram rapidamente nas 24h *post mortem*. Por outro lado, nas carcaças com pH final baixo (< 5,8) a FC diminuiu moderadamente – o processo se completou no terceiro dia *post mortem*. Já, nas carcaças com o pH final intermediário, a FC caiu muito lentamente, completando-se no sexto dia *post mortem*. Porém, com seis dias de maturação os três grupos de carcaças alcançaram os mesmos valores de FC (aproximadamente 5kg). Segundo este autor, o principal impacto do pH final no processo de maturação parece ser na velocidade com que a maciez se desenvolve, considerando que após um período suficiente de maturação, a maciez torna-se equivalente para todos os valores de pH.

Purchas (1990); Purchas e Aungsupakorn (1993) demonstraram que conforme o pH aumentou de 5,5 a 6,2 houve uma diminuição da maciez, e, à medida que o pH aumentava (> 6,2), a carne tornava-se mais macia. O CS, ao contrário, diminuiu com o aumento do pH até 6,3, e, a partir daí, houve um leve aumento com o aumento do pH. Os autores supracitados observaram que no grupo com o pH < 6,2, 55% da variação da FC foi devida ao pH, e 50% foi condicionada ao comprimento de sarcômero, porém, quando ambos estavam combinados na mesma equação de regressão, somente 66% da variação foi condicionada a eles. Isto sugere que o efeito do pH na FC seja mediado, pelo menos em parte, pelo CS, o que foi confirmado pela significativa relação negativa entre o pH e o CS, visto que, conforme o pH aumentou de 5,5 para 6,2, aquele diminuiu de 1,64 μ m para 1,51 μ m.

A relação entre o comprimento do sarcômero e a maciez da carne é conhecida. Contudo, não há unanimidade entre os pesquisadores sobre a existência desta relação (KOOHMARAIE, 1996). Entretanto, segundo este autor, o CS do *L. dorsi* de carneiros diminuiu de 2,24 μ m, no momento do abate, para 1,69 μ m (24h *post mortem*), aumentando a FC de 5,07kg para 8,66kg um dia após o abate.

O complexo enzimático, calpaínas / calpastatina, desempenha o papel principal na proteólise de proteínas estruturais do músculo, levando ao aumento da maciez. Considerando que o pH ótimo de atuação das calpaínas é em torno de 7,0 (neutro), a maciez da carne será maior quando esta apresentar pH final mais alto. Por outro lado, os autores não conseguiram explicar o aumento da maciez conforme

o pH caiu de 6,0 até 5,4. Alguns autores sugerem que seja devido às enzimas lisossomais que têm o pH ótimo situado nesta faixa (WATANABE; DALY; DEVINE, 1996). Porém, foi demonstrado que a inibição da atividade das enzimas lisossomais teve pouco efeito na maciez (KOOHMARAIE, 1996).

Segundo O' Halloran; Troy e Buckley (1997), o pH final (24h *post mortem*) nas amostras de glicólise lenta, intermediária e rápida, do músculo *L. dorsi* de novilhas, foi normal (5,46 a 5,62). Entretanto, a FC (48h *post mortem*) foi significativamente menor (7,06kg) nas amostras que apresentaram glicólise rápida, comparado com as amostras de glicólise intermediária (7,77kg) e de glicólise lenta (12,5kg). Pike et al. (1993) controlaram a taxa glicolítica, aplicando EE de baixa voltagem na linha de abate, e observaram que a maciez foi ótima nas meias carcaças que produziram um pH₃ (pH 3 horas *post mortem*) de 6,0. Porém, nas carcaças onde houve glicólise muito rápida (pH₃ < 5,6), a carne foi tão dura quanto as carnes derivadas de carcaças onde a glicólise foi muito lenta (pH₃ > 6,8).

Entretanto, Shackelford; Koohmaraie e Savell (1994) observaram que quando as carcaças eram agrupadas em grupos de acordo com o pH₃ (< 6,0; 6,0-6,4 e >6,4), não houve diferença na maciez entre os grupos (respectivamente 5,58; 5,55 e 5,78kg) e o CS (1,91; 1,82 e 1,82µm), e, com isso, o pH₃ não foi considerado um bom indicador de maciez.

Foi verificado que em carcaças, onde ocorreu uma glicólise lenta pH₃ > 6,3, a correlação entre a maciez e o CS do músculo *L. dorsi* foi alta, enquanto que nas carcaças com glicólise rápida, pH₃ < 6,3, foi insignificante, embora não houvesse diferença significativa entre o CS de ambos, sendo respectivamente de 1,76µm e 1,80µm. A maciez foi altamente dependente do encurtamento, em músculos de glicólise lenta, mas independe nos músculos com queda rápida de pH. Foi observado, também, que há uma zona intermediária de pH (5,9 a 6,3), onde acima da qual, o efeito do CS na maciez é muito forte, dentro dela é fraca, e abaixo desta zona não foi detectada relação. Através da análise sensorial, foi observado que quanto maior CS maior a maciez. O painel observou, ainda, que a maciez foi maior nas amostras com pH entre 5,9 e 6,1 (SMULDERS et al., 1990).

Com relação aos métodos para determinação do comprimento do sarcômero, o mais usado é a microscopia de contraste de fase, de tecidos não corados, por imersão em óleo. Este método mede o espaço entre dois discos Z adjacentes, com o auxílio de um micrometro ocular (CROSS; WEST; DUTSON, 1981). Porém, há

outros métodos para a determinação do comprimento do sarcômero. Ruddick e Richards (1975) compararam dois métodos – microscopia com óleo de imersão e a difração a laser –, e observaram que ambos os métodos revelaram resultados semelhantes. Cross; West e Dutson (1981) concluíram que o comprimento de sarcômero do músculo *Semitendinosus* não diferiu significativamente entre três diferentes métodos de medição – método de difração a laser e dois métodos de microscopia em óleo de imersão: “Micrometer Filar” e “Shearicon Size Analyser”. Nestes métodos, para uma precisão de 95%, é necessário respectivamente uma, duas e três medições. O método de difração a laser mede muitos sarcômeros, porém as técnicas de “Micrometer Filar” e “Shearicon Size Analyser” medem respectivamente somente dez e quatro sarcômeros, por miofibrila. A microscopia ótica convencional, através da fixação com formalina 10% e uso de corante tem sido utilizada para o estudo do músculo e do comprimento de sarcômero (BEHMER et al., 1976; ABREU, 1984; ALMEIDA, 1993).

2.9 COR

Um dos componentes físicos mais importantes da carne é a cor. O consumidor a usa como indicador de qualidade e frescor. A cor é determinada pela quantidade de mioglobina no músculo. A estabilidade desta foi associada com o tratamento pré-abate (MARÍA et al., 2003).

Nas carnes frescas, a mioglobina é o principal pigmento. Porém, por melhor que tenha sido sangrado o animal, 20% a 30% de hemoglobina está presente na carne. A carne fresca tem cor vermelho-vivo, devido à presença da oximioglobina, que resulta da combinação do oxigênio com a mioglobina. Sob baixas pressões de oxigênio na carne, há tendência à dissociação do oxigênio de sua ligação com o anel heme, sendo o pigmento oxidado por outros compostos, formando a metamioglobina (DIAS CORREIA, 1976).

Os animais cansados originam carne com menor tempo de conservação, em virtude do desenvolvimento incompleto da acidez muscular, com invasão precoce da flora microbiana (BATISTA DE DEUS; SILVA; SOARES, 1999). As bactérias crescem mais rapidamente em carnes com pH final alto (MARÍA et al., 2003). Esta carne apresenta-se escura e pouco brilhante, dando a impressão de uma sangria

deficiente (BATISTA DE DEUS; SILVA; SOARES, 1999). Com a maturação da carne, a carga bacteriana também aumenta reduzindo a pressão parcial de oxigênio e estimulando a formação de metamioglobina na superfície da carne (MARÍA et al., 2003).

Segundo Gasperlin; Zlender e Abram (2000) os valores de L* (Luminosidade), a* (vermelho para verde) e b* (amarelo para azul) para o músculo *L. dorsi* com pH final normal (próximo a 5,6), após a incorporação do oxigênio, foi de 38,4, 20,7 e 11,4, enquanto que para a carne DFD foi de 29,7, 12,5 e 4,3, respectivamente. A profundidade da camada oxigenada foi de 2,8 milímetros (mm) para a carne com pH normal e 0,3mm para a carne DFD. De acordo com os mesmos autores, a respiração mitocondrial no músculo *post mortem* é aumentada pela temperatura e pH elevados (quanto maior o pH menor os valores de L*, a*, b*). A cor da carne DFD é dependente da respiração mitocondrial, pois quanto esta é maior, a concentração de oximioglobina é menor, pelo consumo aumentado de oxigênio. Jones et al. (1988) observaram que quanto maior o tempo de transporte, descanso e jejum, mais escura é a carne, ou seja, menor os valores de L*, a*, b*, mesmo não havendo diferenças significativas de pH. Os animais transportados por 3Km e submetidos ao jejum por 24h tiveram valor de a* de 18,50 diferindo significativamente dos animais submetidos ao transporte por 320Km e jejum de 48h e 640Km e 72h, onde o valor de a* foi de 17,88 e 17,27, respectivamente. O mesmo ocorreu com o valor de L* e de b* que foram respectivamente de 38,03; 35,73; 36,02 e 14,25; 13,14; 12,88. Então, o transporte teve um efeito negativo na qualidade da carne. Em animais transportados por 5Km, com a variação dos tempos de jejum (0h, 12h, 24h, 36h, 48h), a cor do músculo, no sexto dia *post mortem*, foi mais escura apresentando um valor de L* cada vez menor (39,1; 37,9; 37,3; 36,3; 35,5); e também menos vermelha, ou seja, menor valor de a* (21,2; 20,7; 19,7; 19,1; 19,1), não havendo, porém, nenhuma carcaça de corte escuro. O valor de b* também diminuiu, sendo respectivamente de 9,3; 8,7; 7,9; 7,6; e 7,5 (JONES et al., 1990). Em outro trabalho foi observado que em amostras do músculo *L. dorsi* onde o pH final foi < 6,1 os valores L*, a*, b* foram de 41,5; 12,05 e 7,19, enquanto que nas amostras com pH final > 6,1 estes valores foram de 37,2; 9,78 e 4,69, respectivamente, havendo diferença significativa entre os dois grupos de pH. A carne com pH alto tem maior capacidade de retenção de água aumentando a absorção da luz (ABRIL et al., 2001).

Por outro lado, Fernandez et al. (1996) observaram que a cor – 48h *post mortem* –, do músculo *Rectus abdominis*, não foi afetada, nem pelo tempo de transporte (1h e 11h), nem pelo jejum (1h e 11h). MARÍA et al. (2003) também observaram que, em geral, a cor não foi afetada pelo tempo de transporte, não havendo diferença significativa entre os valores de L*, a*, b* medidos 24h *post mortem*. Os valores de L* para o transporte de 30 min., 3h e 6h foram de 35,26; 33,96 e 35,41; os valores de a* 21,45; 22,7 e 22,19 e de b* 11,24; 12,25 e 11,62; respectivamente.

Após a estratificação dos animais, em três faixas de pH, foi observado que nas amostras com pH final alto (pH > 6,3) a carne ficou muito escura, nas amostras com pH intermediário (pH final de 5,8 a 6,3) moderadamente escura, enquanto que com o pH baixo (pH < 5,8) a cor da carne foi normal (YU; LEE, 1986).

Com relação ao uso da estimulação elétrica, Lüdden; Marcellia e Gambaruto (1983) observaram uma melhora significativa da cor em todos os músculos estimulados, sendo mais clara, uniforme e atrativa. Esta modificação se deve a uma aceleração da glicólise, que desempenha um importante papel na transformação da mioglobina em oximioglobina.

2.10 ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA (EE)

Aparentemente, a EE (alta voltagem) foi usada pela primeira vez, em 1951, por Harsham e Deatherage, com o objetivo de acelerar a queda do pH e o início do rigor. Nenhum uso prático foi realizado até que, 22 anos mais tarde, pesquisadores na Nova Zelândia observaram seu uso como meio de prevenir o encurtamento pelo frio e o endurecimento da carne (GEORGE; BENDALL; JONES, 1980).

A EE pode ser de dois tipos: de baixa e de alta voltagem. Na de baixa é utilizada uma voltagem de mais ou menos 100 volts (V), enquanto que na de alta por volta de 500V. A aplicação pode ser realizada até 60 minutos após o sacrifício do animal. A corrente é usualmente aplicada com pinças ou barras de contato, no focinho ou no peito e nas patas traseiras do animal. A de baixa voltagem é usualmente aplicada logo após a sangria, e funciona mediante a estimulação da musculatura, por meio do sistema nervoso, que ainda se mantém vivo. Já, a de alta voltagem pode ser aplicada mais tardiamente, e não depende do sistema nervoso,

pois estimulam os músculos diretamente. Normalmente utilizam-se pulsos de 1-2 segundos (s), por um período de 90s (WARRISS, 2003).

No Brasil, por motivos de segurança, os matadouros utilizam a EE de baixa voltagem: 70V por dois minutos, com freqüência de 13 a 15 milésimos/segundo a cada pulso, nos primeiros cinco minutos após a insensibilização (PARDI et al., 2001).

A aplicação da EE nos matadouros traz grandes vantagens. Deste modo, esta tem sido usada com sucesso para melhorar a maciez e a qualidade da carne de perus, ovinos e bovinos (ABERLE et al., 2001), já que previne o encurtamento pelo frio.

Visto que o encurtamento pelo frio ocorre somente no período de pré-rigor – depois de atingido o rigor, o músculo não responde mais a contração por estímulo a um rápido resfriamento –, o procedimento de EE da carcaça, após o abate, torna-se muito importante (WARRISS, 2003). A estimulação acelera a glicólise e o rigor, eliminando a possibilidade de encurtamento pelo frio, pois o pH estará próximo de 6,0, quando as carcaças forem resfriadas, mesmo que o músculo seja submetido a um resfriamento rápido e intenso (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; PARDI et al., 2001). Isto ocorre, pois as contrações musculares causadas pela estimulação utilizam grandes quantidades de ATP, levando ao esgotamento desta reserva de energia (ABERLE et al., 2001).

Além do efeito na prevenção do encurtamento pelo frio, há o rompimento físico das fibras musculares submetidas a supercontração, – o que irá afetar a maciez do produto (PRICE; SCHWEIGERT, 1994) –, aceleração da atividade proteolítica causada pelo aumento da liberação de cálcio (ABERLE et al., 2001; WARRISS, 2003). Porém, para se conseguir o rompimento da estrutura física das miofibrilas, a voltagem aplicada deve ser relativamente alta (>300V) (PRICE; SCHWEIGERT, 1994). Deste modo, quando o objetivo primordial é melhorar a maciez, a alta voltagem é mais eficiente (PARDI et al., 2001). Por outro lado, em países que usam baixa voltagem (40-80 V), a eliminação do encurtamento pelo frio, por si só, já causa uma melhora significativa na maciez (PRICE; SCHWEIGERT, 1994).

Porém, segundo George; Bendall e Jones (1980), quando as meias carcaças submetidas a EE são resfriadas abaixo de 10°C dentro de poucas horas, a maciez não será maior que na amostra controle. Isto pode ser um argumento contra a

afirmação de que o dano muscular desempenhe o papel principal na maciez da carne após a EE.

A EE tem outros efeitos desejáveis para indústria de carne, dentre eles podemos citar: a formação de cor mais brilhante, melhora do marmoreio (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; ABERLE et al., 2001) e prevenção do “heat ring” – formação de anel distinto de cor no *L. dorsi*, devido ao resfriamento rápido, principalmente em carcaças com escassa cobertura de gordura (PRICE; SCHWEIGERT, 1994). Com relação à cor, a estimulação permite que haja uma maior penetração do oxigênio, o que leva ao aumento da camada vermelha de oximioglobina (PARDI et al., 2001). Por outro lado, a influência da EE no aparecimento de carcaças com cortes escuros não está clara. As concentrações insuficientes de glicogênio no músculo, no momento do abate (causa do DFD), poderiam reduzir ou eliminar alguns benefícios da glicólise e do declínio acelerado do pH. No entanto, há evidências de que a estimulação influa nos processos bioquímicos da carne, e tenha benefícios com relação à cor, nesses tipos de carcaças (WARRISS, 2003).

Em um experimento, utilizando-se três tipos de EE (45V, 110V e 1.100V), houve uma significativa diminuição do pH 75 minutos *post mortem*, em relação às amostras controle – exceto para 45V. No segundo experimento, os pHs das carcaças estimuladas com alta voltagem (1.100V por 90s e 120s) foram semelhantes (6,09 e 6,07), e diferiram significativamente das amostras estimuladas com baixa voltagem (110V), que foi de 6,30. O pH, com 4 h *post mortem*, para todas carcaças estimulas, ficou abaixo de 6,0 – o que não ocorreu nas carcaças não estimuladas –, e, em muitos casos, este valor estava bem próximo ao pH medido 22h *post mortem*. Para todos os músculos estudados (*Biceps femoris*, *Vastus lateralis*, *L. dorsi*, *Gluteos medius*), com 22h *post mortem*, a EE (45V, 110V e 1.100V) levou a uma significativa diminuição da FC e aumento do CS. Foi detectada, ainda, uma leve diferença significativa entre os tipos de estimulação. Então, a EE com baixa voltagem, pode trazer um significativo aumento da maciez dos músculos 22h *post mortem*. Foi observado, ainda, que com o uso da EE de alta voltagem os músculos podem ser retirados das carcaças com uma ou duas horas *post mortem*, e serem submetidos a baixas temperaturas, sem que haja risco de ocorrer o encurtamento pelo frio. O CS nos músculos estimulados e submetidos a esta condição foi maior que nas carcaças controle (não estimuladas), sendo a EE de alta voltagem melhor que EE de baixa voltagem (110V ou 45V) (BOUTON et al., 1980).

Além disso, há indicações de que a EE possa levar a uma maior maciez, fora o mecanismo de prevenção do encurtamento pelo frio (BOUTON et al., 1980). Foi observado que em carcaças estimuladas com alta voltagem (700V) a queda do pH no *L. dorsi* foi muito mais rápida e a FC, 24h *post mortem*, foi menor (6,1kg) que nas amostras controle (11,0kg). Porém, não foi observada diferença significativa entre o CS (48h *post mortem*) das carcaças estimuladas e as controle (GEORGE; BENDALL; JONES, 1980).

Para avaliar o efeito do declínio do pH na maciez da carne foi utilizado a EE de alta voltagem, com corrente de 2Hz em meias carcaças – pois causa insignificante fratura da fibra muscular –, ao contrário do que ocorre quando uma corrente de 60 Hz é usada – extensiva fratura das fibras. Nas meias carcaças controle, onde o pH foi menor que 6,1, na terceira hora *post mortem*, não houve diferença significativa na maciez entre as meias carcaças estimuladas e as controle. Porém, quando o pH das amostras controle permaneceu acima de 6,1, houve diferença significativa na maciez destas meias carcaças, sendo a controle mais macia que a estimulada eletricamente – que obteve valores de pH entre 5,43-5,65. Foi observado que, de acordo com os valores de pH₃ 6,39; 6,57; 6,69; 6,78; 6,85 e 6,90, a maciez – segundo a avaliação sensorial –, foi respectivamente de 1,91; 2,06; 2,55; 2,65; 3,11 e 3,89. Então, quanto maior o pH maior será a maciez da carne. Desse modo, segundo este estudo, a maior maciez relacionada à EE estaria ligada ao rompimento das fibras musculares (MARSH et al., 1981).

Foi realizada, também, EE de alta voltagem (550V) em dez novilhas transportadas por 200 Km, e submetidas ao jejum de 36 horas. Seis desses animais foram considerados como DFD, ou seja, não ocorreu melhora na cor das carcaças. Isto se deve ao fato que a estimulação elétrica produz seu efeito através da queda rápida do pH, pela rápida quebra do glicogênio em ácido lático. Porém, já havia ocorrido a depleção do glicogênio devido ao estresse. Desse modo, o pH final do músculo *L. dorsi* permaneceu alto. O pH final e a maciez entre as carcaças estimuladas e as controle não diferiram significativamente. Com isso, os autores puderam concluir que o declínio do pH, associado a EE, é necessário para aumentar a maciez e melhorar a cor da carne (DUTSON; SAVELL; SMITH, 1982).

Após aplicação da EE de alta voltagem (700V, 50Hz), em meias carcaças de novilhos, foi observada uma maior maciez nas amostras estimuladas que nas amostras controle (36,4% mais macia para o *L. dorsi*, 36,5% para

Semimembranosus e 25,5% para o *Semitendinosus*). Pode-se dizer, então, que esta diferença de maciez deveu-se ao encurtamento pelo frio que sofreram as amostras controle (LÜDDEN; MARCELIA; GAMBARUTO, 1983).

Em meias carcaças submetidas a EE de alta voltagem (600V, 50Hz por 120s), 1h *post mortem*, pode-se observar que o pH foi significativamente mais baixo até 6h *post mortem*, sendo que na 24^ah após o abate, foram semelhantes aos da amostra controle. A FC, nas meias carcaças estimuladas (alta voltagem), foi menor que nas controle, no primeiro e oitavo dia *post mortem*, mesmo não havendo diferença significativa no CS. Isto pode ser devido à maior atividade da calpaína 24h *post mortem*, nas carcaças estimuladas, em relação às controle. Por outro lado, não houve diferença significativa da catepsina total e livre entre os dois tipos de tratamentos. A estimulação elétrica aumentou a degradação da timina e troponina, porém não interferiu na miosina, actina e α actinina. As carcaças estimuladas tiveram a atividade da calpastatina diminuída até 24h *post mortem* (UYTTERHAEGEN; CLAEYS; DEMEYER, 1992).

De acordo com Almeida (1993), a EE de baixa voltagem (60V) levou a uma queda mais rápida do pH, no músculo *L.dorsi* de bovinos, na 12^ah após o abate (5,7), em relação às carcaças não estimuladas (6,0). Porém, na 15^ah e 24^ah após o abate não houve diferença significativa no pH entre os dois tratamentos, onde, em ambos os grupos, este foi de 5,8. O CS foi menor na 12^ah após o abate, nas carcaças estimuladas eletricamente (1,31 μ m), contudo nas carcaças controle o menor CS foi atingido na 15^a h (1,34 μ m). O CS foi menor nas carcaças estimuladas após 24h (1,83 μ m), que nas amostras controle (1,95 μ m).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos ao acaso 20 bovinos, nelores, provenientes de fazendas com tempo de transporte de aproximadamente duas horas (distância média de 86Km) e 25 bovinos provenientes de fazendas com tempo de transporte de cinco horas (distância média 306Km) (APÊNDICE 1). Os animais apresentaram idade média de 37 meses. Estes bovinos, ao chegarem ao estabelecimento, foram separados em currais e abatidos com tempo de descanso de 0h, 06h⁶, 12h, 18h e 24h, no Matadouro Frigorífico Minerva em Barretos – São Paulo. Durante o abate, na calha de sangria, as carcaças foram estimuladas eletricamente com baixa voltagem (45V) na região do vazio, com ciclos de 4 segundos, por uma barra de três metros de comprimento. Depois de liberadas pela inspeção, as carcaças foram identificadas e estocadas em câmaras frigoríficas. Foi registrada a temperatura da câmara e da carcaça. Realizou-se, ainda, a determinação do pH nos intervalos de 0,5h (entrada da câmara), 06h, 12h, 18h e 24h (câmara) e a coleta de amostras para determinação comprimento do sarcômero nos tempos de 0,5h, 06h, 12h e 24h após o abate. Foi coletada uma amostra do *Longissimus dorsi*, de cada meia carcaça, para determinação da força de cisalhamento e cor. A determinação do comprimento do sarcômero foi realizada conforme Silva (1988) e a força de cisalhamento segundo Kerth et al. (1995).

⁶ Não chegaram bovinos transportados por até duas horas para serem abatidos com seis horas de descanso.

3.1 TOMADA DE TEMPERATURA DA CÂMARA DE RESFRIAMENTO

Foi realizada utilizando um termômetro digital aferido pelo Controle de Qualidade (CQ), nos tempos de 0,5h, 06h, 12h, 18h e 24h após o abate.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS MEIAS CARÇAÇAS

As meias carcaças esquerdas dos animais foram identificadas através da colocação de cartões na região torácica. Estes continham a respectiva numeração das meias carcaças na linha de abate, o número do lote, a cidade de origem e o tempo de descanso. Outra marcação foi realizada no corpo das vértebras com lápis tinta. Esta indicava o número do lote e da carcaça, para uma rápida identificação, após a divisão das meias carcaças em traseiro, dianteiro e ponta de agulha – pois o cartão permanecia preso à ponta de agulha.

3.3 DETERMINAÇÃO DO pH E TOMADA DE TEMPERATURA DAS MEIAS CARÇAÇAS

Foi determinado no músculo *L. dorsi*, na altura da 11^a e 13^a costelas, através de um potenciômetro de inserção Mettler Toledo 1140, aferido pelo CQ, nos intervalos de 0,5h, 06h, 12h, 18h e 24h após o abate, dentro das câmaras frigoríficas. Este mesmo aparelho determinou a temperatura, através de uma haste metálica, que inserida no espaço supra referido – a uma profundidade de 5cm da massa muscular – indicou ao mesmo tempo a temperatura da meia carcaça.

3.4 DETERMINAÇÃO DA COR

Para determinação da cor, foram coletadas amostras de 250g do músculo *L. dorsi* da meia carcaça esquerda de cada animal, 24 horas *post mortem*. As meias carcaças permaneceram em câmaras frigoríficas a $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. As amostras foram identificadas (tempo de transporte, descanso e número da carcaça) e embaladas a vácuo, sendo posteriormente transportadas em caixas isotérmicas com gelo, para o Centro de Tecnologia de Carnes, do Instituto de Tecnologia de Alimentos –

Campinas, SP. As amostras foram então retiradas das embalagens e deixadas expostas ao ambiente por 30 minutos para que ocorresse a incorporação do oxigênio. Após este período, a cor foi determinada com o colorímetro Minolta CM 508d. Foram realizadas quatro medições em diferentes pontos da amostra, sendo determinada, então, a média de cada amostra, para os valores de L* (Luminosidade), a* (tonalidade vermelho-verde), b* (tonalidade amarelo-azul).

3.5 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE CISALHAMENTO (FC)

Após a determinação da cor, as amostras foram reembaladas a vácuo e transportadas – como descrito anteriormente – ao Laboratório de Tecnologia de Carnes da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense, onde permaneceram estocados a $\pm 1^{\circ}\text{C}$, até que fosse alcançado sete dias *post mortem*. No sétimo dia *post mortem* as amostras foram desembaladas e cozidas em água, até que fosse alcançada a temperatura de $\pm 70^{\circ}\text{C}$ em seu centro geométrico. Após o resfriamento (a temperatura ambiente), um cilindro de aço inoxidável foi inserido na amostra no sentido das fibras musculares, retirando-se pequenos cilindros de carne com 1,27cm de diâmetro e 7,0cm de comprimento. Foram coletados sete cilindros de cada amostra. Estes cilindros foram cisalhados pelo aparelho “Warner-Bratzler Meat Shear Force” – modelo 3000, onde foram obtidos os valores da FC (KERTH et al., 1995).

3.6 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DO SARCÔMERO (CS)

3.6.1 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foi realizada a coleta no músculo *L. dorsi* da meia carcaça esquerda de cada animal. Estas amostras apresentavam as seguintes dimensões: 2,5cm de comprimento, 1,5cm de largura e 0,5cm de espessura. A coleta foi realizada com o auxílio de pinça e bisturi, permanecendo as amostras fixadas em garras metálicas duplas. A utilização das garras mantém o músculo nas mesmas condições em que este se encontrava na carcaça, minimizando, deste modo, alterações no comprimento do sarcômero até o momento do preparo dos cortes histológicos. As

amostras coletadas foram identificadas de acordo com o número da carcaça, o tempo *post mortem* (0,5h, 06h, 12h e 24h), o tempo de transporte e o tempo de descanso, através de uma etiqueta amarrada à garra. Foram utilizados frascos plásticos de boca larga e tampa de rosca (250mL), contendo 150mL do fixador formalina tamponada a 10%, para acondicionar e transportar os fragmentos do músculo, fixados às garras duplas, ao Laboratório de Tecnologia Carnes da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense.

3.6.2 PREPARAÇÃO DO FIXADOR

A solução fixadora utilizada – formalina tamponada neutra a 10% -, foi preparada com 100mL de formaldeído, 4g de fosfato monossódico, 1,5g de fosfato bi-sódico e água destilada, até completar o volume de 1000mL. Os fosfatos foram utilizados para tamponar a solução (BEHMER et al., 1976).

3.6.3 CLIVAGEM, INCLUSÃO E MICROTOMIA DAS AMOSTRAS

Após a fixação, as garras duplas foram retiradas da solução fixadora. As amostras – fragmentos musculares – foram retiradas das garras com o auxílio de um bisturi, e colocadas em cassetes para o processamento histológico, sendo devidamente identificadas – mesma identificação realizada anteriormente. As amostras foram então desidratadas com álcool etílico, utilizando seqüencialmente álcool a 70° Gl, 80° Gl e absoluto, permanecendo uma hora em cada. A clarificação das amostras foi realizada com dois banhos sucessivos de xilol puro, com duração de uma hora cada. Após esta etapa as amostras foram transportadas ao Laboratório de Patologia da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense.

Foram realizados dois banhos de parafina de uma hora cada, em estufa à 60°C, para a inclusão dos fragmentos. As amostras foram posteriormente retiradas dos cassetes, e colocadas em pequenas caixas de papel, sendo posteriormente preenchidas com parafina líquida – ponto de fusão de 58°C. Os blocos foram então retirados das caixas – após a solidificação da parafina –, e foi feita a microtomia, realizando-se cortes com cinco micrometros de espessura. Em seguida, os cortes

foram distendidos em banho-maria histológico à 45°C e transferidos para lâminas identificadas com as respectivas amostras. As lâminas foram colocadas em mola de aço e levadas a estufa a 60°C por 24 horas, para melhorar a aderência do corte a lâmina.

3.6.4 COLORAÇÃO DOS CORTES

A coloração foi realizada com a Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory. Este corante foi preparado com 10mL de solução de ácido fosfotúngstico a 10%, 0,5g de hematoxilina e 1mL de água oxigenada, completando o volume de 500mL, através da adição de água destilada. O corante foi acondicionado em frasco âmbar, onde maturou por dois a três dias antes do uso.

Após a retirada da parafina e lavagem das lâminas em água corrente durante cinco minutos foi realizada a coloração. Posteriormente, as lâminas foram tratadas com solução de permanganato de potássio 0,25% por dez minutos e foram lavadas com água corrente por cinco minutos. Logo após esta etapa, foram colocadas em ácido oxálico por cinco minutos e lavadas novamente por mais cinco minutos, sendo então coradas com a Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory por 24 horas. Nos 15 minutos finais, as lâminas foram colocadas em estufa (60°C). Foi utilizado Bálsamo do Canadá, para que houvesse aderência entre lâmina e lamínula na montagem da lâmina. Neste método, o citoplasma da célula se cora de azul violáceo, a cromatina de azul escuro, o colágeno de vermelho púrpuro e as estrias se apresentam bem diferenciadas (BEHMER et al., 1976).

3.6.5 MICROSCOPIA ÓPTICA E MENSURAÇÃO DO COMPRIMENTO DE SARCÔMERO

Foi utilizada a microscopia óptica de luz visível em objetiva de imersão com a utilização do óleo de cedro para a leitura das lâminas. A leitura consistiu na contagem de dez sarcômeros de seis miofibrilas diferentes, com a medição do sarcômero sendo feita com o auxílio de uma ocular milimetrada. A média da medição dos sarcômeros foi multiplicada pelo fator de correção da objetiva de imersão (0,8),

onde se encontrou o tamanho dos sarcômeros em micrômetros (μm) (SLOSS; KEMP, 1978).

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Acerca dos resultados de temperatura das meias carcaças foi realizada análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado (DIC) testando o efeito do tempo *post mortem* seguido do teste de média (TUKEY) ao nível de 5% de significância.

Sobre os resultados de pH foi realizada a ANOVA para testar interações entre fatores. O delineamento empregado foi no modelo fatorial ($2 \times 5 \times 5$) em que foram testadas as seguintes fontes de variação: Fator 1 (dois tempos de transporte); Fator 2 (cinco tempos de descanso); Fator 3 (cinco tempos *post mortem*) e interações (transporte * descanso; transporte * tempos *post mortem*; descanso * tempo *post mortem*). Em seguida, foram procedidos os DICs para cada transporte e tempo *post mortem* (0,5h, 06h, 12h, 18h e 24h) em separado, seguida de teste de médias (Tukey) ao nível de 5% de significância. Desta forma, fixando-se o tempo de transporte e o tempo *post mortem*, testou-se o efeito do tempo de descanso. Somente sobre os resultados de pH 24 horas *post mortem* foram realizadas ANOVAs em DIC seguidas de teste média (Tukey) ao nível de 5% de significância. A ANOVA fixou, além do pH 24h *post mortem*, o tempo de descanso, testando o efeito do transporte.

Com relação aos resultados de FC (sétimo dia *post mortem*), CS (24h *post mortem*) e cor (L^* , a^* , b^*), foram realizadas outras ANOVAs para testar interações entre fatores, com delineamento no modelo fatorial (2×5) em que foram testadas as seguintes fontes de variação: Fator 1 (dois tempos de transporte); Fator 2 (cinco tempos de descanso) e a interação transporte * descanso. Em seguida realizou-se o DIC para cada tempo de transporte em separado, seguido do teste de médias (Tukey) ao nível de 5% de significância. Com isso, fixando-se o tempo de transporte, a ANOVA testou o efeito do tempo de descanso. Após este passo, foram procedidas outras ANOVAs em DIC, seguido do teste de médias (Tukey) ao nível de 5% de significância fixando desta vez o tempo de descanso, testando o efeito do transporte. O programa utilizado para realização das análises estatísticas foi o "Statistical Analyses Systems – SAS" (1985).



FIGURA 2 – Determinação do pH e da temperatura de uma meia carcaça durante a refrigeração com o potenciômetro de inserção Mettler Toledo 1140.

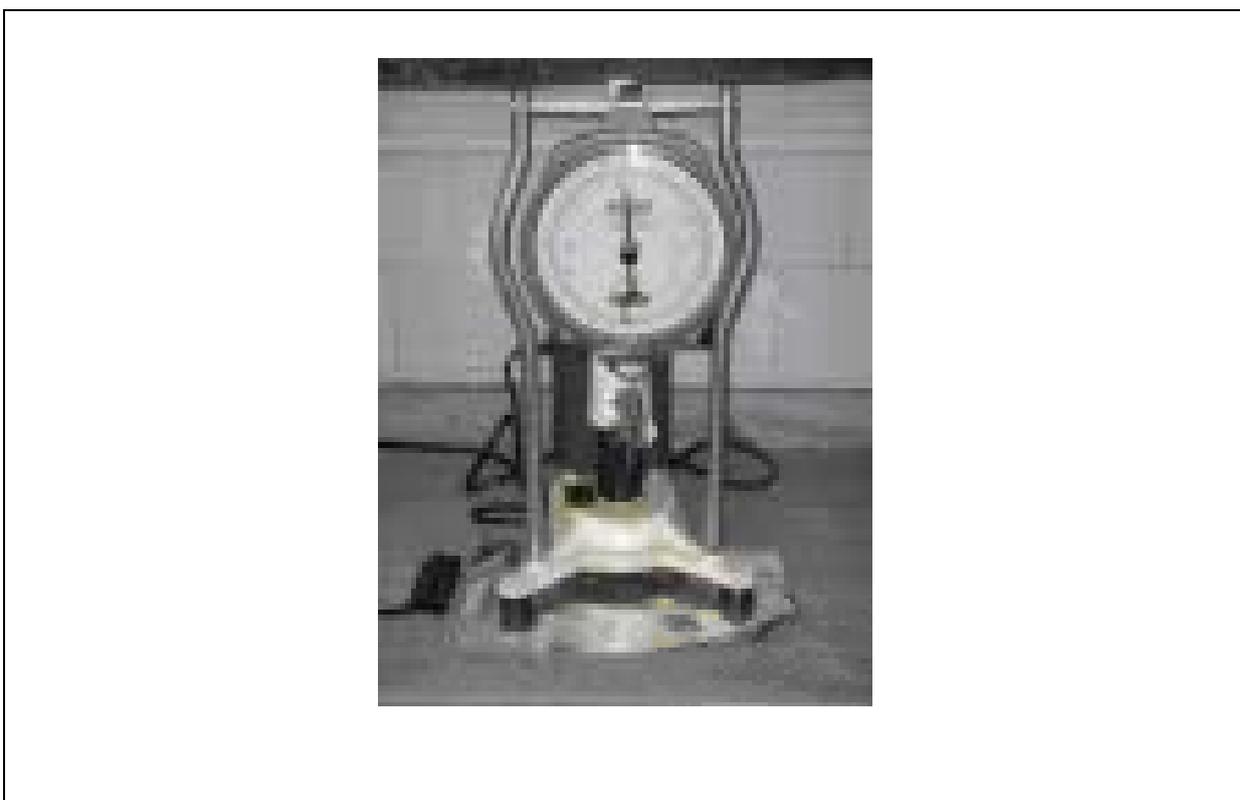


FIGURA 3 – Aparelho para determinação da Força de Cisalhamento – “Warner Bratzler Meat Shear Force”.

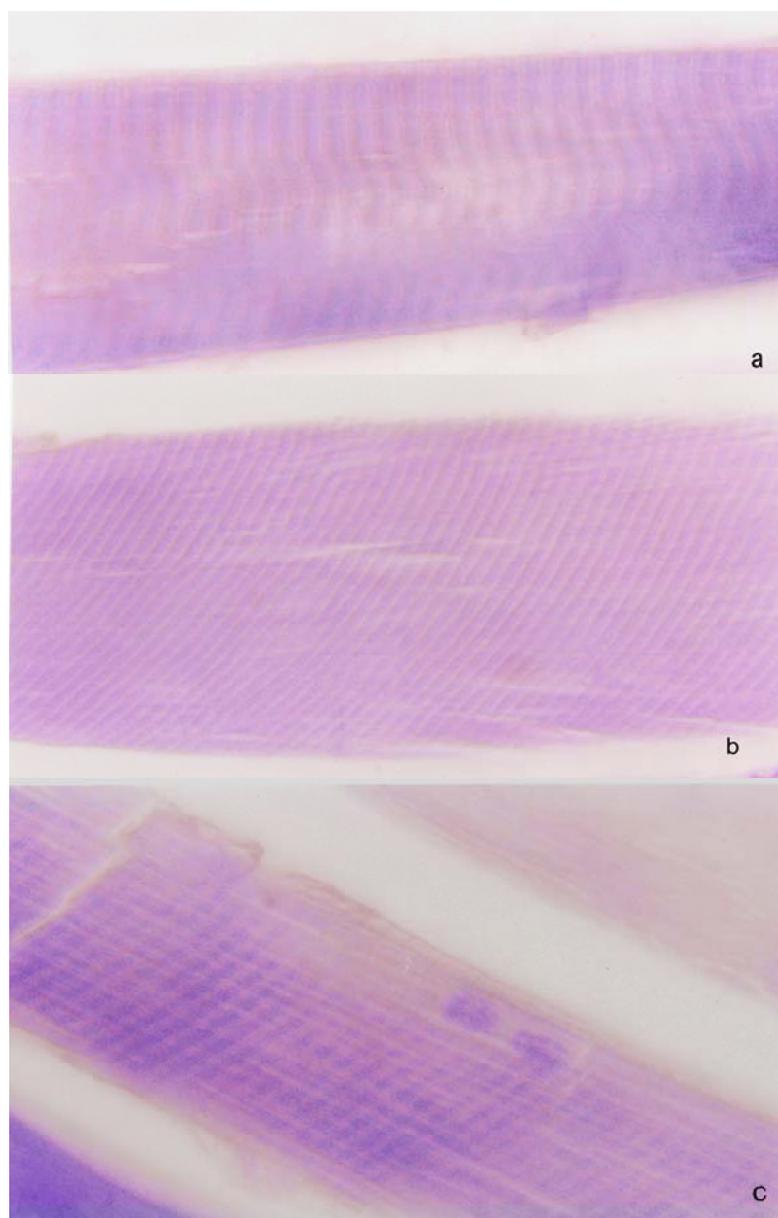


FIGURA 4 – Fotomicrografias do músculo *L. dorsalis* durante a refrigeração, mostrando as bandas A, I e Z (aumento de 1.000 vezes), corado com a Hematoxilina Fosfotúngstica de Mallory: a) 0,5h *post mortem* b) 12h *post mortem* c) 24h *post mortem*

4 RESULTADOS

4.1 VALORES DE TEMPERATURA DAS MEIAS CARÇAÇAS

A média (X) e o desvio padrão (s) da temperatura (°C), das 45 meias carcaças bovinas, mensurados durante a refrigeração estão descritos na Tabela 1, e os resultados integrais encontram-se nos Apêndices 4 e 5.

TABELA 1 – Média (X) e desvio padrão (s) da temperatura (°C) das 45 meias carcaças bovinas, em cinco períodos *post mortem* (0,5h, 06h, 12h, 18h e 24h), durante a refrigeração.

Temperatura (°C) (X±s) / Tempo <i>post mortem</i> (h)						
Amostra	n	0,5h	6h	12h	18h	24h
Meias carcaças	45	37,34 ^a ±1,07	12,10 ^b ±1,68	4,67 ^c ±2,46	0,66 ^d ±1,16	-0,06 ^d ±1,04

^{a,b,c,d} Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras diferem significativamente (p<0,05).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o valor médio da temperatura medida no músculo *L. dorsi*, 0,5h *post mortem* (antes da entrada nas câmaras frigoríficas) foi de 37,34°C, e na 24^ah *post mortem* foi de -0,06°C. Foi observada diferença significativa em relação aos valores de temperatura nos intervalos de 0,5h, 06h, 12h e 18h. Por outro lado, não houve diferença significativa (p>0,05) para a temperatura no tempo de 18h e 24h *post mortem*.

4.2 VALORES DE pH

A média (X) e o desvio padrão (s) do pH do músculo *L. dorsi* durante a refrigeração, no transporte realizado por até duas horas e descanso por 0h, 12h, 18h e 24h podem ser observados na Tabela 2, e, os valores de pH no mesmo músculo dos animais transportados por aproximadamente cinco horas e submetidos aos tempos de descanso de 0h, 06h, 12h, 18h e 24h podem ser observados na Tabela 3. O quadro com os resultados da ANOVA encontra-se no Apêndice 2. Os valores integrais de pH para os transportes supracitados, encontram-se respectivamente nos Apêndices 7 e 8.

TABELA 2 – Média (X) e desvio padrão (s) do pH no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas, em animais transportados por até duas horas, considerando quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Tempo de descanso	n	pH (X±s) / Tempo <i>post mortem</i> (h)				
		0,5h	06h	12h	18h	24h
0h	5	6,85 ^a ±0,07	6,21 ^a ±0,06	5,95 ^a ±0,08	5,74 ^a ±0,12	5,68 ^a ±0,10
12h	5	6,71 ^b ±0,07	6,14 ^{ab} ±0,08	5,85 ^{ab} ±0,07	5,71 ^a ±0,05	5,59 ^a ±0,05
18h	5	6,68 ^b ±0,07	6,06 ^{bc} ±0,08	5,85 ^{ab} ±0,07	5,71 ^a ±0,02	5,65 ^a ±0,05
24h	5	6,49 ^c ±0,07	5,92 ^c ±0,06	5,78 ^b ±0,06	5,69 ^a ±0,06	5,59 ^a ±0,03

^{a,b,c} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras diferem significativamente (p<0,05).

Como pode ser observado na Tabela 2, testando o efeito do descanso, constata-se que o pH 0,5h *post mortem* foi maior em direção ao menor tempo de descanso, havendo diferença significativa entre os animais submetidos ao descanso por 0h, em relação aos animais submetidos as 12h, 18h e 24h de descanso. O pH 0,5h *post mortem* nos animais submetidos a 24h de descanso, também apresentou diferença significativa quando comparado aos outros tempos de descanso (0h, 12h,

24h). Por outro lado, não houve diferença significativa no pH 18h e 24h *post mortem* entre os grupos de animais submetidos aos quatro diferentes tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h).

TABELA 3 – Média (X) e desvio padrão (s) do pH no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas, em animais transportados por aproximadamente cinco horas, considerando cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Tempo de descanso	n	pH (X±s) / Tempo <i>post mortem</i> (h)				
		0,5h	06h	12h	18h	24h
0h	5	6,85 ^a ±0,08	6,25 ^a ±0,09	6,12 ^a ±0,07	6,06 ^a ±0,05	6,04 ^a ±0,10
06h	5	6,82 ^{ab} ±0,07	6,18 ^a ±0,05	6,09 ^a ±0,07	5,80 ^b ±0,05	5,72 ^b ±0,06
12h	5	6,77 ^{ba} ±0,10	6,04 ^b ±0,04	5,89 ^b ±0,06	5,67 ^{bc} ±0,04	5,64 ^{bc} ±0,03
18h	5	6,66 ^b ±0,09	6,21 ^a ±0,05	5,92 ^b ±0,08	5,76 ^c ±0,08	5,60 ^{cb} ±0,07
24h	5	6,42 ^c ±0,04	6,03 ^b ±0,06	5,93 ^b ±0,06	5,67 ^c ±0,08	5,57 ^c ±0,07

^{a,b,c} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras diferem significativamente (p<0,05).

Testando o efeito do tempo de descanso, de acordo com a Tabela 3, pode-se observar o mesmo comportamento no pH 0,5h *post mortem* tanto para os animais transportados por até duas horas, quanto por aproximadamente cinco horas. No entanto, foi observada diferença significativa no pH final (24h *post mortem*) para os animais submetidos a 0h de descanso (pH=6,04), comparado aos animais submetidos aos demais tempos de descanso (06h, 12h, 18h e 24h). Houve uma tendência de diminuição do pH final (24h *post mortem*), conforme o aumento do tempo de descanso, embora não tenha havido diferença significativa entre os animais descansados por 12h, 18h e 24h. These results

TABELA 4 – Média (X) e desvio padrão (s) do pH 24h *post mortem* no músculo *L. dorsi* das meias carcaças bovinas, em animais submetidos ao transporte por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h).

		pH 24 horas <i>post mortem</i> (X±s)				
		Tempo de descanso				
Transporte	n	0h	06h	12h	18h	24h
A	5	5,68 ^a ±0,10	- -	5,59 ^a ±0,05	5,65 ^a ±0,05	5,59 ^a ±0,03
B	5	6,04 ^b ±0,10	5,72 ±0,06	5,64 ^a ±0,03	5,60 ^a ±0,07	5,57 ^a ±0,07

^{a,b,c} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras diferem significativamente ($p < 0,05$).
- não foi realizado descanso de seis horas com os animais transportados por até duas horas.

Testando-se o efeito do transporte no pH 24h *post mortem*, de acordo com os dados mostrados na Tabela 4, houve somente diferença significativa entre o grupo de animais que sofreram transporte por aproximadamente cinco horas associado à ausência de descanso (pH=6,04), comparado aos animais submetidos ao transporte por até duas horas e não descansados (pH=5,68).

4.3 VALORES DE COR

A tabela 5 apresenta a média (X) e o desvio padrão (s) dos valores de L*, a*, b*, mensurados na área do olho de lombo, no músculo *L. dorsi* de bovinos, nos tempos de transporte por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h). O quadro com os resultados da ANOVA encontra-se no Apêndice 3 e os valores integrais de L*, a*, b* nos Apêndices 9 e 10.

TABELA 5 – Média (X) e desvio padrão (s) dos valores de L*, a*, b*, no músculo *L. dorsi*, em bovinos transportados por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h).

		Tempo de descanso / Valores de L*, a*, b* (X±s)														
		0h			6h			12h			18h			24h		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A		29,41 ^{aA}	15,05 ^{abA}	2,96 ^{aA}	-	-	-	28,39 ^{aA}	16,49 ^{aA}	2,66 ^{aA}	30,70 ^{aA}	15,13 ^{abA}	3,52 ^{aA}	29,89 ^{aA}	13,64 ^{bA}	2,27 ^{aA}
		±1,48	±1,09	±1,12	-	-	-	±0,68	±0,86	±0,69	±1,97	±1,38	±0,61	±2,36	±1,73	±1,89
B		29,28 ^{aA}	12,34 ^{cb}	-0,22 ^{bb}	29,80 ^a	15,80 ^{ab}	3,38 ^a	30,77 ^{aA}	17,66 ^{aA}	4,92 ^{aA}	30,29 ^{aA}	15,17 ^{ba}	3,60 ^{aA}	30,55 ^{aA}	13,90 ^{bca}	2,33 ^{abA}
		±1,57	±1,03	±0,93	±1,98	±1,26	±0,93	±2,44	±1,76	±1,58	±1,71	±0,85	±1,69	±2,05	±0,32	±1,01

^{a,b,c} Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras diferem significativamente (p<0,05).

^{A,B} Médias na mesma coluna seguidas de diferentes letras diferem significativamente (p<0,05).

- não foi realizado o descanso por seis horas nos animais transportados por até duas horas.

Pode-se observar, na Tabela 5, que não houve influência do tempo de transporte e/ou do tempo de descanso nos valores de L^* , não havendo diferença significativa entre as diferentes associações de tratamentos realizados. Com relação ao valor de a^* houve um aumento até às 12h de descanso, alcançando, neste tempo, o valor máximo e diferindo significativamente dos valores de a^* nos animais submetidos aos tempos de descanso de 0h, 18h e 24h, no transporte por aproximadamente cinco horas. No transporte por até duas horas só houve diferença significativa entre os animais descansados por 12h e 24h. Com 18h de descanso foi observado uma diminuição deste valor (em ambos tempos de transporte), que se apresentou ainda menor, nos animais descansados por 24h. Acerca dos valores de b^* , nota-se que no transporte por até duas horas, não houve diferença significativa destes valores nos diferentes tempos de descanso. Por outro lado, nos animais transportados por aproximadamente cinco horas e sem descanso (0h), este valor foi negativo, havendo diferença significativa dos demais tempos de descanso, exceto o de 24h. Ao estudar o efeito do transporte nos valores de a^* e b^* , foi observado que somente nos animais não descansados (0h) houve diferença significativa destes valores, entre os dois tempos de transporte, sendo menor nos animais transportados por aproximadamente cinco horas.

4.4 VALORES DA FORÇA DE CISALHAMENTO (FC)

A Tabela 6 apresenta a média (\bar{X}) e o desvio padrão (s) da FC mensurados na área do olho de lombo, do músculo *L. dorsi* de bovinos, nos tempos de transporte por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h). O quadro com os resultados da ANOVA encontra-se no Apêndice 3 e os valores integrais de FC nos Apêndices 11 e 12.

TABELA 6 – Média (X) e desvio padrão (s) da FC, no músculo *L. dorsi*, em bovinos transportados por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h).

		Força de cisalhamento (Kg) (X±s)				
		Tempo de descanso				
Transporte	n	0h	06h	12h	18h	24h
A	5	4,60 ±0,54	- -	4,28 ±1,10	4,13 ±0,72	4,05 ±0,42
B	5	4,72 ±1,16	4,30 ±0,95	4,25 ±0,80	4,07 ±0,60	3,33 ±0,75

- não foi realizado descanso de seis horas com os animais transportados por até duas horas.

Como pode ser observado na Tabela 6, em ambos tempos de transporte, os animais não submetidos ao descanso (0h) apresentaram maior valor de FC. Houve uma tendência à diminuição da FC à medida que o tempo de descanso aumentou, sendo esta menor nos animais descansados por 24h. Por outro lado, não houve diferença significativa entre nenhuma associação de tratamentos. Não houve efeito do tempo de transporte e do tempo de descanso na FC dos animais (Apêndice 3).

4.5 VALORES DO COMPRIMENTO DE SARCÔMERO (CS)

A Tabela 7 apresenta a média (X) e o desvio padrão (s) do CS no músculo *L. dorsi* de bovinos, nos tempos de transporte por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h). O quadro com os resultados da ANOVA encontram-se no Apêndice 3 e os valores integrais de CS nos Apêndices 13 e 14.

TABELA 7 – Média (X) e desvio padrão (s) do CS 24h *post mortem* (μm), no músculo *L. dorsi*, em bovinos transportados por até duas horas (A) e por aproximadamente cinco horas (B), em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h).

		Comprimento de sarcômero (μm) (X \pm s) / 24h <i>post mortem</i>				
		Tempo de descanso				
Transporte	n	0h	06h	12h	18h	24h
A	4	1,84 ^a $\pm 0,04$	- -	1,98 ^b $\pm 0,07$	1,99 ^b $\pm 0,06$	1,96 ^b $\pm 0,05$
B	4	1,76 ^a $\pm 0,05$	1,97 ^b $\pm 0,1$	1,93 ^b $\pm 0,03$	2,00 ^b $\pm 0,02$	1,94 ^b $\pm 0,02$

^{a,b,c} Médias na mesma linha seguidas de diferentes letras diferem significativamente ($p < 0,05$).
- não foi realizado descanso de seis horas com os animais transportados por distância curta.

Observando o efeito do descanso, de acordo com a Tabela 7, verificamos que, nos dois tempos de transporte, houve diferença significativa no CS 24h *post mortem* entre os animais não submetidos ao descanso (0h), em relação aos animais submetidos aos outros tempos de descanso (06h, 12h, 18h e 24h). Como pode ser observado no APÊNDICE 3, não houve o efeito do transporte no CS 24h *post mortem*.

4.6 VALORES DA CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON

TABELA 8 – Coeficientes da correlação linear de Pearson entre os resultados do pH final e FC, CS, L*, a*, b*, e entre a FC e CS, no músculo *L. dorsi*.

	FC	CS	L*	a*	b*
pH final	0,66	-0,81	-0,49	-0,51	-0,69
FC	-	-0,57	-	-	-

Ao estabelecer a correlação linear de Pearson entre as variáveis dependentes (pH final, FC, CS, L*, a*, b*) foi observada uma alta correlação inversa entre o pH final e o CS ($r = -0,81$). Foi observada, também, uma correlação inversa entre o pH final e os valores de L*, a*, b*, sendo esta maior para os valores de b*, em relação

aos valores de L^* e a^* , respectivamente $r = -0,69$, $r = -0,49$ e $r = -0,51$. Ao correlacionar a FC e o CS observou-se um valor de $r = -0,57$, entre estas variáveis. Foi somente verificada correlação linear positiva entre os valores de pH e FC ($r = 0,66$).

5 DISCUSSÃO

5.1 TEMPERATURA E pH

Observando os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), nota-se que houve diferença significativa, nos intervalos de tempo de 0,5h, 06h, 12h, e 18h *post mortem*. Entretanto, nos tempos de 18h e 24h *post mortem* não foi observado diferença significativa entre os valores de temperatura. Isto se deve ao fato que com 18h *post mortem*, a temperatura das meias carcaças encontravam-se próximas à temperatura mínima da câmara frigorífica ($0 \pm 1^{\circ}\text{C}$). Joaquim (2002) encontrou uma temperatura de $7,04^{\circ}\text{C}$ com 12h *post mortem*. No trabalho em questão a temperatura média neste mesmo tempo *post mortem* foi de $4,67^{\circ}\text{C}$

Porém, não foi observado a ocorrência do encurtamento pelo frio, como pode ser observado nos Apêndices 13 e 14. Isto se deve ao fato das carcaças terem sido submetidas a estimulação elétrica na calha de sangria sangria.

Com relação ao pH 0,5h *post mortem*, foi observada uma diminuição deste em direção ao maior tempo de descanso dos animais, para os dois tempos de transporte. Estudando o efeito do descanso, no pH 0,5h *post mortem*, nos animais transportados por até duas horas, verificou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os animais submetidos ao descanso por 0h e 12h, 0h e 18h, e 24h em relação aos demais tempos de descanso (0h, 12h e 18h). Por outro lado, não houve diferença significativa entre os animais descansados por 12h e 18h. Para os animais transportados por aproximadamente cinco horas, houve diferença significativa no pH 0,5h *post mortem*, entre os animais descansados por 0h e 18h, e 24h em relação aos demais tempos de descanso (0h, 06h, 12h e 18h). Estes resultados discordam de Jones et al. (1988) que não encontraram diferença significativa, em função da

associação entre o transporte, descanso e jejum em três tratamentos (3Km / 24h descanso e jejum, 320Km / 48h e 640Km / 72h) no pH 45 min e 24h *post mortem*. Jones et al. (1986) observaram um aumento do pH de 6,77 para 6,84, sem haver, no entanto, diferença significativa, nos animais transportados por 160Km e submetidos ao jejum por 24h, em relação aos animais submetidos ao transporte por apenas 4Km e abatidos.

Acerca do pH final (24h *post mortem*) não houve diferença significativa entre os animais transportados por até duas horas e sujeitos aos diferentes tempos de descanso. Segundo Grandin (2000), o transporte por distâncias curtas não interfere no pH final das carcaças. Shackelford; Koohmaraie e Savell (1994) encontraram pH final mais baixo (5,47), para os animais submetidos ao transporte por 90Km com descanso e jejum de 12h e estimulados eletricamente, que no trabalho em questão, que foi de 5,59. Nos animais que sofreram o transporte por cerca de cinco horas, houve diferença significativa entre aqueles descansados por 06h e 24h, e 0h em relação aos demais tempos de descanso (06h, 12h, 18h e 24h). Estes resultados concordam com os de María et al. (2003) que não observaram diferenças significativas no pH de animais transportados por 30 min., 3h e 6h e sujeitos ao descanso e jejum durante à noite. Fernandez et al. (1996) também não observaram diferenças significativas no pH final do músculo *L. dorsi* em bovinos submetidos a associação de dois tempos de descanso / jejum (1h e 11h) e dois tempos de transporte (1h e 11h), embora os maiores valores no pH final tenham sido encontrados nos animais transportados pelo maior tempo. Por outro lado, Lahucky et al. (1998) notaram que em dois grupos de animais transportados por uma curta distância, os animais abatidos no dia seguinte à chegada ao matadouro, tiveram o pH final mais elevado (6,7) que os animais abatidos logo após a chegada (5,66). Estes tiveram o conteúdo de glicogênio muscular *ante mortem* quase duas vezes maior. Em animais sujeitos a condições semelhantes por Warriss (1983) houve a ocorrência de 13 animais DFD em um total de 30. Em ambos estudos, estes resultados devem-se ao fato destes animais terem sido misturados a outros animais estranhos ao lote, o que é considerado um fator estressante muito importante.

Ao estudar o efeito do transporte (Tabela 4), comparando os animais submetidos ao mesmo tempo de descanso, verificou-se que houve diferença significativa apenas nos animais não descansados (0h descanso). Neste caso, a média do pH final dos animais transportados por até duas horas foi de 5,68,

enquanto que nos animais transportados por volta de cinco horas foi de 6,04, ou seja, considerada como carne moderadamente DFD.

De acordo com Brown; Bevis e Warriss (1990); Tarrant (1990) o jejum por si só não leva a ocorrência de carne de corte escuro (DFD). Por outro lado, o transporte por longa distância, segundo Warriss (1990), leva ao estresse prolongado do animal causando depleção do glicogênio muscular com aumento do pH final. O mesmo foi observado por Brown; Bevis e Warriss (1990) em viagens longas ($\geq 240\text{Km}$), onde houve uma maior incidência de carne DFD (16,4%). Também foi observado que, nos animais abatidos no mesmo dia de chegada ao matadouro, houve um aumento dos casos de DFD (5,5%) em relação aos animais abatidos no dia seguinte (3,1%). Van de Water; Verjans e Geers (2003) observaram que longos períodos de jejum resultaram em carne de cor escura. Os mesmos verificaram que a média do pH final foi de 5,50, para bovinos transportados por um tempo médio de aproximadamente 1h e submetidos ao jejum médio de 6,6h. No presente trabalho, observou-se que mesmo em transporte por aproximadamente cinco horas, o tempo de descanso de seis horas foi suficiente para que o pH final da carne atingisse 5,72, ou seja, considerado normal. Segundo Beltrán et al. (1997); Silva; Patarata e Martins (1999); Yu e Lee (1986) o pH normal da carne bovina está entre 5,5 e 5,8.

Com relação à estimulação elétrica, Warriss (2003) cita que concentrações insuficientes de glicogênio na hora do abate eliminariam os benefícios deste processo tecnológico, pois não haveria a rápida diminuição do pH. Neste estudo, isto pode ser a causa da ocorrência de cortes moderadamente DFD nos animais transportados por cinco horas e não repousados. Este fenômeno foi observado por Dutson; Savell e Smith (1982) onde após o transporte por 200Km e descanso, jejum por 36 horas, as meias carcaças estimuladas eletricamente e não estimuladas não apresentaram diferenças significativas no pH final, obtendo valores respectivamente de 6,65 e 6,56.

No presente estudo foi encontrado o pH final de 5,59 para animais transportados por até duas horas e submetidos ao repouso por 24h. Por outro lado, Jones et al. (1986) encontraram o pH final de 5,75, para animais sujeitos a condições semelhantes, entretanto, estes não foram estimulados eletricamente.

Batista de Deus; Silva e Soares (1999) verificaram que após o transporte por 46Km, 240Km e 460Km, com descanso e jejum de 12 horas, houve o aumento do pH final conforme o tempo de transporte aumentou, havendo diferença significativa

entre o pH final nos três grupos de animais. Joaquim (2002) observou que durante o transporte por distâncias semelhantes (50Km, 193Km e 422Km) e descanso médio de 16 horas, o pH final também aumentou em direção da maior distância de transporte, havendo diferença significativa de pH final (5,78) nos animais transportados por 422Km (6 horas de transporte) em relação aos transportados por 50Km (54min.) e 193Km (2:30h), que apresentaram pH final de respectivamente 5,62 e 5,64. Apesar das diferenças nos valores de pH final citados neste parágrafo, estes são considerados normais para carne bovina, de acordo com os autores citados anteriormente.

No trabalho em tela, o pH final também apresentou este mesmo comportamento, no entanto, não houve diferença significativa entre os valores médios de pH final nos animais transportados por até duas horas e por aproximadamente cinco horas, nos mesmos tempos de repouso, como pode ser observado na Tabela 4; exceto para os animais que não foram submetidos ao descanso (0h). A média do pH final no grupo transportado por aproximadamente cinco horas e não descansado (0h) foi de 6,04, sendo todos os cinco animais considerados como moderadamente DFD (pH final entre 5,8 e 6,2), segundo Beltrán et al. (1997); Silva; Patarata e Martins (1999); Yu e Lee (1986). Por outro lado, Hood e Tarrant (1980) observaram que em animais jejuados por 22h, transportados por 4 horas e submetidos ao repouso e jejum por mais 48h, houve a ocorrência de 12 animais (50%) com pH final maior que 6,2, enquanto que no grupo de animais após o mesmo tratamento, porém na ausência de repouso e jejum adicional, nenhum animal apresentou carne DFD. Joaquim (2002), por sua vez, encontrou em transportes por 422Km, 193Km e 50Km, respectivamente 23 (38,34%), 12 (20,01%) e 8 (13,34%) animais considerados como moderadamente DFD ou DFD, após a mensuração do pH final no músculo *L. dorsi*.

5.2 COR

Analisando os valores de cor pode-se verificar que o transporte e o descanso não tiveram nenhum efeito sobre os valores de L^* (Tabela 5). Este resultado concorda parcialmente com os de María et al. (2003) que citam que o tempo de

transporte por 30 min., 3h e 6h não interferiram nos valores de L^* , a^* , b^* no músculo *L. dorsi*. Fernandez et al. (1996), assim como os autores supracitados, observaram que tanto o descanso e jejum quanto o transporte não influenciaram os valores de L^* , a^* , b^* . Por outro lado, avaliando o efeito do descanso no presente estudo, foi observado que os valores de a^* foram maiores até às 12h de descanso, onde foi percebida diferença significativa, em relação aos tempos de descanso de 0h, 18h e 24h, no transporte por aproximadamente cinco horas. Por outro lado, no transporte por até duas horas só houve diferença significativa entre os animais descansados por 12h e 24h. Com relação aos valores de b^* , não houve diferença significativa no transporte por até duas horas, porém, nos animais transportados por aproximadamente cinco horas e não descansados (0h), este valor foi muito baixo e diferiu dos animais descansados por 06h, 12h e 18h.

Jones et al. (1988) citam que, quando o tempo de transporte, descanso / jejum foram maiores (320Km / 48h e 640Km / 72h) os valores de L^* , a^* , b^* diminuíram, havendo diferença significativa em relação aos animais transportados por somente 3Km e sujeitos a 24h de descanso / jejum. Jones et al. (1990) observaram, também, que quanto maior o tempo de jejum antes do transporte (5Km) menor os valores de cor, isto é, mais escura a carne, em relação aos animais abatidos logo após a chegada ao matadouro. Vale mencionar que os pesquisadores, citados neste parágrafo, não encontraram diferença significativa no pH final das meias carcaças, seja em função do transporte ou do descanso e jejum.

Avaliando o efeito do transporte, observa-se que os animais transportados por aproximadamente cinco horas e não submetidos ao descanso (0h) apresentaram os menores valores de a^* e b^* , havendo diferença significativa, quando comparado aos animais sujeitos ao transporte por até duas horas e ausência de descanso (0h). Quanto menor os valores de a^* e b^* mais escura a carne, sendo compatível com o pH final elevado (6,04) nestas meias carcaças, ou seja, animais considerados como moderadamente DFD. Este resultado está de acordo com Yu e Lee (1986) que consideram estas carcaças como de pH intermediário (pH final entre 5,8 e 6,2), sendo moderadamente escuras. De acordo com Tarrant (1990), a cor da carne escurece em valores de pH acima de 5,8, e Warriss (1990) cita que carne com pH final acima de 6,0 é considerada DFD.

Brown; Bevis e Warriss (1990) observaram que a incidência de DFD aumenta quando os animais são transportados por distâncias longas e são abatidos logo após

a chegada ao matadouro. Ainda com relação a carne DFD, neste estudo, os resultados de L^* (29,28) e a^* (12,34) foram semelhantes ao de Gasperlin; Zlender e Abram (2000), respectivamente 29,7, 12,5. Segundo Abril et al. (2001), quando o pH final da carne é alto as proteínas permanecem acima de seu ponto isoelétrico levando a uma maior ligação com a água, e as fibras se mantêm fortemente unidas. Este fenômeno leva a menor dispersão da luz causando a aparência escura da carne DFD.

De acordo com vários autores, a estimulação elétrica melhora a cor da carne (LÜDDEN; MARCELIA; GAMBARUTO, 1983; PRICE; SCHWEIGERT, 1994; ABERLE et al., 2001; PARDI et al., 2001). Porém, conforme foi observado por Dutson; Savell e Smith (1982) não houve melhora da cor da carne em animais submetidos ao transporte por 200Km e 36 horas de descanso / jejum, mesmo sendo estimulados eletricamente, pois, segundo estes autores os benefícios alcançados por este processo tecnológico estariam ligados a glicólise rápida e queda adequada do pH, o que não ocorreu nestes animais, já que o pH final das meias carcaças bovinas foi muito elevado (6,65). O mesmo fenômeno possivelmente ocorreu nos animais que apresentaram carne moderadamente DFD, no presente trabalho.

Hood e Tarrant (1980) consideraram a duração do transporte e o tempo de repouso associado à mistura de animais estranhos como a principal causa da DFD. Estes fatores seriam responsáveis por originar estresse aos animais antes do abate, havendo a utilização do glicogênio neste período, prejudicando a acidificação da carne – produção de ácido lático – no *post mortem*, elevando o pH final do músculo como ocorreu no trabalho em questão.

5.3 FORÇA DE CISALHAMENTO E COMPRIMENTO DE SARCÔMERO

Conforme os resultados de FC expostos na Tabela 6, observamos que com a diminuição do tempo de descanso houve uma tendência ao aumento da FC. Apesar disto, segundo os valores mencionados por Lüdden; Marcelia e Gambaruto (1983) estes foram considerados muito macios ($< 4,9\text{Kg}$).

Os animais submetidos à ausência de descanso (0h) tiveram maior FC em ambos tempos de transporte, porém, não houve diferença significativa em relação aos animais submetidos aos demais tempos de descanso. Não foi observado efeito

do tempo de transporte e do tempo de descanso na FC dos animais (Apêndice 3). María et al. (2003) também não observaram diferença significativa na FC de animais transportados por 30 min, 3h e 6h e submetidos ao descanso durante à noite. Jones et al. (1988) verificaram também que não houve diferença significativa na FC de animais transportados por até 320Km e com descanso e jejum de 48h, em relação aos animais transportados por 3Km. Porém, no transporte por uma distância de 640Km com descanso e jejum de 72h, a FC diferiu significativamente dos dois tempos de transporte citados anteriormente (3Km e 320Km). Fernandez et al. (1996) também observaram que quando o transporte foi muito longo (11h) houve diferença significativa na FC, comparado ao transporte por um curto tempo (1h).

Lahucky et al. (1998) verificaram que bovinos não submetidos ao descanso e jejum após o transporte, tiveram FC significativamente maior que aqueles descansados durante à noite.

Nos animais transportados por aproximadamente cinco horas e não descansados (0h), todas as cinco meias carcaças foram consideradas moderadamente DFD (pH final médio de 6,04). No trabalho em questão, estas amostras (moderadamente DFD) apresentaram FC maior, apesar de não ter sido constatada diferença significativa em relação as demais associações de tratamentos. Os resultados encontrados para carne moderadamente DFD estão de acordo com Yu e Lee (1986); Watanabe; Devine e Daly (1996); Beltrán et al. (1997) que observaram que as carnes com pH final intermediário (5,8-6,3) tiveram FC maior que carnes com pH normal (< 5,8). Purchas (1990); Purchas e Aungsupakorn (1993) verificaram que a FC aumentou conforme o pH aumentou de 5,5 a 6,2. Estes mesmos autores sugerem que o endurecimento foi devido, parcialmente, ao encurtamento dos sarcômeros, pois, estes, ao contrário do que ocorreu com a FC, diminuíram com o aumento do pH de 5,5 até 6,2. O mesmo foi observado por Koohmaraie (1996), onde a diminuição do CS levou ao aumento da FC, no músculo *L. dorsi* de carneiros. Silva; Patarata e Martins (1999) notaram que carnes com pH intermediário tiveram menor CS. No presente trabalho, ao avaliar o efeito do descanso no CS, observa-se que os animais considerados DFD também apresentaram menor CS (Tabela 7), havendo diferença significativa em relação aos demais tempos de descanso em ambos tempos de transporte. Por outro lado, não foi observado efeito do transporte no CS (APÊNDICE 3). Segundo Yu e Lee (1986), a maior FC nas carnes de pH intermediário deve-se ao fato deste não ser considerado

ótimo nem para as enzimas lisossomais, nem para as proteases cálcio dependentes (calpaínas), mantendo preservada a linha Z dos sarcômeros.

Considerando os tempos *post mortem* estudados, o maior encurtamento do sarcômero foi encontrado com 12h *post mortem* (Apêndice 13 e 14), assim como foi observado por Almeida (1993), no músculo *L. dorsi*.

5.4 CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON

Foi observada uma alta correlação inversa entre o pH final e o CS ($r = -0,81$). Estes resultados concordam com os de Shackelford; Koohmaraie e Savell (1994) que observaram uma maior correlação linear inversa entre o pH final e o CS em carcaças estimuladas com baixa voltagem, ou seja, conforme o pH final aumentou houve uma diminuição do CS (como nas carnes DFD). Resultados semelhantes foram observados por Purchas (1990); Purchas e Aungsupakorn (1993), onde o aumento do pH de 5,5 a 6,2 foi acompanhado da diminuição do CS de 1,64 a 1,51 μm .

Neste trabalho, verificou-se uma correlação inversa entre a FC e o CS ($r = -0,57$). Resultados semelhantes foram descritos por Smulders et al. (1990), onde estes autores também observaram menor correlação inversa entre o FC e a CS ($r = -0,50$). Por outro lado, quando estes autores separaram as carcaças, de acordo com o tipo de glicólise (rápida e lenta), encontraram uma alta correlação inversa nas carcaças que sofreram glicólise lenta ($r = -0,80$) e uma baixa correlação inversa nas que sofreram glicólise rápida ($r = -0,12$). Porém, Shackelford; Koohmaraie e Savell (1994) observaram uma menor correlação inversa, tanto em músculos que sofreram glicólise rápida, quanto naqueles que sofreram glicólise lenta, obtendo valores de $r = -0,17$ e $r = -0,27$, respectivamente. Segundo Koohmaraie (1996), o endurecimento causado nas 24 horas *post mortem* pode ser atribuído ao encurtamento dos sarcômeros. A correlação obtida por este autor no primeiro dia *post mortem* ($r = -0,52$) foi semelhante ao encontrado no presente estudo ($r = -0,57$). Yu e Lee (1986) obtiveram uma correlação inversa mais expressiva ($r = -0,76$) que os dados encontrados neste estudo.

Acerca das variáveis pH final e FC, observou-se correlação linear positiva entre estes valores ($r = 0,66$), ou seja, quanto maior o pH final maior a FC. O mesmo

foi observado por Purchas (1990); Purchas e Aungsupakorn (1993). Estes autores citam ainda que 55% da variação na FC foi devido ao pH.

Foi observada uma correlação inversa entre os valores de pH final e os valores de L^* ($r = -0,49$), a^* ($r = -0,51$) e b^* ($r = -0,69$), assim como constatado por Wulf et al. (1997), onde, estes autores encontraram para o valor de a^* uma correlação $r = -0,52$, e para o valor de b^* , $r = -0,60$, sendo o valor de b^* considerado melhor indicador para o pH final do músculo *L. dorsi* em carcaças estimuladas eletricamente (baixa voltagem). O valor de L^* foi considerado como o pior indicador do pH final. Resultados semelhantes foram observados por Wulf e Wise (1999) onde, para carne com pH normal, foi observada uma correlação entre o pH final e os valores de L^* , a^* , b^* de $r = -0,27$; $-0,42$ e $-0,46$, e para carne DFD, $r = -0,17$; $-0,66$ e $-0,67$, respectivamente. Estes resultados mostram também que quanto maior o valor do pH final, menor os valores de cor, ou seja, mais escura a carne.

6 CONCLUSÃO

- ✓ A contração máxima do sarcômero foi detectada na 12^a hora *post mortem*, para músculo *L. dorsi*, em meias carcaças bovinas estimuladas eletricamente com baixa voltagem (45V), ou seja, os tempos de transporte e descanso não interferiram no processo de *rigor mortis*.
- ✓ O transporte por até duas horas associado à ausência de descanso (0h) não interferiu significativamente na qualidade da carne, em relação aos parâmetros estudados, sugerindo a permanência do tempo mínimo de seis horas de descanso, para este tempo de transporte, conforme determina o artigo 110 do RIISPOA.
- ✓ O transporte por aproximadamente cinco horas associado à ausência de descanso foi determinante para a ocorrência de carne moderadamente DFD (pH final médio = 6,04). Além disso, ocorreu um maior encurtamento dos sarcômeros nesses animais, aumento da força de cisalhamento e diminuição dos valores de a^* e b^* .
- ✓ Quanto maior o pH final, menor o comprimento do sarcômero e quanto menor o comprimento do sarcômero, maior a força de cisalhamento.
- ✓ Dentre os valores de cor, o valor de b^* apresentou a maior correlação com o pH final da carne. O valor de L^* não foi influenciado pelo tempo de transporte, nem pelo tempo de descanso, havendo uma menor correlação com o pH final da carne.

✓ Quanto maior o pH final maior a força de cisalhamento, como ocorre nas carnes DFD.

✓ Avaliando-se o conjunto dos parâmetros estudados observou-se que, em animais transportados por aproximadamente cinco horas o tempo de descanso de 12 horas após a chegada ao Matadouro Frigorífico, não interferiu negativamente qualidade da carne, apresentando ainda o maior valor de a^* . Desta forma, sugere-se uma possível diminuição do tempo de descanso, jejum e dieta hídrica de 24 horas para 12 horas, para animais submetidos às mesmas condições que as constantes neste estudo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ABERLE, D.E.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. *Principles of meat science*. 4 ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing. 2001. 254 p.

ABREU, R.L. *Correlação entre tempo, temperatura e pH com a instalação do rigor mortis em carcaça frigorificada de bovino*. Niterói, 1984. 82 p. Tese (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense Mestrado, Niterói, 1984.

ABRIL, M.; CAMPO M.M.; ÖNENÇ, A.; SAÑUDO C.; ALBERTÍ, P.; NEGUERUELA, A.I. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 58, p. 69-78, 2001.

AGNES, F.; SARTORELLI, P., ABDI, B.H.; LOCATELLI, A. Effect of transport loading or noise on blood biochemical variables in calves. *American Journal of Veterinary Research*, Milan, v. 51, n.10, p. 1671-1681, oct. 1990.

ALMEIDA, W.M. *Influência da estimulação elétrica de baixa voltagem sobre a sangria, pH e comprimento de sarcômero no músculo bovino (Bos indicus), durante o processamento industrial para obtenção de meias carcaças resfriadas*. Niterói, 1993. 69 p. Tese (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense Mestrado, Niterói, 1993.

ANIMAL WELFARE ADVISORY COMMITTEE. Code of recommendations and minimum standarts for the animal welfare of animals transported within New Zealand. Ministry of Agriculture and Fisheries. Disponível em: <www.biosecurity.govt.nz>. Acesso em: 06 dez. 2004.

ARGENTINA. Decreto 4238/68 y Normas Legales Conexas. Regulamento de Inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal. Ministério da Agricultura e Ganaderia: Buenos Aires, 1971, 560 p.

BEHMER, O. A.; TOLOSA, E.M.C.; NETO, A.G.F. *Manual de técnicas para histologia normal e patológica*. São Paulo: EDART – Editora da USP, 1976. 239 p.

BATISTA DE DEUS, J.C.; SILVA, W.P.; SOARES, J.G.D. Efeito da distância de transporte de bovinos no metabolismo *post mortem*. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 5, n. 2, p. 152-156, mai/ago, 1999.

BEEF POINT. Disponível em: <www.beefpoint.com.br>. Acesso em: 20 jul. 2005.

BELTRÁN, J.A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SÃNUDO, C.; ALBERTÍ, P.; RONCALÉS, P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 45, n. 2, p. 201-207, 1997.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; MORGAN, W.W.; HALE, D.S.; GRIFFIN, D.B.; SAVELL, J.W.; AMES, R.P.; SMITH, M.T.; TATUM, J.D.; FIELD, T.G.; SMITH, G.C.; GARDNER, B.A.; MORGAN, J.B.; NORTHCUTT, S.L.; DOLEZAL, H.G.; GILL, D.R.; RAY, F.K. National Beef Quality Audit-1995: Survey of producer related defects and carcass quality and quantity attributes. *Journal of Animal Science*. v. 76, p. 96-103, 1998.

BOUTON, P.E.; FORD, A.L.; HARRIS, P.V.; SHAW, F.D. Electrical stimulation of beef sides. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 4, p. 145-155, 1980.

BRASIL. Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952 alterado pelo Decreto nº 2.244 de 4 de junho de 1997. Aprova o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997, 240 p.

BROWN, S.N.; BEVIS, E.A.; WARRISS, P.D. A estimate of the incidence of dark cutting beef in the United Kingdom. *Meat Science*, Barking, v. 27, n. 3, p. 249-258, 1990.

COSTA RICA. Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes. Decreto nº 29588-MAG-S. Disponível em: <www.oirsa.org>. Acesso em: 27 jun. 2005.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Council Directive 95/29/EC of 29 June 1995 amending Directive 91/628/EEC concerning the protection of animals during transport. Disponível em: <www.europa.eu.int>. Acesso em: 14 dez. 2004.

CROSS, H.R.; WEST, R.L.; DUTSON, T.R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef *Semitenidinosus* muscle. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 5, p. 261-266, 1981.

CROUSE, J.D.; SMITH, S.B.; PRIOR, R.L. Bovine muscle glycogen as affected by fasting and refeeding. *Journal of Animal Science*. v. 59, n. 2, p. 384-387, 1984.

DIAS CORREIA, A.A. *Bioquímica Animal*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1976. 914p.

DUKES, H.H. *Fisiologia dos animais domésticos*. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

DUTSON, T.R.; SAVELL, J.W.; SMITH, G.C. Electrical stimulation of ante-mortem stressed beef. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 6, p. 159-161, 1982.

FERNANDEZ, X.; MONIN, G.; CULIOLI, J.; LEGRAND, I.; QUILICHINI, Y. Effect of duration of feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in frisian-holstein calves. *Journal of Animal Science*. v. 74, p. 1576-1583, 1996.

GARDNER, B.A.; NELSON, J.L.; BOLEMAN, S.L.; SMITH, G.C.; SAVELL, J.W.; DOLEZAL, H.G.; NORTHCUTT, S.L.; GILL, D.R.; MORGAN, J.B.; RAY, F.K. National Beef Quality Audit-1995: A characterization of federally inspected harvesting operations. Disponível em: <www.ansi.okstate.edu>. Acesso em: 05 jun. 2004.

GASPERLIN, L.; ZLENDER, B.; ABRAM, V. Colour of normal and high pH beef heated to different temperatures as related to oxygenation. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 54, p. 391-398, 2000.

GEORGE, A.R.; BENDALL, J.R.; JONES, R.C. The tenderising effect of electrical stimulation of beef carcasses. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 4, p. 51-68, 1980.

GEESINK, G. H.; KOOLMEES, P. A.; VAN LAACKB, H. L.; SMULDERS E. J. Determinants of tenderisation in beef *Longissimus dorsi* and *Triceps brachii* muscles. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 41, p. 7-17, 1995.

GIL, J.I.; DURÃO, J.C. *Manual de inspeção sanitária de carnes*. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000. 485 p.

GRANDIN, T. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. *Journal of American Veterinary Medical Association*. v. 204, n. 3, p. 372-377, 1994.

GRANDIN, T. *Land cattle transport. Australia*. Collingwood: Csiro Publishing, 1999. 23 p.

GRANDIN, T. Perspectives on transportation issues: The importance of having physically fit cattle and pigs. *Journal of Animal Science*. V. 79, Suppl. E, 2000.

HENDRIX, K.; PETTY, T. National Beef Quality Audit – 2000. Department of Animal Sciences. Disponível em: <www.ansc.purdue.edu> Acesso em: 04 jun. 2004.

HOOD, D.E; TARRANT, P.V. *The problem of dark cutting beef*. Martinus Nijhoff, 1980. 504 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Pecuária Municipal. 31 v. 2003. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 06 dez. 2004.

JOAQUIM, C.F. *Efeitos da distância de transporte em parâmetros post mortem de carcaças bovinas*. Botucatu, 2002. 65 p. Tese (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

JONES, S.D.M.; NEWMAN, J.A.; TONG, A.K.M.; MARTIN, A.H.; ROBERTSON, V.W. The effects of two shipping treatments on the carcass characteristics of bulls implanted with zeranol and unimplanted steers. *Journal of Animal Science*, v. 62, p. 1602-1608, 1986.

JONES, S.D.M; SCHAEFER, A.I.; TONG, A.K.W.; VINCENT, B.C. The effects of fasting and transportation on beef cattle. 2.Body component changes, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 20, p. 25-35, Jan. 1988.

JONES, S.D.M; SCHAEFER, A.I.; ROBERTSON, W.M.; VINCENT, B.C. The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage on meat quality in beef cattle. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 28, p. 131-139, 1990.

KENNY, F.J.; TARRANT, P.V. The reaction of young bulls to short-haul road transport. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.17, p. 209-227, 1987a.

KENNY, F.J.; TARRANT, P.V. The physiological and behavioural responses of crossbred Friesian steers to short-haul transport by road. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v. 17, p. 63-75, 1987b.

KERTH, C.R.; MILLER, M.F.; RANSEY, C.B. Improvement of beef tenderness and quality traits with calcium chloride injection in beef loins 48 hours post-mortem. *Journal of Food Science*, v. 73, p. 750-756, 1995.

KOOHMARAIE, M. The biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 43, p. 193-201, 1996.

LACOURT, A.; TARRANT, P.V. Glycogen depletion patterns in myofibres of cattle during stress. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 15, p. 85-100, 1985.

LAHUCKY, R.; PALANSKA, O.; MOJTO, J.; ZAUJEC, K.; HUBA, J. Effect of preslaughter handling on muscle glycogen level and selected meat quality traits in beef. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 50, n. 3, p. 389-393, 1998.

LISTER, D.; GREGORY, N. G.; WARRISS, P. D. Stress in meat animals. In: _____ *Developments in meat science 2*. London: Applied Science Publishers, 1981. 299 p. cap. 3, p. 61-91.

LISTER, D.; SPENCER, G.S.G. Energy substrate provision *in vivo* and changes in muscle pH post-mortem. *Meat Science*, Barking: : Elsevier, v. 8, p. 41- 51, 1983.

LÜDDEN, L.B.; MARCELIA, M.A.; GAMBARUTO, M. Efecto de la estimulación eléctrica sobre la calidad de la carne. *Fleischwirtsch*, v. 2, p. 32-36, 1983.

MARÍA, G.A.; VILLARROEL, M.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J.L.; GEBRESENBET, G. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science*, Barking: Elsevier, v. 63, p. 1335-1340, feb. 2003.

MARSH, B.B.; LOCHNER, J.V.; TAKAHASHI, G.; KRAGNESS, D.D. Effects of early post-mortem pH and temperature on beef tenderness. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 5, p. 479-483, 1981.

MCKENNA, D.R.; ROEBER, D.L.; BATES, P.K.; SCHMIDT, T.B.; HALE, D.S.; GRIFFIN, D.B.; SAVELL, J.W.; MORGAN, J.B.; MONTGOMERY, T.H.; BELK, K.E.; SMITH, G.C. National Beef Quality Audit-2000: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*. v. 80, p. 1212-1222, 2002.

MCVEIGH, J.M.; TARRANT, P.V. Glycogen content and depletion rates in beef muscle, effect of feeding on fasting. *Journal of Nutrition*. n. 112, p.1306-1314, 1982.

OFFICE OF PUBLIC SECTOR INFORMATION. The Welfare of Animals (Transport). Ministry of Agriculture. Disponível em: <www.opsi.gov.uk>. Acesso em: 13 dez. 2004.

O'HALLORAN, G.R.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. The relationship between early post-mortem pH and the tenderisation of beef muscles. *Meat Science*, Barking, v.45, n.2, p.239- 251, 1997.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. *Ciência Higiene e Tecnologia da Carne*. 2 ed. Goiânia: Editora UFG, 2001. 1110 p. 1v.

PIKE, M.M.; RINGKOB, T.P.; BEEKMAN, D.D.; KOH, Y.O.; HERTHOFFER, W.T. Quadratic relationship between early post-mortem glycolytic rate and beef tenderness. *Meat Science*, Barking, v. 34, n.1, p.13-26, 1993.

PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 1994. 668p.

PURCHAS, R. W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*, Barking: Elsevier, v. 27, p. 129-140, 1990.

PURCHAS, R. W.; AUNGSUPAKORN, R. Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. *Meat Science*, Barking: Elsevier, v. 34, p. 163-178, 1993.

RUDDICK, J.E.; RICHARDS, J.F. Comparison of sarcomere length measurement of cooked chicken pectoralis muscle by laser diffraction and oil immersion microscopy. *Journal of Food Science*, v. 40, p. 500-501, 1975.

SCANGA, J.A.; BELK, K.E.; TATUM, J.D.; GRANDIN, T.; SMITH, G.C. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *Journal of Animal Science*. v. 76, p. 2040-2047, 1998.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; SAVELL, J.W. Evaluation of *Longissimus dorsi* muscle pH at three hours post-mortem as a predictor of beef tenderness. *Meat Science*, Barking: Elsevier, v. 37, p. 195-204, 1994.

SHORTHOSE, W.R. Experiência australiana na utilização do búfalo para carne. In: SIMPÓSIO SOBRE BÚFALO COMO PRODUTOR DE CARNE, 1., 1991, Campinas.

SILVA, J.A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*, Barking: Elsevier, v. 52, n.4, p. 453-459, 1999.

SILVA, T.J.P. *Myofibrillar shortening and ultrastructural changes in prerigor heated beef triceps brachii muscle*. Purdue, 1988. 145p. Tese (Doutorado) - Purdue University, West Lafayette, 1988.

SLOSS, M.W.B.S.; KEMP, R.L.A.B. *Veterinary clinical parasitology*. 5 ed. Ames: Iowa State University Press, 1978. 247p.

SMULDERS, F.J.M.; MARSH, B.B.; SWARTZ, D.R.; RUSSEL, R.L.; HOENECKE, M.E. Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Science*. Barking: Elsevier, v. 27, p. 349-363, 1990.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEMS. SAS^R User's guide. Cary:SAS Institute Inc. 1985, 959 p.

SWATLAND, H.J. *Estructura y desarrollo de los animales de abasto*. Zaragoza: Acribia S.A., 1984. 443 p.

TARRANT, P.V. Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 28, p. 153-170, 1990.

TARRANT, P.V.; KENNY, F.J.; HARRINGTON, D. The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Science*, Barking, v. 24, n. 3, p. 209- 222, 1988.

THORNTON, H. *Compêndio de inspeção de Carnes*. Londres: Bailliere Tindall na Cassel, 1969. 665 p.

WARRISS, P.D. The behaviour and blood profile of bulls which produce dark cutting meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* . v. 35, p. 863-868, 1983.

WARRISS, P.D. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 28, p. 171-186, 1990.

WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; KNOWLES, T.G.; KESTIN, S.C.; EDWARDS, J.E.; DOLAN, S.K.; PHILIPS, A.J. Effects on cattle of transport by road for up 15 hours. *The Veterinary Record*, London, v. 136, n.1, p.319-323, 1995.

WARRISS, P.D. *Ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia S.A., 2003. 309 p.

WATANABE, A.; DALY, C.C.; DEVINE, C.E. The effects of ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science*, Barking: Elsevier, v. 42, n. 1, p. 67-78, 1996.

WULF, D.M.; O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; SMITH, G.C. Using objective measures of muscle color to predict beef Longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*. v. 75, p. 684-692, 1997.

WULF, D.M.; WISE, J.W. Measuring muscle color on beef carcasses using the L*, a*, b* color space. *Journal of Animal Science*. v. 77, p. 2418-2427, 1999.

UYTTERHAEGEN, L.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D. The effect of electrical stimulation on beef tenderness protease activity and myofibrillar protein fragmentation. *Biochimie*, Paris: Elsevier, v. 74, p. 275-281, jan. 1992.

VAN DE WATER, G.; VERJANS, F.; GEERS, R. The effects of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science*, Amsterdam: Elsevier, v. 82, p. 171-179, 2003.

VILLARROEL, M.; MARÍA, G.A.; SAÑUDO, C.; OLLETA, J.L.; GEBRESENBET, G. Effect of transport time on sensorial aspects of beef meat quality. *Meat Science*, v. 63, p. 353-357, Apr. 2003.

YU, L.P.; LEE, B. Effects of postmortem pH and temperature on bovine muscle and meat tenderness. *Journal of Food Science*, v. 51, n. 3, p. 774-780, 1986.

8 APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Tratamentos (transporte / descanso) e as respectivas procedências dos animais com a distância, maturidade e tempo aproximado de transporte.

Associação de Tratamento	Procedência	Estado	Maturidade (meses)	Distância (Km)	Tempo de Transporte
*A/0	Comendador				
	Gomes	MG	42,0	116	1:50
A/12	Frutal	MG	39,0	77	1:15
A/18	Altair	SP	44,0	76	1:15
A/24	Altair	SP	39,0	76	1:15
**B/0	Guarani do Oeste	SP	21,0	250	4:30
B/06	Limeira do Oeste	MG	36,0	320	5:00
B/12	Limeira do Oeste	MG	42,0	320	5:00
B/18	Carneirinho	MG	39,0	340	5:30
B/24	Presidente Alves	SP	30,0	300	5:00

*A transporte por até duas horas

**B transporte por aproximadamente cinco horas

APÊNDICE 2 – Análise de Variância (ANOVA) em fatorial 2x5x5. sobre os resultados da avaliação do pH no músculo *L. dorsi*, durante a refrigeração de 45 meias carcaças bovinas.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Pr > F
Transporte	1	0,0001*
Descanso	4	0,0001*
Tempo <i>post mortem</i>	4	0,0001*
Transporte * Descanso	3	0,0011*
Transporte * Tempo <i>post mortem</i>	4	0,0242*
Descanso * Tempo <i>post mortem</i>	16	0,0001*
Resíduo	217	-
Total	249	-

* significativos ao nível de 5% de significância

APÊNDICE 3 – Análise de Variância (ANOVA) em fatorial 2x5 sobre os resultados da avaliação da FC, CS e cor (L*, a*, b*) no músculo *L. dorsi*.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Pr > F				
		FC	CS	L*	a*	b*
Transporte	1	0,5766	0,2119	0,3230	0,7747	0,8893
Descanso	4	0,0782	0,0001*	0,6246	0,0001*	0,0004*
Transporte * Descanso	3	0,5683	0,2006	0,3445	0,0058*	0,0002*
Resíduo	41	-	-	-	-	-
Total	49	-	-	-	-	-

* significativos ao nível de 5% de significância

APÊNDICE 4 – Resultados da determinação da temperatura (°C), no músculo *L. dorsi* de bovinos transportados por até duas horas, considerando quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Tempo de descanso	n	Temperatura (°C) / Tempo <i>post mortem</i> (h)				
		0,5h	06h	12h	18h	24h
0	1	36,3	8,9	2,8	-0,2	-0,8
	2	36,6	8,0	3,1	0,4	-0,2
	3	36,5	8,8	2,6	-0,1	-0,5
	4	35,1	8,5	1,9	0,0	-0,8
	5	38,0	9,9	2,2	0,2	-0,4
12	1	36,6	12,0	3,2	-0,4	-0,9
	2	38,8	11,7	2,6	-0,7	-1,0
	3	38,1	11,0	1,1	-0,8	-1,1
	4	36,0	11,3	1,6	-0,8	-1,1
	5	37,5	10,9	2,9	-0,8	-1,0
18	1	38,7	13,3	3,5	0,7	-0,1
	2	38,2	14,1	2,9	0,9	0,2
	3	36,3	13,2	4,4	1,2	0,5
	4	35,8	12,5	3,9	1,1	0,3
	5	36,8	11,8	2,1	0,5	-0,2
24	1	38,2	11,1	2,4	-0,3	-0,6
	2	37,7	10,6	1,5	-0,2	-0,5
	3	35,8	9,9	2,5	0,0	-0,6
	4	39,1	11,9	1,9	-0,2	-0,8
	5	37,6	10,5	1,5	-0,3	-0,8

APÊNDICE 5 – Resultados da determinação da temperatura, no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por aproximadamente cinco horas, considerando cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Tempo de descanso	n	Temperatura (°C) / Tempo <i>post mortem</i> (h)				
		0,5h	06h	12h	18h	24h
0	1	37,1	14,6	8,10	4,7	3,5
	2	37,9	14,4	6,70	4,0	3,2
	3	38,3	13,8	8,60	3,4	2,5
	4	39,4	12,1	7,40	2,5	1,9
	5	38,1	12,3	6,40	2,4	1,3
06	1	37,2	13,6	6,4	0,7	-1,0
	2	37,9	12,2	4,8	0,3	-0,8
	3	37,2	12,6	5,8	0,4	-0,5
	4	36,5	11,2	5,3	1,0	-0,4
	5	35,9	13,9	6,0	0,9	-0,4
12	1	36,5	12,8	8,0	1,0	-0,3
	2	36,4	11,3	6,7	0,3	-0,4
	3	37,1	14,0	9,1	1,4	-0,4
	4	35,7	11,5	6,2	0,3	-0,4
	5	36,9	12,7	5,7	0,2	-0,6
18	1	36,2	12,2	8,5	0,8	0,1
	2	37,2	14,8	9,2	1,0	0,3
	3	37,7	13,4	8,1	1,1	0,4
	4	38,0	14,3	7,9	0,8	0,2
	5	37,4	11,6	7,5	0,6	-0,1
24	1	39,0	12,7	3,3	0,6	0,0
	2	39,0	11,8	2,8	0,0	-0,4
	3	38,5	14,1	3,9	0,4	-0,1
	4	38,7	13,6	3,5	0,5	0,1
	5	36,9	12,9	3,5	0,3	-0,2

APÊNDICE 6 – Resultados da determinação da temperatura da câmara, segundo a associação de tratamentos (transporte/descanso) aplicados às meias carcaças bovinas em cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Temperatura da câmara (°C) / Tempo <i>post mortem</i> (h)					
Transporte/ Descanso	0,5h	6h	12h	18h	24h
A/0	11,0	4,0	0,0	-1,0	-1,5
A/12	0,0	3,0	0,0	-0,3	-1,0
A/06	2,0	8,0	4,0	1,0	-0,5
A/24	8,0	4,0	0,0	-1,0	-1,5
B/0	-0,2	5,0	2,0	1,0	0,0
B/06	0,0	3,0	0,0	-0,3	-1,0
B/12	13,0	2,0	2,0	-1,0	-1,0
B/18	2,0	6,0	2,0	0,0	0,0
B/24	9,0	2,0	1,0	-1,0	0,0

A transporte por até duas horas

B transporte por aproximadamente cinco horas

APÊNDICE 7 – Resultados da determinação do pH, no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por até duas horas, considerando quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Tempo de Descanso	n	Valores de pH / Tempo <i>post mortem</i> (h)				
		0,5h	06h	12h	18h	24h
0	1	6,97	6,21	5,90	5,71	5,68
	2	6,80	6,15	5,84	5,65	5,56
	3	6,81	6,14	6,01	5,72	5,71
	4	6,84	6,28	5,97	5,94	5,82
	5	6,82	6,25	6,02	5,67	5,62
12	1	6,78	6,28	5,86	5,63	5,55
	2	6,76	6,09	5,82	5,74	5,64
	3	6,62	6,12	5,79	5,71	5,57
	4	6,66	6,11	5,83	5,77	5,65
	5	6,72	6,08	5,97	5,68	5,56
18	1	6,60	5,96	5,84	5,68	5,58
	2	6,67	6,01	5,79	5,70	5,68
	3	6,63	6,07	5,94	5,73	5,65
	4	6,71	6,08	5,79	5,70	5,63
	5	6,81	6,17	5,92	5,74	5,70
24	1	6,46	5,82	5,69	5,64	5,55
	2	6,45	5,95	5,77	5,63	5,56
	3	6,48	5,98	5,82	5,74	5,61
	4	6,51	5,89	5,76	5,65	5,58
	5	6,54	5,95	5,84	5,77	5,63

APÊNDICE 8 – Resultados da determinação do pH, no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por aproximadamente cinco horas, considerando cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h) e cinco períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 18h; 24h sob refrigeração.

Tempo de Descanso	n	Valores de pH / Tempo <i>post mortem</i> (h)				
		0,5h	06h	12h	18h	24h
0	1	6,89	6,21	6,02	6,08	5,96
	2	6,78	6,34	6,19	6,02	6,10
	3	6,96	6,14	6,15	6,13	6,18
	4	6,75	6,22	6,09	6,02	5,98
	5	6,86	6,33	6,15	6,05	5,96
06	1	6,75	6,20	6,13	5,80	5,76
	2	6,83	6,25	6,19	5,73	5,63
	3	6,72	6,14	6,06	5,81	5,69
	4	6,87	6,11	6,01	5,87	5,72
	5	6,91	6,19	6,08	5,80	5,78
12	1	6,62	6,03	5,89	5,69	5,68
	2	6,70	6,06	5,95	5,72	5,68
	3	6,80	5,97	5,84	5,62	5,61
	4	6,83	6,05	5,93	5,70	5,62
	5	6,88	6,08	5,82	5,63	5,62
18	1	6,64	6,18	5,86	5,75	5,56
	2	6,68	6,21	5,91	5,86	5,65
	3	6,78	6,26	6,05	5,77	5,69
	4	6,69	6,27	5,95	5,71	5,57
	5	6,53	6,14	5,85	5,69	5,53
24	1	6,43	6,06	6,00	5,71	5,68
	2	6,45	5,95	5,86	5,62	5,54
	3	6,35	6,00	5,89	5,79	5,61
	4	6,44	6,06	5,98	5,63	5,52
	5	6,42	6,09	5,92	5,59	5,51

APÊNDICE 9 – Resultados para determinação da cor (valores de L*, a*, b*), no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por até duas horas, em quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h).

Tempo de descanso	n	Valores de cor		
		L*	a*	b*
0	1	28,83	16,54	3,55
	2	27,68	15,85	2,18
	3	29,52	14,44	2,04
	4	31,74	14,41	4,66
	5	29,29	14,01	2,39
12	1	29,05	16,22	2,76
	2	28,45	17,58	3,68
	3	27,32	16,84	2,61
	4	28,28	15,24	1,74
	5	28,88	16,57	2,52
18	1	30,62	15,61	4,02
	2	31,39	14,37	3,70
	3	33,47	13,18	3,45
	4	29,94	16,74	3,93
	5	28,11	15,77	2,50
24	1	32,97	13,00	2,88
	2	27,14	13,72	0,61
	3	31,17	16,37	5,05
	4	28,00	13,50	0,43
	5	30,16	11,62	2,38

APÊNDICE 10 – Resultados da determinação da cor (valores de L*, a*, b*), no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por aproximadamente cinco horas, em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h).

Tempo de descanso	n	Valores de cor		
		L*	a*	b*
0	1	27,75	13,20	-0,09
	2	27,69	11,19	-1,28
	3	29,79	11,44	-1,09
	4	31,39	12,37	0,76
	5	29,80	13,49	0,57
06	1	32,19	14,79	4,03
	2	26,86	17,49	2,01
	3	29,35	16,63	4,13
	4	29,76	14,47	2,81
	5	30,83	15,62	3,92
12	1	27,48	20,33	4,08
	2	34,20	17,53	7,27
	3	30,96	17,88	5,53
	4	29,88	17,10	4,62
	5	31,34	15,46	3,13
18	1	29,31	15,27	3,00
	2	33,26	15,52	6,26
	3	30,27	15,25	3,11
	4	29,09	13,76	1,70
	5	29,54	16,04	3,92
24	1	32,52	13,77	3,40
	2	29,18	13,99	1,42
	3	27,91	14,38	1,09
	4	30,59	13,85	2,77
	5	32,56	13,52	2,98

APÊNDICE 11 – Resultados da determinação da força de cisalhamento, no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por até duas horas, em quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h), no sétimo dia *post mortem*.

		Valores da força de cisalhamento (kg)						
Tempo de descanso	n	Número de determinações / amostra						
		1	2	3	4	5	6	7
0	1	4,0	3,8	3,9	4,0	4,1	3,7	4,2
	2	5,2	5,3	4,9	4,8	5,1	5,6	5,0
	3	5,4	4,5	4,9	4,8	4,3	4,2	4,0
	4	4,3	4,8	4,0	5,0	4,5	4,8	5,5
	5	4,9	5,1	4,0	4,1	5,2	4,8	4,3
12	1	4,2	5,9	3,9	5,8	5,5	5,4	5,7
	2	3,5	3,9	3,5	4,0	3,8	3,6	3,0
	3	6,3	5,1	5,9	4,4	6,3	6,1	5,3
	4	3,2	2,8	3,0	3,4	3,2	3,9	2,9
	5	4,1	4,0	3,3	3,3	3,8	4,0	3,9
18	1	3,7	4,2	4,2	3,4	4,1	4,3	4,0
	2	4,6	3,9	4,7	4,5	4,7	4,6	4,5
	3	4,9	4,6	4,4	4,8	4,8	4,6	4,8
	4	5,2	4,5	4,6	4,3	4,2	4,8	4,5
	5	3,0	2,8	2,9	2,9	2,7	3,1	2,9
24	1	4,3	3,9	4,0	3,9	4,1	3,8	4,3
	2	4,3	4,2	4,0	4,7	4,0	4,2	3,4
	3	4,2	3,8	3,9	4,0	4,0	3,8	3,5
	4	5,1	3,8	3,5	3,8	5,0	4,8	3,9
	5	3,4	3,8	4,2	4,2	3,3	4,5	4,0

APÊNDICE 12 – Resultados da determinação da força de cisalhamento, no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por aproximadamente cinco horas, em cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h), no sétimo dia *post mortem*.

		Valores da força de cisalhamento (kg)						
Tempo de descanso	n	Número de determinações / amostra						
		1	2	3	4	5	6	7
0	1	6,3	5,5	4,4	5,1	6,5	4,6	4,7
	2	3,7	2,3	3,3	3,7	2,5	3,3	2,1
	3	5,6	5,8	5,9	5,1	5,8	6,1	6,0
	4	4,5	4,8	5,1	3,8	4,0	3,9	3,9
	5	5,9	4,8	5,1	4,6	6,1	5,4	5,0
06	1	2,5	2,9	3,0	3,2	2,5	2,7	2,5
	2	5,0	4,7	3,9	4,5	4,1	4,8	4,9
	3	3,6	5,0	4,0	4,3	5,2	4,3	4,2
	4	4,6	4,6	5,1	4,7	5,9	4,4	5,6
	5	5,5	5,9	4,6	5,0	4,5	4,4	4,0
12	1	4,7	4,5	3,4	3,5	4,5	4,3	4,1
	2	4,4	5,6	4,9	5,1	5,5	5,4	4,3
	3	3,4	3,2	3,3	3,1	4,2	3,1	2,9
	4	4,9	4,9	5,5	5,0	4,3	5,5	4,7
	5	3,8	3,5	3,9	4,3	3,1	4,0	4,0
18	1	3,8	3,1	4,3	3,2	3,7	3,5	5,0
	2	3,3	3,5	3,6	3,4	2,9	3,5	4,0
	3	4,4	4,2	4,3	4,7	3,8	4,4	4,5
	4	4,0	3,9	4,1	4,5	5,6	4,8	4,1
	5	4,2	5,2	4,4	4,4	3,7	4,3	4,2
24	1	2,4	3,0	3,6	2,3	3,1	2,4	3,2
	2	3,2	3,1	4,0	2,9	2,8	2,6	3,7
	3	3,4	4,0	4,6	4,5	4,0	2,9	3,9
	4	3,1	2,0	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6
	5	4,5	3,8	5,2	4,3	3,7	3,5	3,3

APÊNDICE 13 – Resultados da determinação do comprimento de sarcômero (μm), no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por até duas horas, considerando quatro tempos de descanso (0h, 12h, 18h e 24h) e quatro períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 24h sob refrigeração.

Tempo de Descanso	n	Valores de comprimento de sarcômero (μm)/Tempo <i>post mortem</i>			
		0,5h	06h	12h	24h
0	1	2,39	1,96	1,74	1,87
	2	2,27	1,98	1,82	1,85
	3	2,61	1,93	1,64	1,84
	4	2,62	2,02	1,66	1,78
12	1	2,54	2,05	1,80	2,04
	2	2,31	2,02	1,61	1,93
	3	2,34	1,90	1,78	1,93
	4	2,34	1,94	1,75	2,02
18	1	2,50	1,96	1,81	2,07
	2	2,34	2,02	1,79	2,00
	3	2,31	1,98	1,79	1,97
	4	2,33	2,09	1,69	1,92
24	1	2,43	2,06	1,64	1,95
	2	2,42	2,14	1,82	1,93
	3	2,40	2,01	1,82	1,94
	4	2,38	2,01	1,78	2,03

APÊNDICE 14 – Resultados da determinação do comprimento de sarcômero (μm), no músculo *L. dorsi*, de bovinos transportados por aproximadamente cinco horas, considerando cinco tempos de descanso (0h, 06h, 12h, 18h e 24h) e quatro períodos *post mortem*: 0,5h (entrada da câmara) e 06h; 12h; 24h sob refrigeração.

Tempo de descanso	n	Valores de comprimento de sarcômero (μm)/Tempo <i>post mortem</i>			
		0,5h	06h	12h	24h
0	1	2,37	2,04	1,49	1,69
	2	2,47	1,95	1,64	1,74
	3	2,54	2,08	1,69	1,80
	4	2,43	1,93	1,72	1,79
06	1	2,37	2,07	1,75	1,95
	2	2,34	1,97	1,70	1,88
	3	2,54	1,96	1,80	2,12
	4	2,33	1,95	1,76	1,93
12	1	2,45	2,00	1,59	1,93
	2	2,44	2,00	1,69	1,94
	3	2,36	1,98	1,82	1,90
	4	2,37	2,04	1,64	1,96
18	1	2,34	1,89	1,70	1,99
	2	2,41	2,00	1,71	2,01
	3	2,37	2,01	1,72	1,98
	4	2,29	2,13	1,59	2,02
24	1	2,41	1,98	1,72	1,96
	2	2,36	1,99	1,81	1,93
	3	2,50	2,07	1,82	1,92
	4	2,33	2,04	1,83	1,94