

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU**

**Avaliação da estimulação elétrica nos parâmetros qualitativos  
de carcaças bovinas**

**SANDRA REGINA SOUZA TEIXEIRA DE CARVALHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia - Tecnologia de Produtos de Origem  
Animal, como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor.

**BOTUCATU – SP**  
Fevereiro - 2006

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU**

**Avaliação da estimulação elétrica nos parâmetros qualitativos  
de carcaças bovinas**

**SANDRA REGINA SOUZA TEIXEIRA DE CARVALHO**  
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia - Tecnologia de Produtos de Origem  
Animal, como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutor.

**BOTUCATU – SP**

Fevereiro - 2006

*"É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se a derrotas, do que formar fila com os pobres de espírito que nem gozam e nem sofrem, porque vivem na penumbra cinzenta que não conhece vitória nem derrota".*

*Theodore Roosevelt*

*Em especial aos meus filhos*

*Suélen, André e Júlia*

*Pela felicidade que sempre proporcionaram e  
pela compreensão dos muitos momentos de ausência.*

*Dedico...*

*A minha mãe, pelo eterno incentivo aos estudos, por me fazer  
entender que este caminho mudaria minha vida. Ao meu pai e  
irmãos (José, Marcelo e Márcia).*

*Ao meu marido Arthur, pela paciência.*

*À meu orientador,  
Roberto de Oliveira Roça  
Pelos conselhos e pela pressão...*

## **Agradecimentos**

A Deus...

Aos meus amigos da Pós-Graduação **Ana Paula Flaminio, Amilton Souza de Mello Junior, Maria Carolina Wilmers Manço, Camila Tuga** e principalmente a doce **Charli Ludtke**, pela imensa ajuda, sem vocês eu não teria conseguido.

Aos funcionários do Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA (UNESP-Botucatu), **Odaléia Brasil Menegon, Maria Cecília dos Santos, João Antônio Gomes Filho, Newton da Silva, Aparecida Fátima da Silva** e **Wilson Emílio**, por todo auxílio e apoio recebidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

As professoras **Maria Isabel Franchi Vasconcelos Gomes** e **Léa Silva Sant'Ana**, professoras do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, pelo apoio, pelas boas conversas e pelos conselhos.

A **Simone Fernandes**, auxiliar acadêmica do Departamento de Produção e Exploração Animal, grande amiga, pelos equipamentos, conselhos, carinho e amizade.

Ao professor **Luiz Artur Chardulo** e a aluna de Pós-Graduação **Janaína Conte Hadlich** pela colaboração na realização das análises.

Ao professor **Mário De Beni Arrigoni**, pelos equipamentos cedidos.

Aos funcionários da biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos”, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu, por todas orientações recebidas.

Ao Polo Computacional do Lageado, pela assistência e análise dos dados e ao programador **Wilson Roberto de Jesus**.

Ao **Frigorífico Vangélio Mondelli** (Bauru – SP) e aos funcionários da sala de abate, de desossa e da sessão de cortes, pela valiosa colaboração no experimento. Em especial aos colaboradores da Sessão de Corte: **Pedro D. Filho (encarregado), José Antônio, Ricardo Rocha, Luís Rogério, Aluizio, Anderson, José Roberto, Ilson, Luis Carlos, Milton, José Maria, Ivo, José Renato, João Carlos, Ademir, Fábio Henrique e Valdir** e aos colaboradores **Alessandro Farias de Sousa e Fabiano Henrique Juliano**.

Aos Médicos Veterinários **Luiz Alberto Gomes e Celso Fernandes Joaquim**, do Serviço de Inspeção Federal do Ministério da Agricultura e do Abastecimento – Poin de Bauru, pelas facilidades oferecidas durante a execução do experimento. Em especial a **Cilene**, secretária do POINS, pela grande ajuda.

A **Carmem Silvia de Oliveira Polo e Seila Cristina Vieira**, seção de Pós-graduação agradeço pela amizade e carinho.

Ao aluno de Pós-Graduação **Gil Ignácio Canizares**, pela ajuda na realização das análises.

A **CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** pela bolsa de estudo concedida durante o Doutorado.



## SUMÁRIO

	Página
<b>CAPÍTULO 1: CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>	1
<i>Rigor-mortis</i>	1
Estimulação elétrica e maciez	2
Referências Bibliográficas	9
<b>CAPÍTULO 2:</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS SENSORIAS E ÍNDICE DE FRAGMENTAÇÃO MIOFIBRILAR DA CARNE PROVENIENTE DE CARÇAÇAS BOVINAS SUBMETIDAS À ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA</b>	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS	19
Material	19
Animais	19
Abate	20
Processo pós-abate	20
Métodos	23
Força de cisalhamento	23
Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)	23
Análise sensorial	24
Avaliação estatística	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
Força de cisalhamento	26
Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)	28
Análise sensorial	30
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

### **CAPÍTULO 3:**

## **EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOQUÍMICAS DE CARÇAÇAS**

<b>BOVINAS</b>	37
RESUMO	38
ABSTRACT	39
INTRODUÇÃO	40
MATERIAL E MÉTODOS	41
Material	41
Animais	41
Abate	41
Processo pós-abate	42
Métodos	44
Monitoramento <i>post-mortem</i>	44
Perdas por cocção	44
Capacidade de retenção de água (CRA)	45
Capacidade de absorção de água (CAA)	45
Perdas por exsudação	45
Valor R	46
Cor	46
Avaliação estatística	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
Avaliação do pH e temperatura <i>post-mortem</i>	47
Perdas por cocção	51
Capacidade de retenção de água (CRA)	52
Capacidade de absorção de água (CAA)	54
Perdas por exsudação	56
Valor R	58
Cor	60
CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

<b>CAPÍTULO 4:</b>	
<b>AVALIAÇÃO MICROBIANA DE CARÇAÇAS BOVINAS</b>	
<b>ESTIMULADAS ELETRICAMENTE</b>	69
RESUMO	70
ABSTRACT	71
INTRODUÇÃO	72
MATERIAL E MÉTODOS	73
Avaliação microbiana da carne	73
Animais	73
Abate	73
Processo pós-abate	74
Avaliação microbiana	75
Avaliação microbiana da superfície da carcaça	75
Animais	75
Avaliação microbiana	76
Avaliação estatística	76
RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
Avaliação microbiana da carne	77
Contagem total de bactérias	77
Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i>	79
Contagem de psicrotróficos	80
Avaliação microbiana na superfície da carcaça	82
CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
<b>CAPÍTULO 5: IMPLICAÇÕES</b>	87
<b>ANEXO I</b>	88
<b>ANEXO II</b>	89

## Lista de Tabelas

### Capítulo 2

	Página
Tabela 1 - Média dos valores da força de cisalhamento (Kgf) do músculo <i>L. dorsi</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	27
Tabela 2 - Média dos valores do índice de fragmentação miofibrilar da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	29
Tabela 3 – Média dos valores de avaliação sensorial do músculo <i>L. dorsi</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	30

## Lista de Figuras

### Capítulo 2

	Página
Figura 1 - Força de cisalhamento (Kgf) do músculo <i>L. dorsi</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	27
Figura 2 - Índice de fragmentação miofibrilar da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	30

## Lista de Tabelas

### Capítulo 3

	Página
Tabela 1 - Média dos valores de pH do músculo <i>L. dorsi</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	48
Tabela 2 – Média dos valores de pH do músculo <i>T. brachii</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	49
Tabela 3 - Média dos valores de perda por cocção (%) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	52
Tabela 4 - Média dos valores de capacidade de retenção de água (CRA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	54
Tabela 5 - Média dos valores de capacidade de absorção de água (CAA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	56
Tabela 6 - Média dos valores de perda por exsudação (valores cumulativos, em %) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	57
Tabela 7 - Média do valor R do músculo <i>L.coli</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	59
Tabela 8 – Média dos valores de cor – valor “L” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	61
Tabela 9 – Média dos valores de cor – valor “a” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	62
Tabela 10 - Média dos valores de cor – valor “b” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	63

## Lista de Figuras

### Capítulo 3

	Página
Figura 1 - pH do músculo <i>L. dorsi</i> de carcaças estimuladas (EE) e não estimuladas eletricamente (NE), em função do tempo <i>post-mortem</i> .	49
Figura 2 - pH do músculo <i>T. brachii</i> de carcaças estimuladas (EE) e não estimuladas eletricamente (NE), em função do tempo <i>post-mortem</i> .	50
Figura 3 - Temperatura de resfriamento das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, avaliadas no músculo <i>L. dorsi</i> , em função do tempo <i>post-mortem</i> .	51
Figura 4 - Temperatura de resfriamento das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, avaliadas no músculo <i>T. brachii</i> , em função do tempo <i>post-mortem</i> .	52
Figura 5 - Perda por cocção (%) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	53
Figura 6 - Capacidade de retenção de água (CRA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	54
Figura 7 - Capacidade de absorção de água (CAA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	56
Figura 8 - Perda por exsudação (valores cumulativos, em %) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	57
Figura 9 - Valor R do músculo <i>L. coli</i> de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo <i>post-mortem</i> .	60
Figura 10 - Cor – valor “L” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	62
Figura 11 - Cor – valor “a” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	63
Figura 12 - Cor – valor “b” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	64

## Lista de Tabelas

### Capítulo 4

	Página
Tabela 1 - Média dos valores de contagem total (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	78
Tabela 2 - Média dos valores de contagem de <i>Enterobacteriaceae</i> (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	80
Tabela 3 - Média dos valores de contagem de psicotróficos (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	82
Tabela 4 - Avaliação microbiana da superfície (log UFC/cm <sup>2</sup> ) de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, antes e após o resfriamento.	83

## Lista de Figuras

### Capítulo 4

	Página
Figura 1 - Contagem total (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	79
Figura 2 - Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i> (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	81
Figura 3 - Contagem de psicotróficos (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.	82

## CAPÍTULO 1

### CONSIDERAÇÕES INICIAIS

#### ***Rigor-mortis***

Após o abate, a glicólise muscular prossegue sem a presença de oxigênio, porém não há suprimento de adenosina tri fosfato (ATP) que é a fonte imediata de energia do músculo (SHORTHOSE & HARRIS, 1992).

Durante a contração *post-mortem*, enquanto há reserva de ATP, os miofilamentos mantêm-se móveis, deste modo o músculo é elástico. Com a diminuição do nível de ATP, diminui também a energia para o processo de deslizamento dos miofilamentos, iniciando a formação de enlaces ou pontes permanentes entre actina e miosina, deste modo, o músculo perde elasticidade e entra em *rigor-mortis* (ROÇA, 2000). A redução do ATP aumenta a dificuldade de manutenção da integridade estrutural das proteínas. O pH, reduzido pelo acúmulo de ácido láctico, também contribui para a desnaturação das proteínas (LAWRIE, 2005).

As mudanças nas concentrações de ATP no *post-mortem* podem ser identificadas pela taxa de IMP/ATP. Esta relação indica a degradação de um



componente rico em energia durante o metabolismo *post-mortem* e juntamente com os valores de pH, pode identificar o início do *rigor-mortis* após o abate. A taxa de IMP/ATP (inosina mono fosfato/adenosina tri fosfato) aumenta mais rapidamente nos músculos estimulados (SOARES & ÁREAS, 1995). A relação entre as concentrações de inosina e adenosina (IMP/ATP) é expressa pelo valor de R. Maiores valores de R indicam estágios mais avançados de *rigor-mortis* (HONIKEL & FISCHER, 1977 in PUGA et al., 1999).

O *rigor-mortis* é o início da diminuição da elasticidade, que ocorre a 20°C, quando o pH atinge valores 5,9 e o valor de R é igual a 1,1. O estabelecimento do *rigor-mortis* está intimamente relacionado com o valor de pH. Inicia-se mais rapidamente e tem maior duração em pH alcalino do que em pH ácido. A velocidade de queda do pH extremamente rápida ou extremamente lenta conduz ao desenvolvimento rápido do *rigor-mortis*, enquanto que em músculo com declínio do pH normal, o *rigor* se desenvolverá lentamente (ROÇA, 2000). Juntamente com a queda do pH há diminuição da capacidade de retenção de água pelo músculo (LAWRIE, 2005).

### **Estimulação elétrica e maciez**

A estimulação elétrica não é uma técnica nova, vem sendo estudada há muitos anos. O conceito do choque elétrico para aumentar a maciez foi descrito pela primeira vez por Benjamin Franklin em 1749, visando o amaciamento da carne de perus (SAVELL et al., 1977).

No ano de 1951 o estímulo elétrico foi utilizado para acelerar o *rigor-mortis* por HARSHAM e DEATHERAGE em carcaças de bovinos com diferentes potências (1700 - 3500 V) e um ritmo de pulsação (50 pulsos/seg). As representações gráficas de queda de pH apresentadas neste trabalho são muito semelhantes às obtidas em estudos mais recentes (BENDALL, 1976).

A redescoberta da estimulação elétrica ocorreu em 1973, na Nova Zelândia. Pensou-se em utilizar a estimulação elétrica para diminuir o endurecimento em carcaças ovinas, que eram exportadas para a Inglaterra.

Deste modo, surgiram às primeiras pesquisas para a determinação de qual voltagem seria adequada e outros detalhes (PARDI et al., 1995).

Como o encurtamento pelo frio e o rigor de descongelação ocorrem somente no músculo em pré-rigor, é evidente que se o *rigor-mortis* for concluído antes do resfriamento ou congelamento, isto pode ser evitado (CHRYSTALL & DEVINE, 1985).

Quando as carcaças são refrigeradas rapidamente atingindo temperaturas menores que 10°C, enquanto o pH ainda é alto (não ocorreu a resolução do *rigor-mortis*, fase de pré-rigidez) ocorre o fenômeno do encurtamento pelo frio (SOARES, 1992). Entretanto, para que haja uma boa conservação da carne evitando o crescimento microbiano, o resfriamento deve ser iniciado o mais rápido possível e com baixas temperaturas (PARDI et al., 1995).

LAWRIE (2005) relatou que algum encurtamento ocorre em todos os músculos, durante a glicólise *post-mortem* em temperaturas entre - 1° C e 38° C. Em temperaturas abaixo de 10-15°C ocorre o encurtamento pelo frio (“cold shortening”) que é um dos efeitos mais significativos da temperatura de armazenamento e consiste na aceleração do metabolismo muscular que ocorre em baixas temperaturas na fase de pré-rigidez.

A aceleração da glicólise, prevenindo o encurtamento pelo frio pela redução de ATP e outros fosfatos ricos em energia durante o desenvolvimento do *rigor* é um efeitos causados pela estimulação elétrica, sendo relatado por muitos autores (DAVEY et al., 1967; CARSE, 1973; BENDALL et al., 1976; GEORGE et al., 1980). Outros relatam que há um aumento da maciez, mesmo com a ausência do encurtamento pelo frio (SAVELL et al., 1978; SMULDERS & EIKELENBOOM, 1986; DRANSFIELD et al., 1992). O aumento da maciez pode ocorrer por ruptura ou estiramento do músculo (SAVELL et al., 1978; SORINMADE et al., 1982; TAKAHASHI et al., 1987) ou pela liberação de enzimas lisossomas (DUTSON et al., 1980). Também pode ser melhorada pelo aumento da proteólise (DRANSFIELD et al., 1992) e ruptura de sarcômeros (PARDI et al., 1995). Entretanto, alguns autores (SAVELL et al., 1982; SHIVAS

et al., 1985; UNRUH et al., 1986) não obtiveram aumento da maciez com a estimulação elétrica.

O amaciamento da carne com a utilização da estimulação elétrica, segundo ABERLE et al. (2001) ocorre devido a três fatores: 1) prevenção do encurtamento pelo frio através da aceleração da glicólise, com resolução do rigor, enquanto a temperatura das carcaças ainda está alta; 2) aceleração da atividade proteolítica (ação do cálcio) e 3) pela ruptura física causada na estrutura da fibra muscular, devido as extremas contrações musculares, sendo que a maior ou menor importância destes fatores, dependem das condições de resfriamento.

Segundo (HAY et al., 1973; KOOHMARAIE et al., 1984; MacBRIDE and PARRISH, 1977; OLSON & PARRISH, 1977) as mudanças que ocorrem no tecido muscular resultando no amaciamento da carne, estão associadas com a ruptura das linhas Z dos sarcômeros. Estas transformações ocorrem provavelmente pela ação de enzimas proteolíticas durante a maturação. Isto pode ocorrer também pela aplicação da estimulação elétrica, baseado na ruptura física da estrutura do sarcômero, e também pela liberação de enzimas proteolíticas, podendo acelerar a degradação da linha Z e deste modo à maturação (WU et al., 1985).

Há discordância entre os pesquisadores sobre estimulação elétrica e maciez. DUTSON & PEARSON (1985) relatam que o mais importante para se melhorar a maciez da carne, com a estimulação elétrica, é a redução do pH enquanto a temperatura do músculo ainda é relativamente alta. Isto não somente reduz o encurtamento pelo frio como também aumenta a maciez.

Outra explicação para o aumento da maciez pela estimulação elétrica é de que a liberação dos íons cálcio do sistema sarcotubular, pode aumentar a proteólise pelas calpaínas (DUTSON, 1977 in LAWRIE, 2005). Com a queda do pH e a danificação das membranas lisossomais, as catepsinas são liberadas, aumentando a maciez da carne (DUTSON et al., 1980).

Muitos estudos demonstraram que há uma redução rápida do pH do músculo, em ovinos (BENDALL, 1984; McGEEHIN et al., 2001), bovinos (CHRYSTALL & DEVINE, 1978) e bubalinos (SOARES & AREAS, 1995) evitando a perda da maciez causada pelo encurtamento pelo frio.

A estimulação elétrica logo após o abate acelera o início do *rigor-mortis*. Sem a estimulação elétrica o tempo de instalação do *rigor* é entre 15 a 20 horas, diminuindo para 5 a 10 horas com a utilização da estimulação. A rigidez ocorre enquanto a carcaça ainda está quente, impedindo o encurtamento pelo frio, mesmo com refrigeração rápida (PARDI et al., 1995). SOARES & AREAS (1995) trabalhando com carcaças de búfalos estimuladas eletricamente com alta voltagem obtiveram produção do *rigor-mortis* 2 h após o abate e nas carcaças não estimuladas o rigor foi alcançado somente após 15 horas.

Muitos autores mostraram a utilização da estimulação com aplicação de alta voltagem (SMITH, 1985; POLIDORI et al, 1996), porém, vários autores afirmam que a utilização de baixa voltagem (EIKELENBOOM et al., 1985; KONDOS & TAYLOR, 1987; NOUR et al., 1994) tem efeito similar na queda do pH, e sugerem que resulte num aumento de maciez, principalmente pela prevenção do encurtamento pelo frio. A técnica com baixa voltagem também é mais utilizada por ser mais prática dentro das condições comerciais e diminuir as chances de acidentes com o manipulador do aparelho e também por ser menos rigoroso os requerimentos exigidos pelas agências reguladoras.

POLIDORI et al. (1999) estimularam carcaças ovinas com baixa voltagem (28 V, 60 Hz) e verificaram que houve aceleração da glicólise, com queda do pH nas primeiras 6 h *post-mortem* nos músculos *Longissimus torácico lumborum* e *Semimembranoso*. A maciez aumentou de maneira significativa, nas carcaças estimuladas, no *Longissimus* após 2 dias e no *Semimembranoso* somente após o 7º dia, com valores de *shear force*, aos 7 dias, de 5,5 e 5,9, respectivamente.

A alta voltagem mesmo quando aplicada após a evisceração é muito eficiente pelas contrações violentas que provoca na carcaça, com ruptura das

fibras musculares, promove uma direta e uniforme estimulação nos músculos de toda a carcaça, o que não ocorre na estimulação com baixa voltagem. As baixas voltagens causam contração muscular pela combinação de estimulação e propagação do estímulo elétrico através do sistema nervoso (PARDI et al., 1995).

Em carcaças bubalinas estimuladas com alta voltagem (700 V, 60 Hz, 2 A) e não estimuladas foi observado o índice de fragmentação miofibrilar (IFM). Três dias após o abate foi verificado um alto índice de fragmentação nas carcaças estimuladas. Este índice é dependente da proteólise que ocorre após a maturação da carne (SOARES & AREAS, 1995).

Carnes submetidas à maturação, apresentam maiores valores de índice de fragmentação miofibrilar. Este índice identifica a intensidade da proteólise das miofibrilas (CROUSE & KOOHMARAIE, 1990). O grau de fragmentação é estimado pela opalescência da suspensão das miofibrilas de um conteúdo protéico. Suspensões mais opalescentes indicam partículas menores, refletindo uma maior fragmentação das miofibrilas. Com a maturação o IFM aumenta e a carne torna-se mais macia quando cozida (WARRISS, 2000).

GEESINK et al. (2001) trabalhando com carcaças bovinas estimuladas eletricamente com baixa voltagem (75 V, 15 Hz) e dois tipos de estimulação suave (10 segundos) e intensa (40 segundos), observaram que a estimulação intensa resultou em uma tendência a sarcômeros curtos e aceleração da proteólise *post-mortem* evidenciado pelo aumento do IFM 1 dia *post-mortem*. A estimulação intensa também produziu baixa atividade calpastatina, o inibidor específico das calpaínas, determinada 24 horas após o abate. A degradação da calpastatina pela  $\mu$ -calpaína é o provável responsável pela redução na atividade calpastatina (DOUMIT & KOOHMARAIE, 1999). A diminuição na atividade calpastatina também indica aceleração da proteólise *post-mortem*. Aos 7 dias *post-mortem* a proteólise aumentou de maneira similar nos dois grupos (suave e intenso), com valores similares de IFM e atividade calpastatina.

A melhora do sabor e o aumento da luminosidade da cor vermelha das superfícies de corte das carnes pela utilização da estimulação elétrica também foi verificado (SAVELL et al., 1978). No caso da estimulação elétrica de baixa voltagem, a queda rápida do pH quando a temperatura da carcaça ainda é alta, causa perda da cor que é parcialmente devida a desnaturação das proteínas (HECTOR et al., 1992).

Existem vários métodos de estimulação: eletrodos entre a 3ª e 4ª vértebra cervical, pinças no tendão do Músculo Gastrocnêmico e pescoço, pinças nas narinas, barra acionada mecanicamente sobre a região do peito. No Brasil, o método mais utilizado é o da barra metálica fixa, com aplicação da estimulação na região do vazio ou esternal, logo após a sangria. O principal é que a estimulação, em bovinos, seja realizada o mais rápido possível (PARDI et al., 1995).

Estudos mais recentes (CHANNON et al., 2003a) mostram a utilização da estimulação elétrica em suínos para melhorar a qualidade da carne pela diminuição das perdas por gotejamento (GIGIEL & JAMES, 1984; TAYLOR et al., 1995). A estimulação elétrica apresenta melhores resultados em relação à maciez, quando as carcaças suínas são rapidamente resfriadas, prevenindo o encurtamento pelo frio através da aceleração do metabolismo *post-mortem* (DUTSON & PEARSON, 1985). Esta aceleração no metabolismo muscular, via estimulação elétrica, pode aumentar a ocorrência de carne PSE (pale, soft and exudative) (CRENWELGE et al., 1984; WARRISS et al., 1995). Há uma grande controvérsia entre os autores, muitos verificaram aumento da maciez com a estimulação elétrica (GIGIEL & JAMES, 1984; MARIBO et al., 1999; TAYLOR et al., 1995) outros autores discordam deste fato (JOHNSON et al., 1982; WARRISS et al., 1995; CHANNON et al., 2003b).

O capítulo 2, intitulado **Características sensoriais e índice de fragmentação miofibrilar da carne proveniente de carcaças bovinas submetidas à estimulação elétrica** teve como objetivo avaliar a influência da estimulação elétrica sobre as características sensoriais e no índice de fragmentação miofibrilar da carne de animais da raça Nelore.

O capítulo 3 intitulado **Efeito da estimulação elétrica nas características físicas e bioquímicas de carcaças bovinas** teve como objetivo avaliar o efeito da estimulação elétrica nas características físicas e bioquímicas de carcaças bovinas.

O capítulo 4 intitulado **Avaliação microbiana de carcaças bovinas estimuladas eletricamente** teve como objetivo avaliar os efeitos da estimulação elétrica de baixa voltagem na contaminação superficial de carcaças e na carne durante o processo de maturação.

Os trabalhos foram escritos segundo as normas da **revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

ABERLE, E. D. et al. **Principles of meat science**. USA: Kendall/Hunt Co., 354p., 2001.

BENDALL, J. R. Electrical stimulation of rabbit and lamb carcasses. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 27, n. 9, p. 819 -826, 1976.

BENDALL, J. R. El estímulo eléctrico de las canales de los animales de abasto. In: LAWRIE, R. (Ed.). **Avances en la ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1984. p. 57-83.

CARSE, W. A. Meat quality and the acceleration of *post-mortem* glycolysis by electrical stimulation. **Journal of Food Technology**. v. 8, p. 163-166, 1973.

CHANNON, H. A. et al. Effect of low voltage electrical stimulation of pig carcasses and ageing on sensory attributes of fresh pork. **Meat Science**, v. 65, n. 4, p. 1315-1324, 2003a.

CHANNON, H. A. et al. Application of constant current, low voltage electrical stimulation systems to pig carcasses and its effects on pork quality. **Meat Science**, v. 65, n. 4, p. 1309-1313, 2003b.

CHRYSTALL, B. B.; DEVINE C. E. Electrical stimulation, muscle tension and glycolysis in bovine *Sternomandibularis*. **Meat Science**, v. 2, n. 1, p. 49-58, 1978.

---

\* Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 22p.



CHRYSTALL, B. B.; DEVINE C. E. Electrical stimulation: its early development in New Zealand. In: PEARSON, D. H.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. Westport, 1985. p. 73 - 119.

CRENWELGE, D. D. et al. Effects of time post mortem of electrical stimulation and post-mortem chilling method on pork quality and palatability traits. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 294-297, 1984.

CROUSE, J. D.; KOOHMARAIE, M. Effect of time of sampling *post-mortem* on myofibril fragmentation index of meat. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 1, p. 254-256, 1990.

DAVEY, C. L.; KUTTEL, H; GILBERT, K. V. Shortening as a factor in meat ageing. **Journal of Food Technology**, v. 2, p. 53–56, 1967.

DOUMIT, M. E.; KOOHMARAIE, M. Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in post-mortem muscle. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 6, p. 1467-1473, 1999.

DRANSFIELD, E.; WAKEFIELD, D. K.; PARKMAN, I. D. Modelling *post-mortem* tenderization. I – Texture of electrically stimulated and non-stimulated beef. **Meat Science**, v. 31, n. 1, p. 57-73, 1992.

DUTSON, T. R.; PEARSON, A. M. *Post-mortem* conditioning of meat. In: PEARSON, D. H.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. Westport, 1985. p. 45-72.

DUTSON, T. R.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L. Lysosomal enzyme distribution in electrically stimulated ovine muscle. **Journal of Food Science**, v. 45, n. 4, p. 1097-1098, 1980.

EIKELENBOOM, G.; SMULDERS, F. J. M.; RUDERUS, H. The effect of high and low voltage electrical stimulation on beef quality. **Meat Science**, v. 15, n. 4, p. 247-254, 1985.

GEESINK, G. H. et al. Electrical stimulation – when more is less. **Meat Science**, v. 57, n. 2, p.145-151, 2001.

GEORGE, A. R.; BENDALL, J. R.; JONES, C. D. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. **Meat Science**, v. 4, n.1, p.51-68, 1980.

GIGIEL, A. J.; JAMES, S. J. Electrical stimulation and ultra-rapid chilling of pork. **Meat Science**, v.11, n. 1, p.1-12, 1984.

HAY, J. D.; CURIE, R. W.; WOLFE, F. H. Polyacrylamide disc gel electrophoresis of fresh and aged chicken muscle proteins in sodium dodecylsulfate. **Journal of Food Science**, v. 38, n. 6, p. 987-990, 1973.

HECTOR et al. Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically-stimulated beef. **Meat Science**, v. 31, n. 3, p. 299-307, 1992.

JOHNSON, D. D. et al. Quality, palatability and weight loss of porks affected by electrical stimulation. **Meat Science**, v. 7, n. 1, p. 43-50, 1982.

KONDOS, A. C.; TAYLOR, D. G. Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. **Meat Science**, v. 19, p.207-216, 1987.

KOOHMARAIE, M. et al. Effect of prerigor pressurization on the activity of calcium-activated factor. **Journal Food Science**, v. 49, n.3, p. 680-684, 1984.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Tradução de Jane Maria Rubensam, Porto Alegre: Artmed, 2005, 6ª edição, 384p.

MacBRIDE, M. A.; PARRISH, Jr. F. C. The 30,000-dalton component of tender bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v. 42, n.6, p. 1627-1629, 1977.

MARIBO, H. et al. Electrical stimulation of pigs – effect on pH fall, meat quality and cathepsin B + L activity. **Meat Science**, v. 52, n. 2, p.179-187, 1999.

McGEEHIN, B.; SHERIDAN, J. J.; BUTLER, F. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. **Meat Science**, v. 58, n.1, p. 79-84, 2001.

NOUR, A. Y. M. et al. Influence of production and post-mortem technologies on composition and palatability of USDA select grade beef. **Journal of Animal Science**. v. 72, n.5, p. 1224-1231, 1994.

OLSON, D. G.; PARRISH, Jr. F. C. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. **Journal of Food Science**, v. 42, n.2, p. 506-509, 1977.

PARDI, M. C. et al. **Ciência , higiene e tecnologia da carne**, Goiânia: EDUF, 1995, v. 1, 586p.

POLIDORI, P; KAUFFMAN, R. G.; VALFRE, F. The effects of electrical stimulation on meat quality. **Italian Journal of Food Science**, v. 3, p. 183-199, 1996.

POLIDORI, P. et al. Low voltage electrical stimulation of lamb carcasses: effects on meat quality. **Meat Science**, v. 53, n. 3, p.179-182, 1999.

PUGA, D.M.U. et al. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, p. 88 - 96, 1999.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, UNESP, 2000. 201p.

SAVELL, J. W. et al. Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 3, p. 702-706, 1977.

SAVELL, J. W. et al. Structural changes in electrically stimulated beef muscle. **Journal of Food Science**, v. 43, n.5, p. 1606-1609, 1978.

SAVELL, J. W. et al. Singular and combined effects of electrical stimulation, post-mortem ageing and blade tenderisation on the palatability attributes of beef from young bulls. **Meat Science**, v. 6, n.2, p. 97-109, 1982.

SHIVAS, S. D. et al. Effects of electrical stimulation, hot boning and chilling on bull semimembranosus muscle, **Journal of Food Science**, v. 50, p. 36 - 38, 1985.

SHORTHOSE, W. R.; HARRIS, P. V. **Meat: texture and rheology**. In: HUI, Y. H. enciclopedia of food science and technology. New York: John Wiley & Sons, 1992. V. 3, p. 1751-1762.

SMITH, G. C. Effects of electrical stimulation on meat quality, color, grade, heat ring and palatability. In: PEARSON, D. H.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. Westport, 1985. p. 121 - 158.

SMULDERS, F. J. M.; EIKELENBOOM, G. Electrical stimulation, cooling intensity and veal tenderness. **Fleischwirtschaft**, v. 66, p. 883-885, 1986.

SOARES, G. J. D. **Efeito da estimulação elétrica da alta voltagem na qualidade da carne**. São Paulo, 1992. 80p. Tese (Doutor e Ciência de Alimentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP).

SOARES, G. J. D.; AREAS, J. A. G. Effect of electrical stimulation on *post mortem* biochemical characteristics and quality of *Longissimus dorsi thoracis* muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*). **Meat Science**, v.41, n.3, p. 369-379, 1995.

SORINMADE et al. Mechanisms of ultra structural changes in electrically stimulated beef *Longissimus* muscle. **Meat Science**, v. 6, n.1, p. 71-77, 1982.

TAKAHASHI, G.; WANG, S. M.; LOCHNER, J. V. Effects of 2-Hz and 60-Hz electrical stimulation on the microstructure of beef. **Meat Science**, v. 19, n.1, p. 65 - 76, 1987.

TAYLOR, A. A.; NUTE, G.R.; WARKUP, C.C. The effect of chilling, electrical stimulation and conditioning on pork eating quality. **Meat Science**, v. 39, n. 3, p. 339-347, 1995.

UNRUH, J. A. et al. Effects of low-voltage electrical stimulation during exsanguination on meat quality and display colour stability. **Meat Science**, v. 18, n. 4, p. 281-293, 1986.

WARRISS, P. D. **Meat Science: An Introductory Text**. London: CABI Publishing, Wallingford, 2000.

WARRISS, P. D. et al. Potential interactions between the effects of post-slaughter stress and post-mortem electrical stimulation of the carcasses on meat quality. **Meat Science**, v. 41, n. 1, p.55-68, 1995.

WU, F. Y. et al. Aging index, lysosomal-enzyme activities, and meat tenderness in muscles from electrically stimulated bull and steer carcasses. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 4, p. 1025-1028, 1985.

**CARACTERÍSTICAS SENSORIAS E ÍNDICE DE FRAGMENTAÇÃO  
MIOFIBRILAR DA CARNE PROVENIENTE DE CARÇAÇAS BOVINAS  
SUBMETIDAS À ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA**

Sandra Regina Souza Teixeira de CARVALHO<sup>2, \*</sup>, Roberto de  
Oliveira ROÇA<sup>3</sup>, Charli LUDTKE<sup>2</sup>, Maria Carolina Wilmers MANÇO<sup>2</sup>, Gil  
Ignácio CANIZARES<sup>2</sup>, José Eduardo CORRENTE<sup>4</sup>

**RESUMO** - Foram utilizados 20 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, sendo divididos em cinco abates realizados em épocas diferentes. As colheitas foram divididas em 2 fases, de 10 animais cada, e para cada avaliação foram utilizados 5 animais estimulados (EE) e 5 não estimulados eletricamente (NE). O tempo de maturação foi de 28 dias. Foram avaliados força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e avaliação sensorial no músculo *Longissimus dorsi*. Quando avaliada a força de cisalhamento, as carcaças estimuladas eletricamente apresentaram carne mais macia que as não estimuladas, com diferenças significativas entre os tratamentos nos períodos de 2 e 7 dias de maturação. As carcaças EE não apresentaram aumento do índice de fragmentação miofibrilar (IFM) em relação ao tempo de maturação, porém nas carcaças NE houve aumento do IFM avaliado aos 21 dias de maturação. Na avaliação sensorial, a estimulação elétrica melhorou os atributos de maciez e mastigabilidade.

**Palavras-chave:** carne, maciez, força de cisalhamento, avaliação sensorial.

<sup>1</sup> Recebido em

<sup>2</sup> Alunos do Programa de Pós-Graduação - UNESP, Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [sandracarvalho@fca.unesp.br](mailto:sandracarvalho@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Prof. Adj. do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA - UNESP, Caixa Postal, 237. CEP 18.603-970. Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [robertoroca@fca.unesp.br](mailto:robertoroca@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Prof. Adj. do Departamento de Bioestatística do IBB - Unesp, Caixa Postal 510. CEP 18.618-000. Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [jecorren@ibb.unesp.br](mailto:jecorren@ibb.unesp.br)

**SENSORIAL CHARACTERISTICS AND MYOFIBRIL FRAGMENTATION  
INDEX IN THE MEAT PROCEEDING FROM BOVINE CARCASSES  
SUBMITTED THE ELECTRICAL STIMULATION**

**SUMMARY:** Twenty healthy castrated bovines (*Bos taurus indicus*) were used and divided into 5 slaughters, which were done at different time. The study was divided into two phases with ten animals each, and for each evaluation 5 electrically stimulated animals and 5 non-stimulated animals were used. The ageing time was 28 days. It has been evaluated shear force, myofibril fragmentation index and sensorial evaluation in the *Longissimus dorsi* muscle. When the shear force was evaluated, the electrically stimulated carcasses showed a meat more tender than the non-stimulated ones, with real differences among treatments in the periods of 2 and 7 days of ageing. The electrically stimulated carcasses did not show an increase in the myofibril fragmentation index toward the ageing time. Nevertheless, in the non-stimulated carcasses there was an increase in the myofibril fragmentation index evaluated after 21 days of ageing. In the sensorial evaluation, the electric stimulation improved the attributes of tenderness and mastication.

Keywords: meat, tenderness, shear force, sensorial evaluation.

## 1 - INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo e é o maior exportador mundial de carne bovina (LUCHIARI FILHO & ALMEIDA, 2005). As raças zebuínas são as de maior representatividade em nosso país, com predominância da raça Nelore. Devido às suas características genéticas, apresentam menor maciez e menor precocidade sexual que as raças taurinas, porém têm a vantagem de serem mais resistentes e possuírem carne mais magra (BONIFÁCIO, 2005). O sistema de criação é predominantemente extensivo, onde o gado caminha longas distâncias à procura de alimento, exercitando os músculos e contribuindo para menor maciez da carne (FELÍCIO, 1996).

A maciez é considerada pelo consumidor um atributo muito importante para julgar a qualidade da carne. É influenciada por muitos fatores, como raça (porcentagem de *Bos taurus indicus* no cruzamento), idade, sexo, conformação da carcaça, grau de marmoreio, tipo e teor de colágeno, comprimento do sarcômero, tipo de fibra muscular, além do manejo pré-abate e as técnicas de abate, onde se incluem o método de insensibilização, os parâmetros de estimulação elétrica, o método de resfriamento das carcaças, pH da carcaça, além do tempo e temperatura de maturação (atividade das calpaínas) e métodos de cozimento (THOMPSON, 2002).

Devido a grande importância da maciez para o mercado consumidor, várias técnicas foram desenvolvidas para se melhorar este atributo, entre elas a estimulação elétrica. Devido à aceleração da glicólise e prevenção do encurtamento pelo frio, a estimulação elétrica proporciona maior maciez à carne (DAVEY et al., 1967; CARSE, 1973; BENDALL et al., 1976; GEORGE et al., 1980).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da estimulação elétrica nas características sensoriais e no índice de fragmentação miofibrilar da carne de animais anelados.



## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 – Material

#### 2.1.1 - Animais

As colheitas das amostras foram provenientes de 20 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, e foi dividida em 5 abates de diferentes épocas e em duas fases (10 animais/fase) como descreve o esquema abaixo:

	<b>Abate</b>	<b>EE</b>	<b>NE</b>	<b>Total</b>
<b>Fase 1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
	<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Fase 2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
	<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Total</b>				<b>20</b>

EE: Estimulados eletricamente;  
NE: Não estimulados eletricamente.

Os animais utilizados eram provenientes do mesmo lote, mesmo criador, com a mesma idade e mesmo tipo de terminação. A cada lote os animais eram selecionados pela idade, abatidos e um grupo estimulado eletricamente logo após a sangria e o outro grupo abatido e não estimulado. A estimulação elétrica foi realizada por uma barra de metal instalada na canaleta de sangria, na região da base da mandíbula, com 2 períodos de estimulação de 30 segundos cada e intervalo de 10 segundos, com corrente elétrica de 90 V, 200mA, 120pps e 60Hz.

Os animais tinham 3 anos de idade e a identificação da mesma foi feita de acordo com a cronologia dentária, considerando 4 dentes definitivos

(pinças e 1<sup>os</sup> médios) sem a queda dos 2<sup>os</sup> médios.

### **2.1.2 - Abate**

Os animais foram transportados por via rodoviária e após serem submetidos à inspeção *ante-mortem* e dieta hídrica por 18 a 30 horas foram abatidos no Frigorífico Vangelio Mondelli, em Bauru - SP, sob Serviço de Inspeção Federal (BRASIL, 2003).

No abate foi utilizada prévia insensibilização através de pistola pneumática de dardo cativo, sendo os animais suspensos através de guincho elétrico e processados com o auxílio de nória. Logo após a sangria, os animais foram estimulados eletricamente na própria canaleta de sangria. Cada animal foi identificado com um gancho com placa numerada onde foram submetidos à esfolagem e evisceração.

Após a realização do *post-mortem* com a liberação das carcaças, as mesmas foram submetidas a lavagem com água sob pressão à temperatura de 40°C. Este procedimento foi realizado por 2 operadores, um na plataforma elevada e outro no piso. A velocidade média de abate foi de 120 animais por hora.

### **2.1.3 - Processo pós-abate**

As meias-carcaças permaneceram em câmara de resfriamento por 24 horas, onde foram realizadas as colheitas de pH e de temperatura. Todas as carcaças com pH acima de 5,8 não foram utilizadas para colheita das amostras.

As medidas de pH e temperatura foram realizadas nas meias-carcaças direitas, a 5 cm de profundidade nos músculos *Longissimus dorsi*, entre a 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costelas, e *Triceps brachii*, nos intervalos de 2, 4, 6 e 24 horas *post-mortem* (antes da desossa). A umidade relativa e temperatura ambiente da câmara foram medidas nestes mesmos intervalos, com auxílio de termohigrômetro (Modelo - Anexo I).

Após 24 horas de resfriamento, as carcaças foram retiradas da câmara fria. O contrafilé foi desossado e cortado em bifés transversais de 2,5 cm de largura a partir da 9<sup>a</sup> costela, o que corresponde ao contrafilé sem a porção filé de costela.

Para cada animal foram retirados 5 bifés, sendo cada um identificado de acordo com o animal e o número de seqüência do bife (animal 1 bife 1, sendo identificado como 1.1), e assim sucessivamente.

Todas as amostras foram embaladas à vácuo, na sala de desossa da indústria e acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável e transportadas ao Laboratório de Tecnologia de Carnes do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu, onde permaneceram sob refrigeração (0 a 1 °C), até o momento das respectivas análises.

As colheitas foram divididas em duas fases, com 10 animais na fase 1 e 10 animais na fase 2. Na fase 1 foram realizadas colheitas de amostras de força de cisalhamento e na fase 2, que possuía a mesma seqüência de bifés, colheitas para análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar.

Cada bife corresponde a uma análise: na fase 1, a amostra 1, foi destinada à avaliação de força de cisalhamento, com 2 dias de maturação; a amostra 2 com 7 dias de maturação e assim sucessivamente, até amostra 5 com 28 dias de maturação.

Na fase 2, a amostra 1 foi destinada a análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar na carne, com 2 dias de maturação; a amostra 2 foi destinada a análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar na carne, com 7 dias de maturação, e assim sucessivamente até amostra 5.

O esquema utilizado nas colheitas para identificação das amostras, análises e períodos de maturação foi:

Bifés	1	2	3	4	5
VÉRTEBRA	9 <sup>a</sup> T*	10 <sup>a</sup> T	11 <sup>a</sup> T	12 <sup>a</sup> T	13 <sup>a</sup> T

\* T vértebra torácica

#### Fase 1:

Bife 1 – Maturação da amostra por 2 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da força de cisalhamento.

Bife 2 - Maturação da amostra por 7 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da força de cisalhamento.

Bife 3 - Maturação da amostra por 14 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da força de cisalhamento.

Bife 4 - Maturação da amostra por 21 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da força de cisalhamento.

Bife 5 - Maturação da amostra por 28 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da força de cisalhamento.

#### Fase 2:

Bife 1 - Maturação da amostra por 2 dias, congelamento e posterior análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar.

Bife 2 - Maturação da amostra por 7 dias, congelamento e posterior análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar.

Bife 3 - Maturação da amostra por 14 dias, congelamento e posterior análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar.

Bife 4 - Maturação da amostra por 21 dias, congelamento e posterior análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar.

Bife 5 - Maturação da amostra por 28 dias, congelamento e posterior análise sensorial e índice de fragmentação miofibrilar.

As amostras para índice de fragmentação miofibrilar foram congeladas em nitrogênio líquido e depois transferidas para câmara com temperatura de -80°C.

## **2.2 - Métodos**

### **2.2.1 - Força de cisalhamento**

Foi determinada segundo a metodologia descrita por SAVELL et al. (1998), nas amostras submetidas à cocção até a temperatura interna de 71°C e cortadas em cilindros de 1,27cm, através do Warner-Bratzler, após refrigeração (4°C por 12 horas).

### **2.2.2 - Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)**

Para a determinação do IFM foi utilizada 1 amostra do músculo *Longissimus dorsi* de 5 animais de cada grupo (estimulados e não estimulados eletricamente), resfriadas por 24 horas e maturadas por 2, 7, 14, 21 e 28 dias segundo metodologia descrita por CULLER et al. (1978).

Foram pesadas 3 g de amostra congelada, limpas de tecido adiposo e conjuntivo. As amostras foram homogeneizadas em *Ultra-turrax* com haste de cisalhamento (Marconi – MA 102/E) à 18000 rpm em 300 ml de Tampão de Índice de Fragmentação Miofibrilar (TIFM) em banho de gelo (100 mM KCL, 20 mM de fosfato de potássio pH 7,0, 1mM MgCl<sub>2</sub> e 1mM NaN<sub>3</sub>, em pH 7,0) por duas vezes de 30 segundos com mesmo intervalo em gelo. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 1000G por 17 minutos a 2°C quando foi descartado o sobrenadante. O *pellet* foi ressuspensão em 30ml de TIFM a 2°C utilizando-se um bastão de vidro.

Após a ressuspensão, as amostras foram novamente centrifugadas à 1000G por 17 minutos a 2°C e o sobrenadante foi descartado. O *pellet* foi ressuspensão em 7,5 ml de TIFM à 2°C e homogeneizado. A amostra foi filtrada em peneira doméstica e novamente foi adicionado 7,5ml de TIFM a 2°C para a lavagem do tubo de ressuspensão.

Após a extração das proteínas miofibrilares com o TIFM, foi realizada a quantificação de proteínas totais pelo método do Macro Biureto (GORNAL et al., 1949). Em cada tubo de ensaio foram colocados 0,25 ml de amostra, 0,75 ml de TIFM e 4 ml do reagente de Biureto. As amostras permaneceram por 30

minutos no escuro para posterior leitura no espectrofotômetro com comprimento de onda de 540 nm.

Após ser calculada a concentração de proteína de cada amostra, deveria ser obtida uma solução com um volume de 8ml e concentração de proteína de 0,5mg/ml (obtidas com o TIFM).

Estas amostras foram homogeneizadas por agitação vigorosa e rapidamente foi realizada a leitura da absorbância em comprimento de onda de 540nm. O aparelho foi zerado com o TIFM e o índice de fragmentação miofibrilar foi obtido através multiplicação da absorbância por 200.

$$\text{IFM} = \text{Absorbância} \times 200$$

### **2.2.3 - Análise sensorial**

As amostras foram submetidas à salga com salmoura a 10%, durante 60 minutos, à temperatura de 5°C, na proporção 1:1. A seguir, foram acondicionadas em papel alumínio e submetidas ao aquecimento em chapa elétrica, pré-aquecida por 30 minutos e regulada para 250°C. Atingida a temperatura interna final de 90°C, medidas no centro geométrico, foram retiradas da chapa. Foi calculada a perda de peso no processo.

A apresentação das amostras aos provadores foi feita em placas de Petri, aquecidas em forno microondas por 30 segundos até atingir 50°C e servidas sobre chapa aquecida a 100°C.

Foram realizados cinco painéis sensoriais: O painel I foi composto por carnes com 2 dias de maturação, onde os provadores avaliaram 2 amostras, uma do tratamento EE e outra do tratamento NE. O painel II foi realizado da mesma forma, porém com carnes de 7 dias de maturação. Painel III, 14 dias de maturação, o IV com 21 dias de maturação e o V com 28 dias de maturação. Os painéis de I a V tiveram como objetivo observar possíveis diferenças sensoriais somente entre os tratamentos (carcaças estimuladas eletricamente e carcaças não estimuladas).

As avaliações sensoriais foram conduzidas conforme MEILGAARD

et al. (1990) e ROÇA et al. (1988), com 6 provadores treinados e selecionados (ROÇA & BONASSI, 1985). Foram aplicados os seguintes testes sensoriais: intensidade do aroma - escala não estruturada de nove centímetros, variando de “fraco” a “intenso”; aroma estranho - escala estruturada de nove pontos, variando de 1 = nenhum a 9 = extremamente forte; sabor - escala não estruturada de nove centímetros, variando de “péssimo” a “muito bom”; sabor estranho - escala estruturada de nove pontos, variando de 1 = nenhum a 9 = extremamente forte; maciez - escala estruturada de nove pontos, variando de 1 = extremamente macia a 9 = extremamente dura; succulência - escala estruturada de nove pontos, variando de 1 = extremamente seco a 9 = extremamente suculento; mastigabilidade - escala não estruturada de nove centímetros, variando “elástica, borrachenta, difícil de deglutir” a “desintegra facilmente na boca, fácil de deglutir” e cor - escala não estruturada de nove centímetros, variando de “vermelho-cereja brilhante” a “vermelho escuro”. A avaliação de cor foi realizada na amostra de carne crua (modelo – anexo II).

### **2.3 - Análise estatística**

O esquema de análise adotado para avaliação da maciez foi o de parcela subdividida, considerando os tratamentos (carcaças estimuladas eletricamente e não estimuladas) como parcela e os períodos de maturação como subparcela e utilizado o teste F para verificar a diferença entre os tratamentos e os tempos. O efeito de tratamento foi considerado alinhado aos tempos para verificar diferenças de tratamento para os tempos fixados. Em todas as variáveis foi verificada a normalidade dos dados para a aplicação do teste F na análise de variância.

Para as comparações entre tratamentos, tempo e tratamentos com tempo fixado foi aplicado o teste t-Student obtido com o comando LSMEANS do PROC GLM do SAS V8.02 (SAS, 2001).

O delineamento experimental adotado para avaliação sensorial foi o de blocos ao acaso com esquema fatorial. A comparação das médias dos tratamentos foi realizada com a utilização do teste de Tukey, conforme

SNEDECOR & COCHRAN (1978). As análises foram realizadas pelo programa Statistical Analysis System (SAS, 2001).

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Força de cisalhamento

Os valores médios de força de cisalhamento com relação aos tratamentos, apresentados na Tabela 1, indicam que a força de cisalhamento foi menor para carcaças estimuladas eletricamente ( $P < 0,05$ ), demonstrando que estas possuem tendência maior à maciez. Com relação às diferenças entre os tratamentos em função do período de maturação, verifica-se através da Tabela 1 e Figura 1, que com 2 e 14 dias de maturação houve diferença significativa para maciez quando comparados os tratamentos (EE e NE). A partir do 14<sup>o</sup> dia, a diferença entre os tratamentos não foi significativa.

Tabela 1 - Média dos valores da força de cisalhamento (Kg) do músculo *L. dorsi* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	4,62Aa	3,76Aa	4,15Aa	3,90Aa	3,76Aa	4,04a <sup>2</sup>
NE	6,47Ab	6,12Ab	4,91Ba	4,91Ba	4,03Ba	5,27b
Média	5,49A <sup>1</sup>	4,94AB	4,53BC	4,41BC	3,90C	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos ( $P < 0,01$ ); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ) e; <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo *post-mortem* ( $P < 0,01$ ).



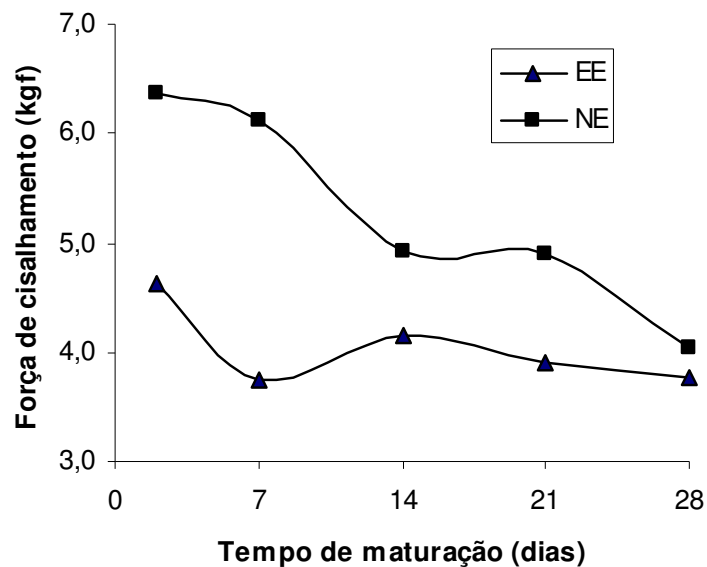


Figura 1 - Força de cisalhamento (Kgf) do músculo *L. dorsi* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

O valor de força de cisalhamento das carcaças estimuladas eletricamente, com 2 dias de maturação, não diferiu estatisticamente do valor das carcaças não estimuladas, aos 14, 21 e 28 dias de maturação ( $P > 0,05$ ). Este fato, demonstra o principal efeito da estimulação elétrica, que carnes provenientes de carcaças estimuladas não necessitam de maturação por 14 dias para obtenção do mesmo nível de maciez.

Com relação à variação da maciez durante o período de maturação, os tratamentos apresentaram diferentes comportamentos em relação ao tempo (Figura 1). Houve aumento significativo ( $P < 0,05$ ) da maciez objetiva nas carcaças não estimuladas, a partir de 14 dias de maturação. Porém, nas carcaças estimuladas não houve diminuição da força de cisalhamento com o tempo de maturação. A rápida queda do pH que ocorre nas carcaças estimuladas enquanto a temperatura ainda é alta, ativa as enzimas fatoradas pelo cálcio (DEVINE & GRAAFHUIS, 1995). O aumento do cálcio no espaço miofibrilar, ativa as calpaínas. A excessiva exposição ao cálcio, promovida pela estimulação elétrica, provoca autólise das calpaínas ativas e inativação das

calpastatinas. Deste modo, as carnes provenientes de carcaças estimuladas se tornam macias após curto período (2 dias) de armazenamento (PUGA, 1998).

O limite aceitável para maciez de carne varia muito entre os autores. Para KOOHMARAIE et al., (1994) e WHEELER et al., (1994) o valor limite para força de cisalhamento é de 6,0 kg, enquanto que JOHNSON et al., (1990) cita 5,5 kg e McKEITH et al., (1985) 4,5 kg. Para FELÍCIO (2000), o limite entre uma carne macia e dura é de 5,0 kg.

Devido as variações dos métodos de avaliação da força de cisalhamento, deve-se discutir a tendência dos valores de maciez e não os seus valores absolutos. WHEELER et al., (1997) comparando os valores médios de força de cisalhamento avaliados dentro de uma mesma instituição e entre instituições, concluíram que os valores encontrados são diferentes dentro e entre as instituições devido ao protocolo utilizado, execução do protocolo e as variações nos instrumentos utilizados, portanto a comparação entre os valores numéricos de diferentes trabalhos como sendo valores absolutos é incorreta.

Para SAVELL et al. (1977) a estimulação elétrica também diminuiu os valores de força de cisalhamento. Neste trabalho, os autores não citam o valor limite para carnes macias, mas concluem que as carcaças estimuladas apresentaram maior tendência a maciez. Valores menores de força de cisalhamento para carcaças estimuladas também foram verificados por HWANG & THOMPSON (2001) trabalhando com bovinos cruzados entre as raças Brahman, Hereford, Angus e Piemontês.

### **3.2 - Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)**

A Tabela 2 apresenta os valores médios de IFM. O índice de fragmentação miofibrilar foi avaliado nas amostras com 7, 14 e 21 dias de maturação, em carcaças estimuladas e não estimuladas.

Tabela 2 - Média dos valores do índice de fragmentação miofibrilar da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)			Média
	7	14	21	
EE	48A <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	49Aa	52Aa	50a <sup>2</sup>
NE	42Aa	47Aa	84Bb	58a
Média	45A <sup>1</sup>	48AB	68B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo *post-mortem* (P<0,01); <sup>2</sup> letras minúsculas iguais indicam não haver diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P>0,05); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação (P<0,01) e; <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo de maturação(P<0,01).

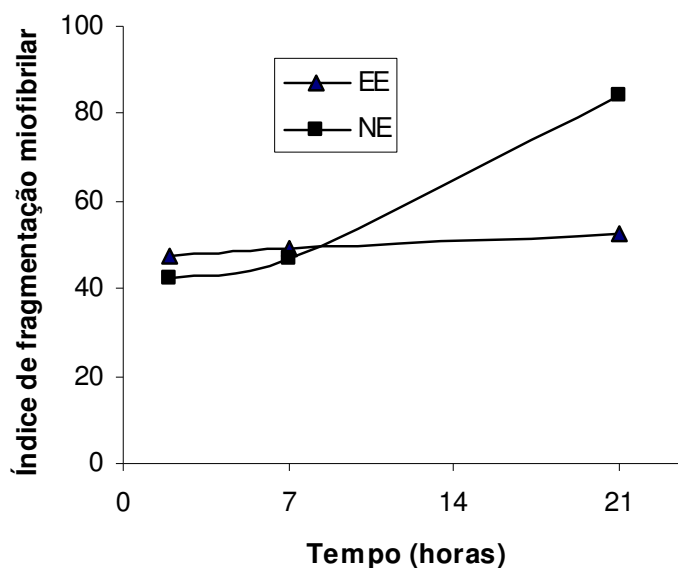


Figura 2 - Índice de fragmentação miofibrilar da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

Quando analisada a Figura 2, pode-se observar que o tratamento não estimulado apresentou alta fragmentação miofibrilar com 21 dias de maturação. Segundo CROUSE & KOOHMARAIE (1990) o índice de fragmentação miofibrilar identifica a intensidade da proteólise das miofibrilas, e em músculos submetidos à maturação, há maior degradação das miofibrilas.

Nas carcaças estimuladas não houve aumento da fragmentação das miofibrilas ( $P>0,05$ ) em relação ao tempo de maturação. A estimulação elétrica de baixa voltagem, como foi utilizada neste estudo, não provoca rompimento de tecidos no músculo, como foi verificado por MARSH et al., (1981). Através de avaliação histológica dos tecidos estes autores verificaram que o rompimento das fibras, ocorria quando era utilizada maior voltagem para estimulação das carcaças.

Carcaças estimuladas eletricamente podem sofrer aumento da liberação do cálcio do retículo sarcoplasmático. Este aumento de concentração tem dupla função: níveis entre 3 e 5  $\mu\text{M}$  induzem a contração no rigor e níveis acima de 0,1 mM promovem a ruptura da estrutura miofibrilar dos filamentos intermediários de desmina (TAKAHASHI, 1996).

Com isso, pode-se inferir que o aumento dos níveis de cálcio, promovido pela estimulação elétrica de baixa voltagem, não foi suficiente para provocar fragmentação das miofibrilas.

### **3.3 - Avaliação sensorial**

As médias obtidas no painel sensorial, em relação à estimulação elétrica e tempo de maturação, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Média dos valores de avaliação sensorial do músculo *L. dorsi* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

		2	7	14	21	28	Média
Intensidade do Aroma	EE	6,37	6,13	6,16	6,50	6,55	6,34
	NE	6,38	5,85	6,13	6,29	6,26	6,18
Aroma Estranho	EE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sabor	EE	6,98	6,22	6,17	6,00	5,76	6,23
	NE	6,60	6,37	5,90	6,38	5,50	6,15
Sabor Estranho	EE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	NE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Maciez	EE	4,89	4,40	4,40	3,30	4,00	4,19a <sup>1</sup>
	NE	5,13	5,20	4,80	3,90	4,40	4,69 b
Suculência	EE	5,60	5,60	5,50	5,00	5,20	5,38
	NE	5,30	5,40	5,40	5,30	4,90	5,26
Mastigabilidade	EE	5,58	5,18	5,46	6,62	5,98	5,76 a
	NE	4,90	4,89	5,15	6,04	5,48	5,29 b
Cor	EE	4,03	3,92	4,00	4,65	3,25	3,97
	NE	4,28	4,28	4,80	3,79	3,82	4,39

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P<0,01).

A força de cisalhamento tem alta correlação com o painel sensorial para o músculo *Longissimus* desde que os protocolos sejam executados corretamente (SHACKELFORD et al. 1997).

Somente os atributos maciez e mastigabilidade foram influenciados pela estimulação elétrica, demonstrando que as carcaças estimuladas eletricamente apresentaram carnes mais macias (P<0,05) e mais fáceis de deglutir. Resultados semelhantes foram encontrados por SAVELL et al. (1977) quando compararam carcaças estimuladas e não estimuladas, sendo que as carcaças estimuladas apresentaram maciez superior com diferença altamente significativa (P<0,01).

HWANG & THOMPSON (2001) ao compararem carcaças bovinas estimuladas eletricamente com baixa voltagem com o grupo controle (sem estimulação elétrica) também obtiveram carcaças com maciez superior para o grupo estimulado.

Segundo ROÇA (2000) a mastigabilidade é um atributo secundário da textura e apresenta alta correlação positiva com a maciez, confirmando os valores obtidos neste trabalho. Valores maiores para mastigabilidade representam carnes mais fáceis de deglutir.

#### **4 - CONCLUSÕES**

No presente trabalho pode-se concluir que:

O índice de fragmentação miofibrilar de carnes provenientes de carcaças bovinas não estimuladas, da raça Nelore, apresentou aumento após 21 dias de maturação, porém este efeito não foi verificado nas carnes dos animais estimulados.

A estimulação elétrica promoveu aumento da maciez e da mastigabilidade e menores valores de força de cisalhamento.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

BENDALL, J. R. Electrical stimulation of rabbit and lamb carcasses. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 27, n. 9, p. 819 -826, 1976.

BONIFÁCIO, E. **Proteólise miofibrilar e maciez da carne de bovinos (*Bos indicus*) submetidos a diferentes técnicas pós-morte de resfriamento das carcaças**. Pirassununga, 2005. 49p. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (USP).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. 2003. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/portal/page?\\_pageid=33,975865&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,975865&_dad=portal&_schema=PORTAL)> Acesso em: 09 de jan. 2006.

CARSE, W. A. Meat quality and the acceleration of post-mortem glycolysis by electrical stimulation. **Journal of Food Technology**, v. 8, p. 163-166, 1973.

CROUSE, J. D.; KOOHMARAIE, M. Effect of time of sampling postmortem on myofibril fragmentation index of meat. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 1, p. 254-256, 1990.

CULLER, R. D. et al. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v. 43, p. 1177-1180, 1978.

DAVEY, C. L.; KUTTEL, H; GILBERT, K. V. Shortening as a factor in meat ageing. **Journal of Food Technology**, v. 2, p. 53-56, 1967.

---

\* Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 22p.

DEVINE, C.E.; GRAAFHUIS, A.E. The basal toughness of unaged lamb. **Meat Science**, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1995.

FELÍCIO, P.E. Produção e qualidade da carne bovina. **Revista Nacional da Carne**, n. 232, p. 52-59, 1996.

FELÍCIO, P.E. **Qualidade da carne Nelore e o mercado mundial**. Campinas, 2000. Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/lab/carnes/textos.htm>>. Acesso em: 09 de jan. 2006.

GEORGE, A. R.; BENDALL, J. R.; JONES, C. D. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. **Meat Science**, v. 4, n. 1, p.51-68, 1980.

GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. L.; DAVID, M. M. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. **Journal Biological Chemistry**, v. 177, p. 751-766, 1949.

HWANG, I.H.; THOMPSON, J.M. The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef longissimus dorsi muscle. **Meat Science**, v. 58, n. 2, p. 135-144, 2001.

JOHNSON, D.D. et al. Effect of percentage Brahman and Angus breeding age-season of feeding and slaughter and point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 7, p. 1980-1986, 1990.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, n. 1/2, p.93-104, 1994.

LUCHIARI FILHO, A.; ALMEIDA, R. **Sistemas de produção de carne no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3, 2005, São Pedro. **Anais...** Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2005. CD-ROM.



MARSH, B.B. et al. Effect of early postmortem pH and temperature on beef tenderness. **Meat Science**, v. 5, n. 6, p. 479-483, 1981.

McKEITH, F.K. et al. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscle. **Journal of Animal Science**, v. 50, p. 869 - 872, 1985.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton Flórida: CrC Press, 281p., 1990.

PUGA, D.M.U. **Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (triceps brachii) pelos métodos de: maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica**. Piracicaba, 1998, 91p. Dissertação (Mestre em Alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

ROÇA, R.O., BONASSI, I.A. **Seleção de provadores para produtos cárneos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. 7, Itabuna/Ilhéus, 1985. **Anais...** Itabuna/Ilhéus: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1985, p.83.

ROÇA, R.O., SERRANO, A.M., BONASSI, I.A. Utilização de toucinho na elaboração de fiambres com carne de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 8 n. 1, p. 67-76, 1988.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, UNESP, 2000. 201p.

SAS, Statistical Analysis System. **User's procedures guide**, 4 ed. Cary, version 8.02, 2001, 2 v.

SAVELL, J. W. et al. Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 3, p. 702-706, 1977.

SAVELL, J. W. et al. Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for genetic evaluation. 1998. Disponível em: <<http://savell-j.tamu.edu/shearstand.html>>. Acesso em: 09 de jan. 2006.

SHACKELFORD, S.D.; WHELLER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Repeatability of tenderness measurements in beef round muscle. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 9, p. 2411-2416, 1997.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**, 6.ed., Ames: Iowa State University Press, 1978. 593p.

TAKAHASHI, k. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat: the non-enzymatic mechanism of meat tenderization, **Meat Science**, v.43, n.S., p. 67-80, 1996.

THOMPSON, J. Managing meat tenderness. **Meat Science**, v. 62, n. 3, p. 295-308, 2002.

WHEELER, T.L.; CUNDIF, L.V.; KOCH, R.M. Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 12, p. 3145 - 3151, 1994.

WHEELER, T.L. et al. A comparison of Warner-Bratzler shear force assessment within and among institutions. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 9, p. 2423-2432, 1997.

## **EFEITO DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E BIOQUÍMICAS DE CARCAÇAS BOVINAS**

Sandra Regina Souza Teixeira de CARVALHO<sup>2,\*</sup>, Roberto de Oliveira ROÇA<sup>3</sup>, José Eduardo CORRENTE<sup>4</sup>, Charli LUDTKE<sup>2</sup>, Amilton Souza de MELLO JUNIOR<sup>2</sup>

**RESUMO** - Foram utilizados 10 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, com 3 anos de idade, divididos em 5 estimulados eletricamente (EE) e 5 não estimulados (NE), maturados por 2, 7, 14, 21 e 28 dias. Foram avaliados pH, temperatura, perdas por cocção, capacidade de retenção e absorção de água, perdas por exsudação, valor R e cor. As carcaças estimuladas apresentaram maior velocidade de queda de pH em relação às carcaças não estimuladas. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para perdas por cocção. As capacidades de retenção e absorção foram menores nas carnes provenientes de carcaças estimuladas eletricamente, porém as perdas por exsudação neste tratamento foram inferiores ao tratamento não estimulado. Quando avaliado valor R, os animais estimulados apresentaram desenvolvimento do *rigor mortis* mais rapidamente que os animais não estimulados. Nas análises de cor somente o valor L\* apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com valores superiores para os animais estimulados.

**Palavras-chave:** carne, pH, capacidade de retenção de água, valor R, cor.

<sup>1</sup> Recebido em

<sup>2</sup> Alunos do Programa de Pós-Graduação - UNESP, Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [sandracarvalho@fca.unesp.br](mailto:sandracarvalho@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Prof. Adj. do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA - UNESP, Caixa Postal, 237. CEP 18.603-970. Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [robertoroca@fca.unesp.br](mailto:robertoroca@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Prof. Adj. do Departamento de Bioestatística do IBB - Unesp, Caixa Postal 510. CEP 18.618-000. Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [jecorren@ibb.unesp.br](mailto:jecorren@ibb.unesp.br)

## EFFECT OF ELECTRICAL STIMULATION ON THE PHYSICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BOVINE CARCASSES

**SUMMARY:** Ten healthy castrated 3 year old bovines (*Bos taurus indicus*) have been used, divided into 2 groups: 5 of them electrically stimulated and 5 non-stimulated, ageing for 2, 7, 14, 21 and 28 days. It has been evaluated: pH, temperature, cooking losses, water holding capacity, drip losses, R value and colour. The stimulated carcasses showed a higher speed of pH fall toward the non-stimulated carcasses. There was not a real difference among the treatments for drip losses. The water holding capacity was lower in the meat which came from the electrically stimulated carcasses. However, the drip losses in this treatment were inferior to the non-stimulated treatment. When evaluating R value, the stimulated animals presented *rigor mortis* development more quickly than the non-stimulated animals. As for the colour analysis only the L\* value showed a real difference among the treatments, with higher values for the stimulated animals.

**Keywords:** meat, pH, water holding capacity, R value, colour.

## 1 - INTRODUÇÃO

Muitas transformações ocorreram na pecuária de corte brasileira nos últimos anos. Técnicas modernas de produção, cruzamentos e a estabilidade da economia contribuíram para aumentar o volume e a produtividade no setor (LUCHIARI FILHO & ALMEIDA, 2005).

Até 2000, a preocupação era em aumentar a eficiência produtiva, agora o Brasil passa a ter que se preocupar em quantidade de carne produzida e principalmente com a qualidade do produto que irá produzir, podendo assim se firmar como país exportador (TULLIO & CRUZ, 2005).

Em 2004, o Brasil passa a ter o segundo maior rebanho bovino do mundo com 171 milhões de animais e também a ser o segundo maior produtor de carne bovina com 8,5 milhões de toneladas de equivalente-carcaça (FNP, 2005).

Atualmente a maciez é considerada o mais importante atributo da carne fresca, sendo uma preocupação constante nos mercados modernos. Vários procedimentos como suspensão pélvica, alta temperatura de acondicionamento (10 a 15°C) ou atraso no resfriamento (25°C por 10 horas), amaciamento induzido por enzimas exógenas (bromelina e papaína), maturação, desossa a quente (desossa logo após esfolagem e evisceração) e estimulação elétrica, têm sido testados para alcançar a maciez desejada pelo consumidor (SMITH et al. 1977). Todos esses procedimentos causam mudanças nos mecanismos de contração durante o *post-mortem*, aumentando a maciez da carne (POLIDORI et al. 1996).

O estímulo elétrico na musculatura da carcaça despertou interesse por acelerar a queda do pH *post-mortem* e o estabelecimento do *rigor-mortis*. É uma técnica, particularmente útil, quando se pretende refrigerar ou congelar rapidamente as carcaças, meias carcaças ou quartos logo após o abate. Ao acelerar a queda do pH, elimina-se o risco de encurtamento pelo frio e subsequente endurecimento da carne (BENDALL, 1984). Como o encurtamento pelo frio e o rigor de descongelamento ocorrem somente no músculo em pré-rigor, é evidente que se o *rigor-mortis* for concluído antes do

resfriamento ou congelamento, isto pode ser evitado (CHRYSTALL & DEVINE, 1985).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da estimulação elétrica nas características físicas e bioquímicas de carcaças bovinas.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 - Material**

#### **2.1.1 - Animais**

Foram utilizados 10 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, sendo divididos em duas colheitas, a primeira com 7 animais, sendo 3 estimulados eletricamente e 4 não estimulados e a segunda com 3 animais, sendo 2 estimulados eletricamente e 1 não estimulado.

Os animais utilizados eram provenientes do mesmo lote, mesmo criador, com a mesma idade e mesmo tipo de terminação. A cada lote os animais eram selecionados pela idade, abatidos e um grupo estimulado eletricamente logo após a sangria e o outro grupo abatido e não estimulado. A estimulação elétrica foi realizada por uma barra de metal instalada na canaleta de sangria, na região da base da mandíbula, com 2 períodos de estimulação de 30 segundos cada e intervalo de 10 segundos, com corrente elétrica de 90 V, 200mA, 120pps e 60Hz.

Os animais tinham 3 anos de idade e a identificação da mesma foi feita de acordo com a cronologia dentária, considerando 4 dentes definitivos (pinças e 1<sup>os</sup> médios) sem a queda dos 2<sup>os</sup> médios.

#### **2.1.2 - Abate**

Os animais foram transportados por via rodoviária e após serem submetidos à inspeção *ante-mortem* e dieta hídrica por 18 a 30 horas foram

abatidos no Frigorífico Vangelio Mondelli, em Bauru - SP, sob Serviço de Inspeção Federal (BRASIL, 2003).

No abate foi utilizada prévia insensibilização através de pistola pneumática de dardo cativo, sendo os animais suspensos através de guincho elétrico e processados com o auxílio de nória.

Logo após a sangria os animais foram estimulados eletricamente na própria canaleta de sangria. Cada animal foi identificado com um gancho com placa numerada onde foram submetidos à esola e evisceração.

Após a realização do *post-mortem* com a liberação das carcaças, as mesmas foram submetidas a lavagem com água sob pressão à temperatura de 40°C. Este procedimento foi realizado por 2 operadores, um na plataforma elevada e outro no piso. A velocidade média de abate foi de 120 animais por hora.

### **2.1.3 - Processo pós-abate**

As meias-carcaças permaneceram em câmara de resfriamento por 24 horas, onde foram realizadas as colheitas de pH e de temperatura. Todas as carcaças com pH acima de 5,8 não foram utilizadas para colheita das amostras.

As medidas de pH e temperatura foram realizadas nas meias-carcaças direitas, a 5 cm de profundidade nos músculos *Longissimus dorsi*, entre a 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costelas, e *Triceps brachii*, nos intervalos de 2, 4, 6 e 24 horas *post-mortem* (antes da desossa). A umidade relativa e temperatura ambiente da câmara foram medidas nestes mesmos intervalos, com auxílio de termohigrômetro.

As carcaças foram retiradas da câmara fria após 24 horas de resfriamento. O contrafilé foi desossado e cortado em bifes transversais de 2,5 cm de largura a partir da 9<sup>a</sup> costela, o que corresponde ao contrafilé sem a porção filé de costela.

Para cada animal foram retirados 8 bifes, sendo cada um

identificado de acordo com o animal e o número de seqüência do bife (animal 1 bife 1, sendo identificado como 1.1), e assim sucessivamente.

Todas as amostras foram embaladas à vácuo, na sala de desossa da indústria e acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável e transportadas ao Laboratório de Tecnologia de Carnes do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu, onde permaneceram sob refrigeração (0 a 1 °C), até o momento das respectivas análises.

Cada bife corresponde a uma análise e o esquema utilizado nas colheitas para identificação das amostras, análises e períodos de maturação foi:

Bifes	1	2	3	4	5	6	7	8
VÉRTEBRA	9 <sup>a</sup> T*	10 <sup>a</sup> T	11 <sup>a</sup> T	12 <sup>a</sup> T	13 <sup>a</sup> T	1 <sup>a</sup> L**	2 <sup>a</sup> L	3 <sup>a</sup> L

\* **T** vértebra torácica

\*\***L** vértebra lombar

Bife 1 - Amostra congelada na chegada ao laboratório, para posterior avaliação da cor.

Bife 2 - Maturação da amostra por 7 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da cor.

Bife 3 - Maturação da amostra por 14 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da cor.

Bife 4 - Maturação da amostra por 21 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da cor.

Bife 5 - Maturação da amostra por 28 dias seguida por congelamento e posterior avaliação da cor.

Bife 6 - Amostra para fazer perda por exsudação 24-48, 24-72, 24-96 horas, capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de absorção de água (CAA) e perdas por cocção (PPC), na chegada ao laboratório.

Bife 7 - Maturação da amostra por 7 dias, para fazer CRA, CAA e PPC, embalada a amostra restante, maturação até o 14<sup>o</sup> dia para fazer



novamente CRA, CAA e PPC.

Bife 8 - Maturação da amostra por 21 dias, para fazer CRA, CAA e PPC, embalada a amostra restante, maturação até o 28<sup>º</sup> dia para fazer novamente CRA, CAA e PPC.

A colheita para valor R foi realizada em um único abate, separadamente dos outros abates, de 20 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, sendo 10 animais estimulados eletricamente e 10 animais não estimulados para cada tratamento. Os animais utilizados foram selecionados com o mesmo critério, abatidos e estimulados como descrito nas avaliações anteriores. O músculo utilizado foi o *Longus colli*.

## **2.2 - Métodos**

### **2.2.1 - Monitoramento dos parâmetros *post-mortem***

Após a pesagem e lavagem, as carcaças foram encaminhadas à câmara frigorífica, onde foram monitorados os seguintes parâmetros:

- **Umidade Relativa e temperatura ambiente da câmara frigorífica:** foi avaliada através de termohigrômetro, colocado no piso, após 2, 4, 6 e 24 horas *post-mortem* (modelo de planilha – anexo I).
- **pH e temperatura de resfriamento da carcaça:** foi avaliado através de pHmetro Sentron, de penetração, a 5 cm de profundidade, nos músculos *Triceps brachii* e entre a 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costela no músculo *Longissimus dorsi*, após 2, 4, 6 e 24 horas *post-mortem* (modelo de planilha – anexo I).

### **2.2.2 - Perdas por cocção**

Amostras pesando aproximadamente 30 g, removidas entre a quarta vértebra torácica e a última lombar do músculo *Longissimus dorsi* do lado esquerdo da carcaça foram cuidadosamente limpas do tecido adiposo e conjuntivo, embaladas em sacos plásticos termorresistentes e cozidas em banho-maria mantido a 80°C até atingir a temperatura interna de 74±2°C. A

seguir procedeu-se o resfriamento em água corrente de torneira até atingir a temperatura variando entre 20° a 25°C e, antes da pesagem, removeu-se a umidade superficial com o auxílio de papel absorvente. A determinação da perda de peso durante o cozimento foi realizada pela razão entre os pesos das amostras antes e após a cocção e o resultado expresso em percentagem (HONIKEL, 1987).

### **2.2.3 - Capacidade de retenção de água (C.R.A.)**

Foram pesados 10 g de carne e colocado em tubo de centrifugação com 10 ml de água destilada e aquecida em banho-maria a 60°C por 10 minutos. Imediatamente após a retirada do tubo do banho-maria, a amostra foi centrifugada a 5000 rpm por 15 minutos a 20° C. A água foi escorrida, a carne levemente enxuta com papel toalha e pesada. A CRA foi realizada segundo método descrito por ROÇA (1986).

### **2.2.4 - Capacidade de absorção de água (C.A.A.)**

A CAA foi realizada segundo método descrito por ROÇA (1986). Foi pesado aproximadamente 50 g de carne, adicionado 3 vezes o seu peso de água e triturado em liquidificador por 90 segundos. Desta pasta foi colocado em tubo de centrifugação exatamente 35 g em duplicata e centrifugada a 21-25°C por 15 minutos a 1000 rpm. Após a centrifugação o sobrenadante foi pesado e calculado a capacidade de absorção de água.

### **2.2.5 - Perdas por exsudação**

Após 24 horas *post-mortem*, amostras pesando aproximadamente 30 g, removidas entre a oitava vértebra torácica e primeira vértebra lombar do músculo *Longissimus dorsi* da meia carcaça esquerda foram cuidadosamente limpas do tecido adiposo e conjuntivo e pesadas em balança semi-analítica. Foram retiradas três amostras de cada corte (1.1, 1.2 e 1.3), que foram equivalentes a perdas no período correspondente a 24 - 48 horas, 24 - 72

horas e 24 - 96 horas. A seguir foram envoltas em embalagem de saco plástico e suspensas em seu interior. O conjunto assim preparado foi pendurado no interior de uma câmara fria à temperatura de  $2^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  de modo que o exsudado não permaneceu em contato com a carne. As amostras foram pesadas em três fases: 1.1 após 48 horas, 1.2 após 72 horas e a 1.3 após 96 horas. Foram retiradas as embalagens plásticas das amostras e antes da pesagem foi removida a umidade superficial com o auxílio de papel absorvente. O resultado foi obtido pela razão entre os pesos das amostras antes e após o tempo de escolhido (48, 72 e 96 horas) e o resultado expresso em percentagem (HONIKEL, 1987).

#### **2.2.6 - Valor R**

As amostras foram retiradas do lado direito do animal, próximo à região do músculo *Longus colli* (LC) e armazenadas em tambor contendo nitrogênio líquido até o momento da avaliação. A amostragem inicia-se 2h após o abate, prosseguindo-se 4h, 6h, 8h, 10h e 24 horas *post-mortem*. A metodologia proposta por HONIKEL & FISCHER (1977) foi adotada para a determinação do valor R e consiste de uma homogeneização durante 30 segundos de 2 gramas do músculo em 10 ml de ácido perclórico 1M. O homogeneizado foi filtrado e centrifugado durante 5 minutos, a 3000G. Uma alíquota de 0,1 ml do sobrenadante foi diluída em 4,9ml do tampão fosfato 0,1 M, pH 7,0. A absorbância a 250nm (monofosfato de inosina) e 260nm (trifosfato de adenosina) em espectrofotômetro Termo Spectronic Gênesis 6 (North América) foi determinada utilizando-se o tampão fosfato como referência e o valor R calculado pela razão das duas absorbâncias.

#### **2.2.7 - Cor**

Foi determinada com auxílio de um espectrofotômetro Minolta CR 300, no sistema CIE, parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (vermelho), e  $b^*$

(amarelo), efetuando três repetições por ponto, em três diferentes pontos da superfície do músculo *Longissimus dorsi* (HONIKEL, 1998).

### **2.2.8 - Análise estatística**

O esquema de análise adotado para todas as avaliações foi o de parcela subdividida, considerando os tratamentos (carcaças estimuladas eletricamente e não estimuladas) como parcela e os períodos de maturação como subparcela e utilizado o teste F para verificar a diferença entre os tratamentos e os tempos. O efeito de tratamento foi considerado alinhado aos tempos para verificar diferenças de tratamento para os tempos fixados. Em todas as variáveis foi verificada a normalidade dos dados para a aplicação do teste F na análise de variância.

Para as comparações entre tratamentos, tempo e tratamentos com tempo fixado foi aplicado o teste t-Student obtido com o comando LSMEANS do PROC GLM do SAS V8.02 (SAS, 2001).

## **3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.2 - Avaliação do pH e temperatura *post-mortem***

Os valores médios de pH dos músculos *Longissimus dorsi* e *Triceps brachii* estão apresentados nas Tabelas 1 e 2 e Gráficos 1 e 2.

Tabela 1 - Média dos valores de pH do músculo *L. dorsi* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

Tratamento*	Horas <i>post-mortem</i>				Média
	2	4	6	24	
EE	6,20A <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	5,87Ba	5,72 Ca	5,59 Ca	5,84a <sup>2</sup>
NE	6,50Ab	6,05Bb	5,82Ca	5,65Ca	6,00b
Média	6,35A <sup>1</sup>	5,96B	5,77C	5,62D	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo *post-mortem* (P<0,01); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P<0,01); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo *post-mortem* (P<0,01); e <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo *post-mortem* (P<0,05).

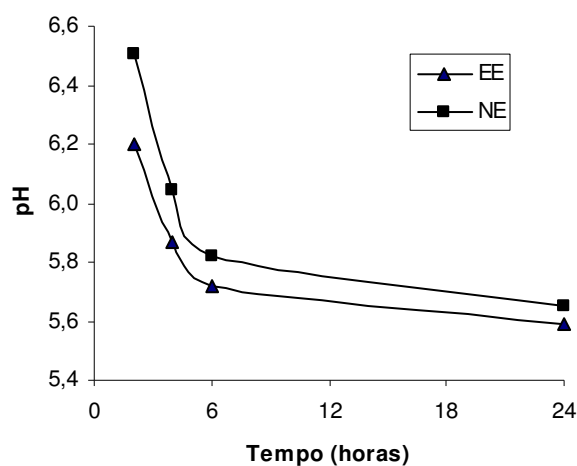


Figura 1 – pH do músculo *L. dorsi* de carcaças estimuladas (EE) e não estimuladas eletricamente (NE), em função do tempo *post-mortem*.

Tabela 2 - Média dos valores de pH do músculo *T. brachii* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

Tratamento*	Horas <i>post-mortem</i>				Média
	2	4	6	24	
EE	6,14A <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	5,78Ba	5,67Ba	5,61Ba	5,80a <sup>2</sup>
NE	6,62Ab	6,19Bb	5,97Bb	5,69Cb	6,11b
Média	6,38A <sup>1</sup>	5,98B	5,82C	5,65D	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo *post-mortem* (P<0,01); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P<0,01); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo *post-mortem* (P<0,01); e <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo *post-mortem* (P<0,01).

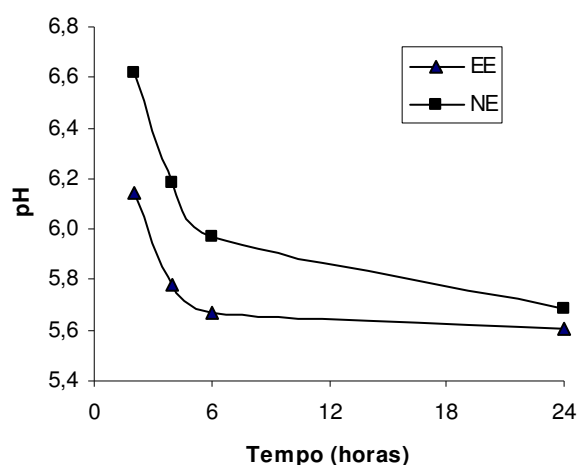


Figura 2 – pH do músculo *T. brachii* de carcaças estimuladas (EE) e não estimuladas eletricamente (NE), em função do tempo *post-mortem*.

As curvas de queda do pH *post-mortem* avaliadas no músculo *L. dorsi* (Figura 1) e *T. brachii* (Figura 2) mostram as diferenças entre os perfis. A estimulação elétrica apresentou resultados significativos na diminuição dos valores de pH principalmente nas 6 primeiras horas *post-mortem*. A estimulação elétrica pode ser considerada uma medida auxiliar para a "maturação sanitária" exigida pela União Européia.

Observando-se as Tabelas 1 e 2, verifica-se que as carcaças estimuladas eletricamente apresentaram valores não significativos após 6 e 24 horas: músculo *L. dorsi*, pH<sub>6</sub> = 5,72, pH<sub>24</sub> = 5,59; músculo *T. brachii*, pH<sub>6</sub> = 5,67, pH<sub>24</sub> = 5,61. Este resultado pode levar a uma conclusão preliminar ou

precipitada que pode-se desossar carcaças estimuladas eletricamente após 6 horas de resfriamento. Porém deve-se considerar que os resultados não foram significativos porque foram comparados estatisticamente com os valores de pH encontrados após 2 e 4 horas *post-mortem*. Na prática, várias tentativas foram realizadas por frigoríficos junto à União Européia com o objetivo de reduzir o tempo para início da desossa, no entanto dificilmente será aceito por prevenção de problemas sanitários, como febre aftosa.

PUGA et al. (1999), também verificaram a queda mais rápida de pH para carcaças estimuladas eletricamente, quando trabalharam com bovinos estimulados (250 V) e não estimulados. DAVEY & GILBERT (1976) e DRANSFIELD et al. (1992) observaram esta mesma aceleração de queda de pH em carcaças estimuladas, porém trabalharam com estimulação elétrica de alta voltagem. Resultados semelhantes foram encontrados por CARDOSO (2005) quando avaliou 40 bovinos machos, estimulados eletricamente com baixa voltagem, castrados, da raça Nelore, onde as médias obtidas revelaram maior velocidade de queda de pH para as carcaças estimuladas.

As temperaturas das carcaças foram monitoradas e apresentaram queda semelhante nos 2 tratamentos (Figuras 3 e 4), indicando que o efeito temperatura de resfriamento afetou de forma análoga ambos tratamentos.

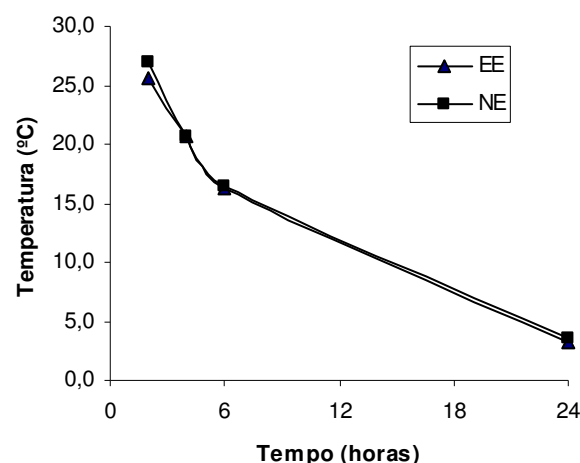


Figura 3 - Temperatura de resfriamento das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, avaliadas no músculo *L. dorsi*, em função do tempo *post-mortem*.

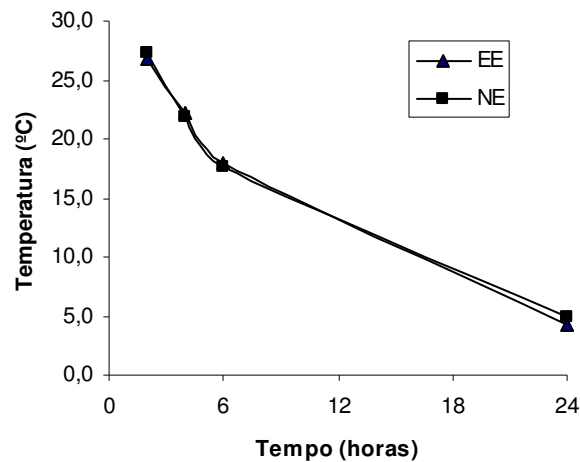


Figura 4 - Temperatura de resfriamento das carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, avaliadas no músculo *T. brachii*, em função do tempo *post-mortem*.

### 3.3 - Perdas por cocção

Os valores médios de perdas por cocção encontram-se na Tabela 3 e Figura 5.

Tabela 3 - Média dos valores de perda por cocção (%) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	23,89AB <sup>2</sup>	23,66AB	22,22A	25,54B	26,79B	24,42
NE	22,49A	22,78AB	22,63AB	25,37AB	25,86B	23,83
Média	23,19AB <sup>1</sup>	23,22AB	22,43A	25,45AB	26,32B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo *post-mortem* ( $P < 0,05$ ); <sup>2</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ).



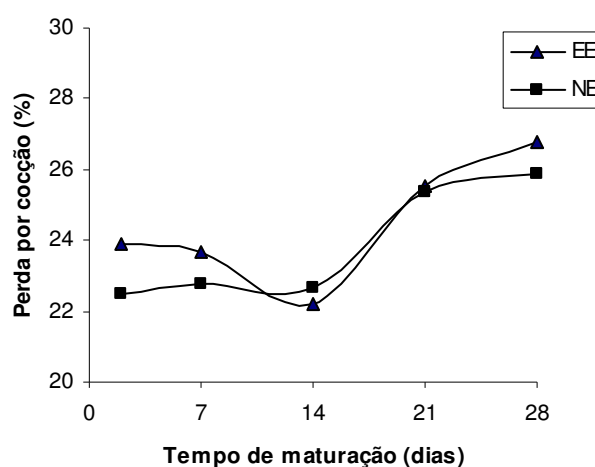


Figura 5 - Perda por cocção (%) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) da estimulação elétrica em relação às perdas por cocção. Quando analisada as médias de perdas por cocção em função do tempo de maturação, verifica-se através da Figura 5 que há uma tendência de aumento após 14 dias de maturação.

Muitos métodos são utilizados para se medir as perdas por cocção. Várias são as temperaturas de cocção e deste modo há grande dificuldade de comparação entre valores absolutos. A estimulação elétrica e o tempo de maturação não influenciaram as perdas por cocção para CARDOSO et al. (2005). Porém, BOAKYE e MITTAL (1993) quando maturaram carcaças até 16 dias, verificaram que a porcentagem de perdas aumentou a partir do 2º dia de maturação, com maior perda nos primeiros 8 dias. Resultados semelhantes a estes foram verificados por PUGA et al. (1999) que também obtiveram maior perda aos 9 dias (39,44%) que aos 14 dias (36,02) de maturação.

### 3.4 - Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a habilidade que a carne possui em reter parcial ou totalmente a água nela contida. Em trabalhos com estimulação elétrica em bovinos, esta é uma medida prática, porque as alterações nas curvas de declínio de pH podem acarretar

redução na CRA dos cortes cárneos com queda brusca de pH (FELÍCIO, 1999).

As médias de capacidade de retenção de água estão apresentadas na Tabela 4 e Figura 6.

Tabela 4 - Média dos valores de capacidade de retenção de água (CRA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação (%).

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	70,58A <sup>3</sup> Ba <sup>4</sup>	68,96ABa	64,92Ba	74,33Aa	66,15Ba	68,99a <sup>2</sup>
NE	77,29Ab	73,95Aa	73,90ABb	77,20Aa	66,92Ba	73,85b
Média	73,93AB <sup>1</sup>	71,46AB	69,41BC	75,76A	66,54C	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos ( $P < 0,01$ ); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ); e <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo de maturação ( $P < 0,05$ ).

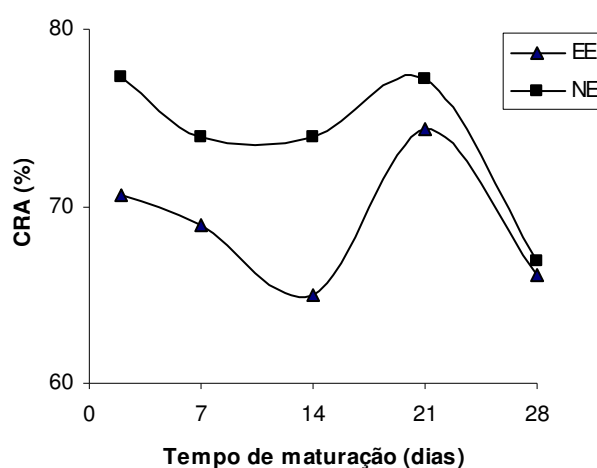


Figura 6 - Capacidade de retenção de água (CRA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

O efeito da estimulação elétrica na CRA durante a maturação é evidente quando comparada a média geral dos tratamentos ( $P < 0,01$ ).

Analisando-se as curvas (Figura 6) verifica-se que são similares, mas não são coincidentes. A curva de CRA dos animais estimulados eletricamente posiciona-se abaixo da curva dos animais não estimulados, indicando menor CRA para carcaças estimuladas eletricamente. A diferença foi significativa, além da média geral, nos períodos de 2 e 14 dias de maturação. O efeito do tempo de maturação não está esclarecido com este experimento. Há evidências somente na diminuição da CRA no período de 21 a 28 dias em ambos tratamentos (EE e NE).

Resultados semelhantes foram verificados por EIKELENBOOM et al. (1998). Porém, CARDOSO et al. (2005) não encontraram diferença na capacidade de retenção de água quando avaliaram 40 bovinos da raça Nelore, com idade entre 30 e 36 meses, estimulados e não estimulados eletricamente.

Segundo ROÇA (2000) as carcaças estimuladas eletricamente possuem CRA inferior às não estimuladas, devido a rápida degradação de ATP promovida pela estimulação elétrica que faz com que haja *efeito estérico* da retenção de água. Este efeito é definido pela falta de espaço para as moléculas de água na estrutura protéica, devido à aproximação das cadeias protéicas, quando cátions divalentes como o cálcio e o magnésio combinam-se com grupos relativos de proteínas carregadas negativamente, formando uma rede espessa de proteínas contrácteis.

A utilização da estimulação elétrica faz com que, logo após o abate, o pH esteja relativamente baixo, enquanto a temperatura das carcaças ainda está alta. Deste modo, ocorre desnaturação das proteínas musculares causando a perda da capacidade de retenção de água (FOLLET et al., 1974 in LAWRIE, 2005).

### **3.5 - Capacidade de absorção de água**

Os resultados de capacidade de absorção de água são apresentadas na Tabela 5 e Figura 7. Em valores médios, as carcaças estimuladas apresentaram inferior capacidade de absorção de água em relação as não estimuladas ( $P < 0,05$ ), confirmando os resultados encontrados nas análises de

capacidade de retenção de água. A capacidade de absorção de água é um método auxiliar do método de CRA. Com relação aos efeitos do tempo de maturação os resultados obtidos não são conclusivos.

Tabela 5 - Média dos valores de capacidade de absorção de água (CAA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	73,12B <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	59,76Aa	72,42Ba	67,61ABa	72,85Ba	69,15a <sup>2</sup>
NE	69,93Aa	70,44Aa	82,04Aa	75,23Aa	81,50Aa	75,83b
Média	71,53AB <sup>1</sup>	65,10A	77,23B	71,42AB	77,18B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação ( $P < 0,01$ ); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos ( $P < 0,05$ ); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ); e <sup>4</sup> letras minúsculas iguais indicam não haver diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo de maturação ( $P > 0,05$ ).

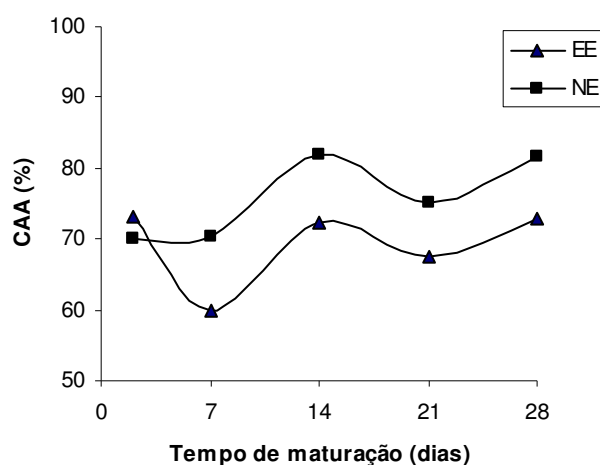


Figura 7 - Capacidade de absorção de água (CAA) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

### 3.6 - Perdas por exsudação

A capacidade de retenção de água do tecido é muito importante para seu armazenamento. Tecidos com baixa CRA, perdem muita umidade e conseqüentemente muito peso durante o armazenamento. Geralmente esta perda ocorre nas superfícies musculares da carcaça expostas durante a estocagem (ROÇA, 2000). A análise de perdas por exsudação até 96 horas foi realizada com a finalidade de se observar as perdas durante o período de estocagem, antes da embalagem à vácuo.

Os valores médios de perdas por exsudação estão apresentados na Tabela 6 e Figura 8.

Tabela 6 - Média dos valores de perda por exsudação (valores cumulativos, em %) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

Tratamento*	Horas <i>post-mortem</i>			Média
	24 - 48	24 - 72	24 - 96	
EE	2,10A <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	2,73Aa	3,68Ba	2,84a <sup>2</sup>
NE	2,16Aa	3,29Aa	5,64Bb	3,70b
Média	2,13A <sup>1</sup>	3,01A	4,66B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo *post-mortem* (P<0,01); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P<0,01); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação (P<0,01); e <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo de maturação (P<0,05).

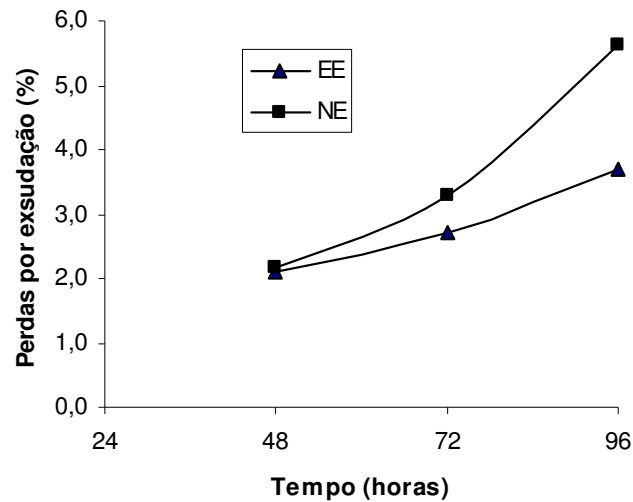


Figura 8 - Perda por exsudação (valores cumulativos, em %) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

Há evidência nas diferenças de comportamento das curvas de perdas por exsudação das carcaças estimuladas e não estimuladas (Tabela 6). A evidência é maior após 96 horas de resfriamento sem embalagem à vácuo ( $P < 0,05$ ). Os valores médios indicam efeito da estimulação elétrica reduzindo as perdas em períodos mais prolongados. No entanto, não é comum os frigoríficos realizarem desossa após longos períodos de resfriamento, acima de 48 horas. O normal é desossa e embalagem após 24 horas e somente os animais abatidos no sábado, que terão carcaças desossadas com 48 horas de resfriamento. Os resultados demonstram os efeitos negativos dos longos tempos de armazenamento da carcaça após o abate.

As análises tradicionais de perdas por exsudação são realizadas nos cortes embalados à vácuo. Para WEST (1982) as perdas por exsudação foram menores, após 14 dias de estocagem a  $0^{\circ}\text{C}$ , nas carcaças que receberam estimulação elétrica (2,7%) que nas carcaças que não receberam estimulação (3,0%). Este fato também foi evidenciado por CARDOSO et al., (2005), quando analisou as perdas por exsudação em carnes maturadas até 14 dias, estimuladas e não estimuladas eletricamente, e concluiu que a estimulação

elétrica não aumenta as perdas por exsudação. Esta perda foi verificada através de pesagem antes da embalagem a vácuo e depois da retirada da embalagem, em seu devido tempo de maturação.

Utilizando o mesmo método, GEORGE et al., (1980) relataram perdas menores para o músculo *Longissimus lumborum* de carcaças estimuladas quando comparadas com não estimuladas (2,2 e 2,5%, respectivamente). Os músculos foram embalados a vácuo e estocados por 2 dias a 1°C. Contrariando estes resultados, BUTCHERS et al., (1998) verificaram que a estimulação elétrica proporcionava maiores perdas por exsudação no músculo *Longissimus lumborum* mantidos a temperatura de 1°C por dois dias.

### 3.7 - Valor R

O valor R é a relação entre as concentrações de inosina e adenosina (IMP/ATP). Como a inosina aumenta e a adenosina diminui durante o desenvolvimento do *rigor-mortis*, maiores valores de R indicam estágios mais avançados de *rigor-mortis* (HONIKEL & FISCHER, 1977 in PUGA et al., 1999). Estes autores propuseram que o valor de R poderia ser utilizado para acompanhar a taxa de metabolismo *post-mortem* (COON et al., 1983).

Quando o pH atinge 5,9 e o valor de R for igual a 1,1 tem-se o início do *rigor-mortis* (HONIKEL et al., 1981). Para KHAN & FREY (1971), o valor de R igual a 1,0 já é indicador de início de rigor. Baseando-se em qualquer um dos dois conceitos os animais estimulados apresentaram desenvolvimento do *rigor-mortis* mais rapidamente que os não estimulados, que pode ser observado pela média geral ( $P < 0,05$ ) e pelo perfil das curvas (Figura 9). Os animais estimulados apresentaram valor de R acima de 1,0 após 4 horas, enquanto que os animais não estimulados apresentaram este valor somente após 8 horas de abate, como apresentado na Tabela 7 e Gráfico 9.

Tabela 7 - Média do valor R do músculo *L. coli* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

Tratamento*	Horas <i>post-mortem</i> (horas)						Média
	2	4	6	8	10	24	
EE	0,96A <sup>3</sup>	1,02AB	1,08BC	1,11BC	1,19C	1,31D	1,11a <sup>2</sup>
NE	0,92A	0,96AB	0,99ABC	1,05BC	1,09C	1,32D	1,05b
Média	0,94A <sup>1</sup>	0,99AB	1,03BC	1,08CD	1,14D	1,31E	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo *post-mortem* ( $P < 0,05$ ); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos ( $P < 0,05$ ); e <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ).

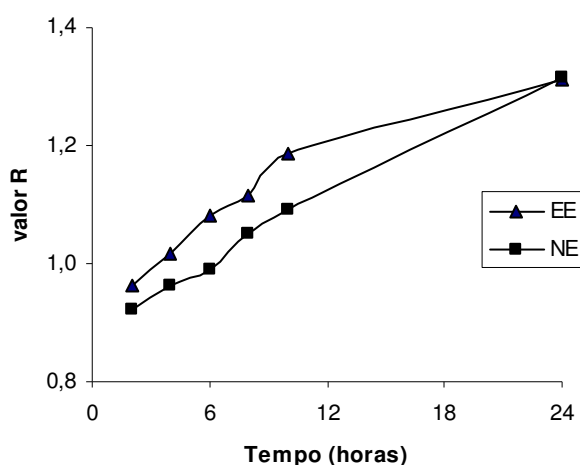


Figura 9 - Valor R do músculo *L. coli* de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo *post-mortem*.

O adiantamento do início do rigor pela estimulação elétrica também foi verificado por CARDOSO et al. (2005) quando compararam carcaças estimuladas e não estimuladas. Nas carcaças estimuladas valores acima de 1,0 foram verificados com 6 horas de abate, sendo que nas carcaças não estimuladas este valor verificado com 24 horas *post-mortem*. Acompanhando estes resultados, SOARES & AREAS, (1995) trabalhando com carcaças bubalinas estimuladas eletricamente, com alta voltagem, observaram início do *rigor-mortis* 2 h após o abate contra 15 horas para carcaças não estimuladas.



### 3.8 - Cor

A cor é considerada a mais importante característica sensorial na aparência da carne, podendo não apenas valorizá-la, mas também depreciá-la (MacDOUGALL, 1984). Em condições normais de conservação, a cor é o principal atrativo dos alimentos (FELÍCIO, 1999).

Os valores médios de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da carne são apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10 e Figuras 10, 11 e 12.

Quando analisado a média geral dos valores de  $L^*$ , as carcaças estimuladas apresentaram maior valor que as não estimuladas ( $P < 0,05$ ). Isto indica que as carnes destas carcaças têm cor mais clara. Valores semelhantes foram encontrados por CARDOSO et al. (2005). O aumento da luminosidade da carne pela estimulação elétrica também foi observado por SAVELL et al., (1978) e McKEITH et al., (1981).

O tempo de maturação também interferiu na luminosidade da carne. Com o aumento do tempo de maturação maior a luminosidade, porém, somente aos 21 dias esta diferença foi significativa ( $P < 0,05$ ). CARDOSO et al. (2005) também verificaram interferência do tempo de maturação na luminosidade, mas a maturação de 14 dias (leituras após a desossa, 7 e 14 dias de maturação) interferiu de maneira significativa no aumento da luminosidade da carne. Entretanto, PUGA et al. (1999), não verificaram aumento de luminosidade em carnes bovinas maturadas até 14 dias.

Quando avaliado os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  conclui-se que somente o tempo de maturação interferiu nestes valores, com aumento dos valores de  $a^*$  e  $b^*$  em relação ao tempo de maturação (Tabelas 9 e 10 e Figuras 11 e 12).

Tabela 8 - Média dos valores de cor – valor “L” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	27,82A <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	30,44Ba	29,70ABa	29,84Aba	30,07Ba	29,38a <sup>2</sup>
NE	26,99Aa	27,41Ab	28,28Aa	28,59Aa	29,08Aa	28,07b
Média	27,40A <sup>1</sup>	28,93AB	28,99AB	29,21B	29,57B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação (P<0,05); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P<0,05); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação (P<0,05); e <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo de maturação (P<0,05).

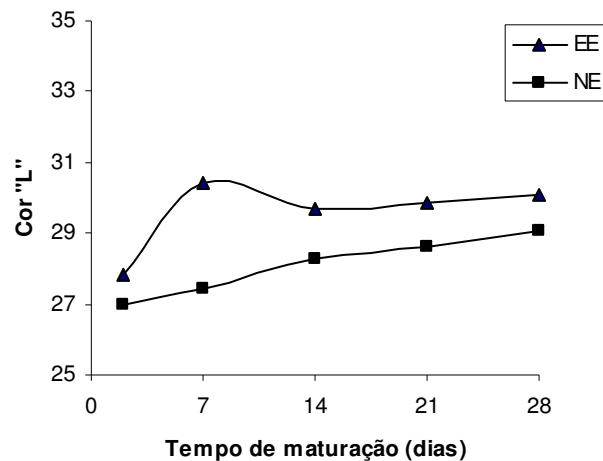


Figura 10 - Cor – valor “L” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tabela 9 - Média dos valores de cor – valor “a” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	14,73A <sup>2</sup>	15,07A	15,82A	15,17 <sup>a</sup>	15,71A	15,30
NE	13,50A	14,13AB	15,28AB	16,15B	15,84B	14,98
Média	14,11A <sup>1</sup>	14,60AB	15,55AB	15,66AB	15,77B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação (P<0,05); <sup>2</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em função do tempo de maturação (P<0,05).

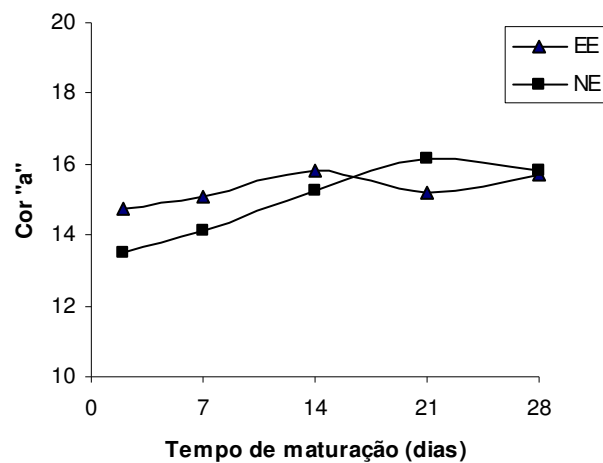


Figura 11 - Cor – valor “a” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tabela 10 - Média dos valores de cor – valor “b” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	11,40A <sup>3</sup>	12,50A	13,28A	12,04 <sup>a</sup>	13,16 <sup>a</sup>	12,48a <sup>2</sup>
NE	10,63A	10,86A	12,28AB	12,85B	13,69B	12,06a
Média	11,01A <sup>1</sup>	11,68AB	12,78B	12,45AB	13,43B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ); <sup>2</sup> letras minúsculas iguais indicam não haver diferença estatística entre a média geral dos tratamentos ( $P > 0,05$ ); e <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P < 0,05$ ).

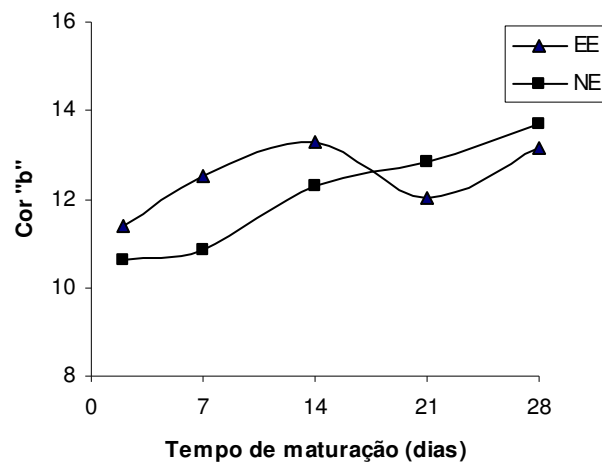


Figura 12 - Cor – valor “b” – da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

#### 4 - CONCLUSÕES

A utilização da estimulação elétrica promoveu maior velocidade de queda de pH e antecipação no início do *rigor mortis*. As capacidades de retenção e absorção de água foram menores nas carnes provenientes de carcaças estimuladas eletricamente. Os animais estimulados apresentaram desenvolvimento do *rigor mortis* mais rapidamente que os animais não estimulados, verificado através do valor de R e estes apresentaram maiores valores de luminosidade ( $L^*$ ).

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

BENDALL, J. R. El estímulo eléctrico de los canales de los animales de abasto. In: LAWRIE, R. (ed.). **Avances en la ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1984. p. 57 – 83.

BOAKYE, K.; MITTAL, G.S. Changes in textural properties of beef *Longissimus dorsi* muscle during ageing. **Journal of Food Science and Technology**, v. 26, p.145-150, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. 2003. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/portal/page?\\_pageid=33,975865&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,975865&_dad=portal&_schema=PORTAL)> Acesso em: 09 de jan. 2006.

BUTCHERS, A.D.M. et al. **Interaction between pre-slaughter handling and low voltage electrical stimulation and the effect beef quality**. In: International Congress Meat Science And Technology. 1998, Barcelona, 44, p.1050 -1081, 1998. **Proceedings...**

CARDOSO, S. **Estimulação elétrica, tipo de desossa e taxas de resfriamento da carne bovina (MM. Longissimus lumborum e semitendinosus): efeitos em características físicas, físico-químicas, sensoriais e bacteriológicas**. Campinas, 2005, 151p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, (UNICAMP).

---

\* Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 22p.

CARDOSO, S. et al. **Low voltage electrical stimulation, hot bonning and elevated temperature conditioning of *Longissimus lumborum* muscle from *Bos indicus*: drip and cooking loss, water holding capacity and colour.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3, 2005, São Pedro. **Anais...** Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2005. CD-ROM.

CHRYSTALL, B. B.; DEVINE C. E. Electrical stimulation: its early development in New Zealand. In: PEARSON, D. H.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research.** Westport, 1985. p. 73-119.

COON, F.P.; Calkins, C. R.; MANDIGO, R. W. Pre and post rigor sectioned formed beef steaks manufactured with different salt levels, mixing times and tempering times. **Journal of Food Science**, v. 48, p.1731-1734, 1983.

DAVEY, C.L.; GILBERT, K.V. The temperature coefficient of beef ageing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 27, p. 244-250, 1976.

DRANSFIELD, E., et al. Modelling post-mortem tenderization – II: enzyme changes during storage of electrically stimulated and non-stimulated beef. **Meat Science**, v. 31, n. 1, p. 75-84, 1992.

EIKELENBOOM, G. et al. Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated and aged beef, assessed with shear and compressed tests. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p. 89-99, 1998.

FELÍCIO, P.E. **Qualidade da carne bovina:** características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 89-97, 1999.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. ANUALPEC 2005: **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo, p. 55, 2005.

GEORGE, A. R. et al. The tenderizing effect of electrical stimulation of beef carcasses. **Meat Science**, v. 4, n. 1, p.51 - 68, 1980.

HONIKEL, K.O. The water binding of meat. **Fleischwirtsch**, Frankfurt, v. 67, n. 9, p.1098 -1102, 1987.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, n. 4, p. 447 - 457, 1998.

HONIKEL, K.O. et al. R. Influence of post-mortem changes in bovine muscle on the water-holding capacity of beef – Post mortem storage of muscle at 20°C. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1 - 6, 1981.

HONIKEL, K.O.; FISCHER, C. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. **Journal of Food Science**, v. 42, p. 1633 - 1636, 1977.

KHAN, A.W.; FREY, A.R. A simple method for following rigor mortis development in beef and poultry meat. **Journal Canadian Institute of Food Technology**, v. 4, n. 4, p.139 - 142, 1971.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**, 6ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2005.

LUCHIARI FILHO, A.; ALMEIDA, R. **Sistemas de produção de carne no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3, 2005, São Pedro. **Anais...** Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2005. CD-ROM.

MacDOUGALL, D.B. Colour of meat. In: PEARSON, D. H.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Advances in meat research**. Westport, 1984, p. 79-93.

McKEITH, F.K et al. Tenderness improvement of the major muscles of the beef carcass by electrical stimulation. **Journal of Food Science**, v. 46, p.1774 - 1778, 1981.

POLIDORI, P. et al. The effects of electrical stimulation on meat quality. **Italian Journal of Food Science**, n. 3, p. 183-199, 1996.

PUGA, D.M.U. et al. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, p. 88-96, 1999.

ROÇA, R.O. **Desenvolvimento de fiambres com carne de frango**. Campinas. 1986. 183p. Tese (Mestre em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, UNESP, 2000. 201p.

SAS, Statistical Analysis System. **User's procedures guide**, 4 ed. Cary, version 8.02, 2001, 2 v.

SAVELL, J. W. et al. Structural changes in electrically stimulated beef muscle. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 5, p. 1606-1609, 1978.

SMITH, G. C. et al. Using electrical stimulation to tenderize meat. In: **Proceedings Meat Industry Research Conference**, Chicago, 1977, p.147.

SOARES, G. J. D.; AREAS, J. A. G. Effect of electrical stimulation on *post mortem* biochemical characteristics and quality of *Longissimus dorsi thoracis* muscle from buffalo (*Bubalus bubalis*). **Meat Science**, v. 41, n. 3, p. 369-379, 1995.



TULLIO, R.R.; CRUZ, G.M. **Quando o Brasil terá um sistema de qualidade de carne?** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 3, 2005, São Pedro. **Anais...** Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2005. CD-ROM.

WEST, R.L. Commercial application of electrical stimulation in the United States. In: **Proceedings of International Symposium in Meat Science and Technology**, 1982, Chicago: National Livestock and Meat Board, p. 1-23.

## AVALIAÇÃO MICROBIANA DE CARÇAÇAS BOVINAS ESTIMULADAS ELETRICAMENTE

Sandra Regina Souza Teixeira de CARVALHO<sup>2,\*</sup>, Roberto de Oliveira ROÇA<sup>3</sup>, José Eduardo CORRENTE<sup>4</sup>, Amilton Souza de MELLO JUNIOR<sup>2</sup>, Ana Paula FLAMINIO<sup>2</sup>

**RESUMO** - Foram utilizados 10 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, com 3 anos, sendo 5 estimulados eletricamente e 5 não estimulados, para avaliar efeitos da estimulação elétrica e do tempo de maturação (2, 7, 14, 21 e 28 dias), no crescimento microbiano do músculo *Longissimus dorsi*. Para as avaliações microbianas de superfície da carcaça foram utilizados 20 animais, sendo 10 estimulados eletricamente e 10 não estimulados, com colheitas de amostras em 2 tempos, 0 e 24 horas. As avaliações microbianas realizadas foram: contagem total de bactérias, psicotróficos e *Enterobacteriaceae*. Para as avaliações no músculo, a estimulação elétrica interferiu apenas no crescimento de psicotróficos, onde as carcaças estimuladas apresentaram menor crescimento ( $P < 0,05$ ). Quando avaliado tempo de maturação, houve aumento na contagem total de bactérias somente aos 21 dias ( $P < 0,05$ ). A contagem de *Enterobacteriaceae* manteve-se estável por todo o período ( $P > 0,05$ ) e psicotróficos apresentou início de crescimento após 7 dias de maturação. A estimulação elétrica não afetou o crescimento microbiano da superfície da carcaça, avaliado antes e após o resfriamento.

**Palavras-chave:** Contagem total, *Enterobacteriaceae*, psicotróficos, carne.

<sup>1</sup> Recebido em

<sup>2</sup> Alunos do Programa de Pós-Graduação - UNESP, Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [sandracarvalho@fca.unesp.br](mailto:sandracarvalho@fca.unesp.br)

<sup>3</sup> Prof. Adj. do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da FCA - UNESP, Caixa Postal, 237. CEP 18.603-970. Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [robertoroca@fca.unesp.br](mailto:robertoroca@fca.unesp.br)

<sup>4</sup> Prof. Adj. do Departamento de Bioestatística do IBB - Unesp, Caixa Postal 510. CEP 18.618-000. Botucatu. SP. Brasil. E-mail: [jecorren@ibb.unesp.br](mailto:jecorren@ibb.unesp.br)

## MICROBIAL EVALUATION OF BOVINE CARCASSES ELECTRICALLY STIMULATED

**SUMMARY:** Ten healthy castrated 3 year old bovines (*Bos taurus indicus*) have been used, being 5 electrically stimulated and 5 not to evaluate the electrical stimulation effects and ageing time (2, 7, 14, 21 and 28 days) in the microbial growth of the *Longissimus dorsi* muscle. Twenty healthy, castrated bovines of the same breed have been used to the microbial evaluation of surface. Ten of them were electrically stimulated and 10 were not stimulated, getting samples at two different times, 0 and 24 hs. The microbial evaluations done were: the total count, psychrotrophic and *Enterobacteriaceae*. Concerning evaluations in the muscle, the electric stimulation interfered only in the growth of the psychrotrophic, where the stimulated carcasses showed a smaller growth ( $P < 0,05$ ). When ageing time was evaluated, there was an increase in the total count of bacteria. It was only on the 21<sup>st</sup> day ( $P < 0,05$ ). The *Enterobacteriaceae* count kept stable during the whole period ( $P > 0,05$ ) and the psychrotrophic showed a growth increase beginning after 7 days of ageing. The electric stimulation didn't affect the surface carcass microbial growth which was evaluated before and after chilling.

**Keywords:** total count, *Enterobacteriaceae*, psychrotrophic, meat.

## 1 - INTRODUÇÃO

O crescente interesse dos consumidores em conseguir produtos mais saudáveis tem obrigado os produtores de carne e derivados a controlar, cada vez melhor, a qualidade microbiana de seus produtos (CONTRERAS, 1988).

Os fatores mais importantes, que determinam a qualidade microbiana da carne são a higienização dos animais antes do abate, as condições higiênicas nos locais de abate e de processamento, o tempo, a temperatura e as condições de armazenamento e distribuição (NOTTINGHAM, 1982).

A carne obtida de animais saudáveis, abatidos com boas condições higiênicas, possui microorganismos contaminantes principalmente na superfície da carcaça (NOSKOWA, 1975). Com exceção da superfície externa, trato digestivo, cavidades naso-faríngeas e porção final do trato urogenital, os tecidos de animais saudáveis, incluindo o sangue, medula óssea, linfonodos e órgãos da cavidade torácica e abdominal, podem ser considerados livres de microorganismos (ROÇA, 2000).

Durante o abate e manipulação da carne pode ocorrer contaminação da carcaça com microorganismos patogênicos ao homem, como *Salmonella*, *Escherichia coli* e *Champylobacter jejuni*, que geralmente estão presentes no trato gastrointestinal (EDWARDS, 1999). Diversos estudos mostraram que a estimulação elétrica de alta voltagem pode reduzir o número total de bactérias, em carcaças de animais, aumentando o tempo de conservação sob refrigeração (BAWCOM, et al., 1995; LIN, et al., 1984; SLAVICK, et al., 1991), porém, estes trabalhos foram realizados em abatedouros experimentais. EDWARDS (1999), não verificou a diminuição da contaminação microbiana em carcaças estimuladas eletricamente com alta voltagem, quando trabalhou em abatedouros comerciais.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da estimulação elétrica de baixa voltagem na contaminação superficial de carcaças e na carne durante o processo de maturação.

## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 - Avaliação microbiana da carne**

#### **2.1.1 - Animais**

Para as avaliações microbianas foram utilizados 10 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, divididos em três colheitas, a primeira com 2 animais, sendo 1 estimulado eletricamente e 1 não estimulado, a segunda com 4 animais, sendo 2 estimulados eletricamente e 2 não estimulados e a terceira com 4 animais, sendo 2 estimulados eletricamente e 2 não estimulados.

Os animais utilizados eram provenientes do mesmo lote, criador, idade e sistema de terminação. A cada lote os animais eram selecionados pela idade, abatidos, sendo o primeiro grupo estimulado eletricamente logo após a sangria e o outro grupo não estimulado. A estimulação elétrica foi realizada por uma barra de metal instalada na canaleta de sangria, na região da base da mandíbula, com dois períodos de estimulação de 30 segundos cada, e intervalo de 10 segundos, com corrente elétrica de 90V, 200mA, 120pps e 60Hz.

Os animais tinham três anos de idade e a identificação da mesma foi feita de acordo com a cronologia dentária, considerando 4 dentes definitivos (pinças e 1<sup>os</sup> médios) sem a queda dos 2<sup>os</sup> médios.

#### **2.1.2 - Abate**

Os animais foram transportados por via rodoviária e após serem submetidos à inspeção *ante-mortem* e dieta hídrica por 18 a 30 horas foram abatidos no Frigorífico Vangelio Mondelli, em Bauru - SP, sob Serviço de Inspeção Federal (BRASIL, 2003).

No abate foi utilizada prévia insensibilização através de pistola pneumática de dardo cativo, sendo os animais suspensos através de guincho elétrico e processados com o auxílio de transportador aéreo automático.

Logo após a sangria os animais foram estimulados eletricamente na própria canaleta de sangria. Cada animal foi identificado com um gancho com placa numerada onde foram submetidos à esfolagem e evisceração.

Após a realização do *post-mortem* com a liberação das carcaças, as mesmas foram submetidas a lavagem com água sob pressão à temperatura de 40°C. Este procedimento foi realizado por 2 operadores, um na plataforma elevada e outro no piso. A velocidade média de abate foi de 120 animais por hora.

### **2.1.3 - Procedimento após o abate**

As meias-carcaças permaneceram em câmara de resfriamento por 24 horas, onde foram realizadas as colheitas de pH e de temperatura. Todas as carcaças com pH acima de 5,8 não foram utilizadas para colheita das amostras.

Após 24 horas de resfriamento, as carcaças foram retiradas da câmara fria. O contrafilé foi desossado e cortado em bifés transversais de 2,5 cm de largura a partir da 9ª costela, o que corresponde ao contrafilé sem a porção filé de costela.

Para cada animal foram retirados 5 bifés, sendo cada um identificado de acordo com o animal e o número de seqüência do bife (animal 1 bife 1, sendo identificado como 1.1), e assim sucessivamente.

Todas as amostras foram embaladas à vácuo, na sala de desossa da indústria e acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reciclável e transportadas ao Laboratório de Tecnologia de Carnes do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu, onde permaneceram sob refrigeração (0 a 1°C), até o momento das respectivas análises.

Cada corte corresponde a uma análise e o esquema utilizado nas colheitas para identificação das amostras, análises e períodos de maturação foi:

Bifes	1	2	3	4	5
VÉRTEBRA	9 <sup>a</sup> T*	10 <sup>a</sup> T	11 <sup>a</sup> T	12 <sup>a</sup> T	13 <sup>a</sup> T

\* T vértebra torácica

- Bife 1 - Amostra para avaliação microbiana na chegada ao laboratório.
- Bife 2 - Maturação da amostra por 7 dias e avaliação microbiana.
- Bife 3 - Maturação da amostra por 14 dias e avaliação microbiana.
- Bife 4 - Maturação da amostra por 21 dias e avaliação microbiana.
- Bife 5 - Maturação da amostra por 28 dias e avaliação microbiana.

#### 2.1.4 – Avaliação microbiana

As avaliações microbianas realizadas foram:

- *Contagem total de bactérias*: empregado o agar padrão ("PCA - plate count agar") para contagem total, com incubação a 32°C por 48 horas, conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2001).
- *Contagem de Enterobacteriaceae*: empregado o agar cristal violeta bÍlis dextrose ("VRBD - violet red bile dextrose agar") para contagem de *Enterobacteriaceae*, com incubação a 37°C por 48 horas, conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2001).
- *Contagem de psicrotróficos*: empregado o agar padrão ("PCA - plate count agar") para contagem de psicrotróficos, com incubação a 7°C por 10 dias, conforme AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2001).

## 2.2 - Avaliação microbiana da superfície da carcaça

### 2.2.1 - Animais

Para as avaliações microbianas de superfície foram utilizados 20 bovinos sãos, castrados, da raça Nelore, divididos em três colheitas, a primeira e a segunda com 6 animais cada colheita, sendo 3 animais estimulados

eletricamente e 3 animais não estimulados para cada tratamento. Na terceira colheita foram utilizados 8 animais, sendo 4 animais estimulados eletricamente e 4 animais não estimulados para cada tratamento.

As colheitas foram divididas em 2 etapas: a primeira foi realizada logo após a chegada das carcaças na câmara de resfriamento nas meias-carcaças direitas, considerada como 0 hora e na segunda etapa foi realizado o mesmo procedimento às 24 horas, porém nas meias-carcaças esquerdas, para verificar a contaminação da carcaça como um todo.

Os animais utilizados foram selecionados com o mesmo critério da amostragem de avaliação microbiana, abatidos e estimulados como descrito no item 2.1.2..

### **2.2.2 – Avaliação microbiana**

Para esta amostragem foi empregada a técnica da zaragatoa (“swab”) com auxílio de molde de aço inoxidável estéril (2x5 cm) em 5 pontos da superfície sem gordura da carcaça, totalizando 50 cm<sup>2</sup>. Após a amostragem, as zaragatoas foram imersas em água peptonada tamponada, acondicionadas em caixas térmicas (5 a 10 °C) e transportadas ao laboratório onde foram realizadas as avaliações de contagem total de bactérias, contagem de *Enterobacteriaceae* e contagem de psicotróficos (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2001).

### **2.3 - Análise estatística**

Para avaliação microbiana da carne em função do tempo de maturação (2, 7, 14, 21 e 28 dias) utilizou-se o esquema de análise com parcela subdividida, considerando o tratamento (estimulação elétrica) como parcela e o tempo de maturação ou tempo *post-mortem* como sub-parcela. Foi utilizado o teste F para verificar a diferença entre os tempos e os tratamentos. O efeito de tratamento foi considerado alinhado aos tempos para verificar diferenças de tratamento para o tempo fixado. Em todas as variáveis foi



verificada a normalidade dos dados para a aplicação do teste F na análise de variância.

Para as comparações entre tratamentos, tempo e tratamentos com tempos fixado foi aplicado o teste t-Student obtido com o comando LSMEANS do PROC GLM do SAS V8.02 (SAS, 2001)

Para avaliação microbiana da superfície, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com esquema fatorial com dois tratamentos (EE e NE) e dois tempos avaliados (0 e 24 horas). Foi utilizado o teste de Tukey para comparação das médias (SAS, 2001).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Avaliação microbiana na carne

##### 3.1.1 - Contagem total de bactérias

Não houve efeito da estimulação elétrica ( $P>0,05$ ) para a média geral de contagem total de bactérias das amostras do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 1, Figura 1). Também não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (EE e NE) em cada tempo de maturação avaliado (2, 7, 14, 21 e 28 dias).

Tabela 1 - Média dos valores de contagem total (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	2,83A <sup>2</sup>	2,89AB	2,93AB	3,33B	3,31B	3,06
NE	2,86A	2,90A	3,19AB	3,52B	3,56B	3,20
Média	2,85A <sup>1</sup>	2,89A	3,06A	3,42B	3,43B	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação ( $P<0,05$ ); <sup>2</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação ( $P<0,05$ ).

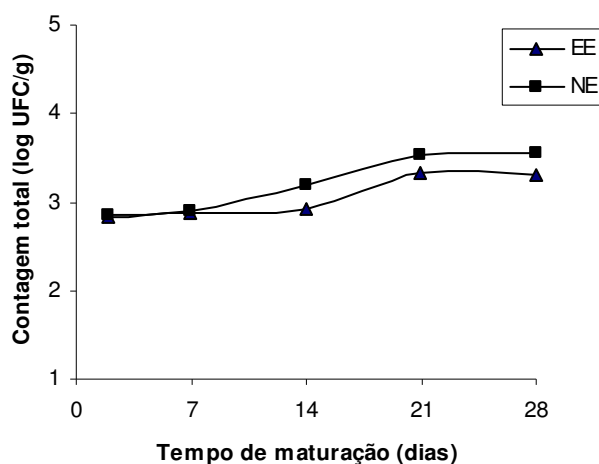


Figura 1 - Contagem total (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Quando avaliada a contagem total de bactérias em função do tempo de maturação, verifica-se similaridade entre os perfis das curvas de crescimento microbiano (Figura 1). O crescimento médio de microorganismos avaliado pela contagem total durante os 28 dias de maturação não atingiu um ciclo logarítmico com diferenças significativas no período de 14 a 21 dias (Tabela 1).

Apesar das carcaças no comércio poderem ser classificadas quanto ao aspecto higiênico sanitário, não há consenso entre os autores em relação aos níveis fixados. Segundo BOMAR (1985), a avaliação da contagem total da superfície pode ser classificada em três níveis: bom, até 6,7 log UFC/g ou  $3,5 \times 10^6$  UFC/g; tolerável, de 6,7 a 7,7 log UFC/g ou  $3,5 \times 10^6$  a  $3,5 \times 10^7$  UFC/g e impróprio, acima de 7,7 log UFC/g ou  $3,5 \times 10^7$  UFC/g. Por esta classificação, o músculo *Longissimus dorsi* encontrava-se em condições higiênicas adequadas. Porém, para NORTJÉ et al. (1989 a,b) uma contagem indicativa de boa higiene é de até 3,0 log UFC/g, acima da média obtida após 2 dias e pouco inferior à média da carne maturada com 28 dias.

Outra classificação foi adotada por ROÇA & SERRANO (1995). Para os autores a deterioração da carne tem seu início quando as contagens estão na faixa de 6,0 log UFC/g, com descoloração da superfície. Em 7,0 a 8,0 log UFC/g, surgem odores estranhos; entre 8,0 a 9,0 log UFC/g, ocorrem alterações indesejáveis de sabor; e aparecimento do limo superficial em contagens em torno de 9,0 log UFC/g. Por esta classificação o músculo analisado também estava em condições higiênicas adequadas para a comercialização.

### 3.1.2. Contagem de *Enterobacteriaceae*

No que se refere à contagem de *Enterobacteriaceae* não houve efeito significativo da estimulação elétrica e do tempo de maturação ( $P>0,05$ ) no músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 2, Figura 2).

As amostras apresentaram valores de contagem entre 1,00 e 2,03 log UFC/g, que são valores estimados.

Tabela 2 - Média dos valores de contagem de *Enterobacteriaceae* (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação<sup>1</sup>.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	1,00	1,00	1,65	1,92	2,03	1,52
NE	1,00	1,00	1,10	1,51	1,00	1,12
Média	1,00	1,00	1,37	1,71	1,51	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Todas as contagens de *Enterobacteriaceae* abaixo de 2,47 log UFC/g são estimadas.

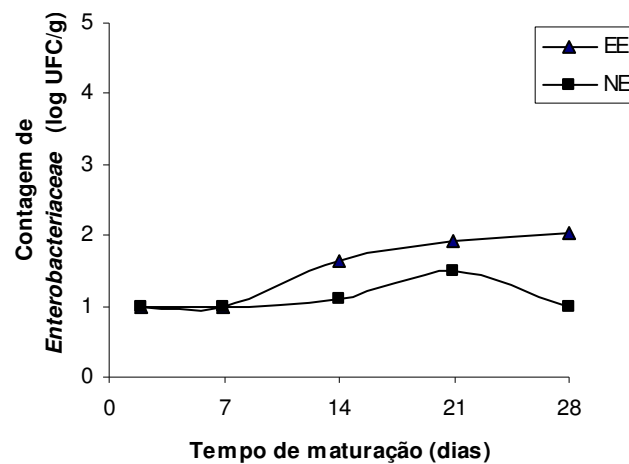


Figura 2 - Contagem de *Enterobacteriaceae* (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Valores semelhantes aos deste trabalho foram encontrados por MANÇO (2002) em amostras armazenadas por 28 dias (1,5 log UFC/g), indicando que as amostras encontravam-se em condições higiênicas adequadas para o consumo.

A baixa taxa de crescimento de bactérias do gênero *Enterobacteriaceae* observada ao longo do período de armazenamento é um indicativo de que os procedimentos higiênicos adotados ao longo das etapas de manipulação do produto foram adequados.

### 3.1.3. Contagem de psicotróficos

Os valores das contagens de psicotróficos da carne proveniente de carcaças estimuladas (EE) e não estimuladas (NE) durante 28 dias de maturação estão apresentadas na Tabela 3 e Figura 3. Observa-se diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (EE = 1,87; NE = 2,10). Essa diferença foi proporcionada principalmente pela significância dos resultados obtidos entre os tratamentos com 28 dias de maturação. Deve-se considerar na

análise dos dados que, pelo método analítico utilizado, todos os valores inferiores a 3,47 log UFC/g são estimados.

Tabela 3 - Média dos valores de contagem de psicotróficos (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação <sup>5</sup>.

Tratamento*	Tempo de maturação (dias)					Média
	2	7	14	21	28	
EE	1,07A <sup>3</sup> a <sup>4</sup>	1,40Aa	1,97Ba	2,09Ba	2,83Ca	1,87a <sup>2</sup>
NE	1,00Aa	1,43Aa	2,31Ba	2,40Ba	3,37Cb	2,10b
Média	1,03A <sup>1</sup>	1,42B	2,14C	2,24C	3,10D	

\* EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.

<sup>1</sup> Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos resultados em função do tempo de maturação (P<0,01); <sup>2</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média geral dos tratamentos (P<0,05); <sup>3</sup> letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média de cada tratamento em função do tempo de maturação (P<0,01) e; <sup>4</sup> letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre a média dos tratamentos em cada tempo de maturação (P<0,05).

<sup>5</sup> Todas as contagens de psicotróficos inferiores a 3,47 são estimadas.

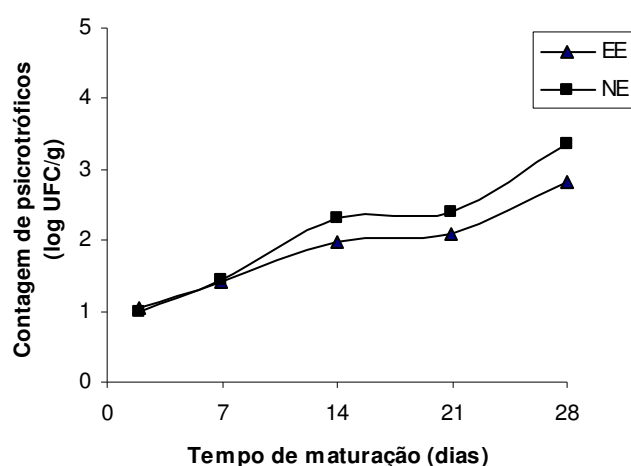


Figura 3 - Contagem de psicotróficos (log UFC/g) da carne proveniente de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, em função do tempo de maturação.

Quando analisado o efeito do tempo de maturação no crescimento de psicrotróficos observa-se que durante os 28 dias ocorreu variação constante correspondente a dois ciclos logarítmicos.

A legislação brasileira não prevê parâmetros para contagem de psicrotróficos, mas este resultado pode seguir a classificação de BOMAR (1985). Considerando os valores médios encontrados após 28 dias de maturação, para contagem de psicrotróficos, dos tratamentos EE (2,83 log UFC/g) e NE (3,37 log UFC/g) pode-se concluir que a carne encontra-se em condições higiênicas satisfatórias para o consumo.

### 3.2. Avaliação microbiana na superfície da carcaça

Na avaliação microbiana da superfície de carcaças estimuladas e não estimuladas observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos e entre os tempos de colheita ( $P > 0,05$ ) para contagem total de bactérias, psicrotróficos e *Enterobacteriaceae* (Tabela 4).

Tabela 4 - Avaliação microbiana da superfície (log UFC/cm<sup>2</sup>) de carcaças estimuladas e não estimuladas eletricamente, antes e após o resfriamento.

	Tratamentos*	Antes do resfriamento	Após o resfriamento	Média
Contagem total	EE	1,40	1,38	1,39
	NE	1,22	1,16	1,18
	Média	1,31	1,27	
Contagem de psicrotróficos**	EE	0,03	0,03	0,03
	NE	0,03	0,03	0,03
	Média	0,03	0,03	
Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i> **	EE	0,46	0,57	0,52
	NE	0,54	0,54	0,54
	Média	0,50	0,55	

EE = carcaças estimuladas eletricamente; NE = carcaças não estimuladas.  
\*\* contagens estimadas.

As contagens microbianas das carcaças, antes e após o período de resfriamento, apresentaram pouca variação. Este fato também foi verificado por NOTTINGHAM (1982), que observaram para contagem total de bactérias valores de 2,59 e 2,92 log UFC/cm<sup>2</sup>, antes e após a esfola.

O valor médio da contagem total de bactérias (1,31 log UFC/cm<sup>2</sup>) e contagem de psicrotróficos (0,03 log UFC/cm<sup>2</sup>), antes do resfriamento, foram similares aos encontrados por ROÇA (1993), com valores médios de 0,87 log UFC/cm<sup>2</sup> para contagem total e de 0,42 log UFC/cm<sup>2</sup> para psicrotróficos.

Como não houve diferença estatística dos tratamentos antes e após o resfriamento, os valores obtidos na avaliação microbiana de superfície podem ser considerados baixos, indicando boas condições higiênicas no trabalho com as carcaças, no matadouro-frigorífico que foi realizada a pesquisa.

#### **4 - CONCLUSÕES**

Nas avaliações microbianas da carne, carcaças estimuladas eletricamente não apresentam diferenças significativas para contagem total de bactérias e *Enterobacteriaceae*, quando comparadas com carcaças não estimuladas. Nas contagens de psicrotróficos as carcaças não estimuladas apresentam contagem superior, porém com valores dentro dos padrões adequados de higiene.

A estimulação elétrica não afetou o crescimento microbiano da superfície da carcaça, avaliado antes e após o resfriamento.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. DOWNES, F. P.; ITO, K.; (Ed.) In: **Compendium of methods for the examination of foods**. Washington: APHA, 2001. 600p.

BAWCOM, D.W., et al. Reduction of microorganisms on beef surfaces utilizing electricity. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 1, p. 35-38, 1995.

BOMAR, M.T. Rapid method for the determination of bacterial surface contamination in carcasses. **Alimenta**, v. 24, p. 55-57, 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária. **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. [on-line]. 2003. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/portal/page?\\_pageid=33,975865&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,975865&_dad=portal&_schema=PORTAL)> Acesso em: 09 de jan. 2006.

CONTRERAS, C. J. C. Métodos para melhorar a qualidade microbiológica das carcaças e cortes cárneos. In: RICARDO GONÇALVES. (Org.) **Preservação e acondicionamento de carne bovina in natura**. CAMPINAS, 1988, v. 1, p. 09-26.

EDWARDS, D.S. High voltage electrical stimulation: its effect on microbial contamination of lamb carcasses in a commercial abattoir. **Meat Science**, v. 52, n. 3, p. 387 – 389, 1999.

LIN, C.K., et al. Effect of electrical stimulation on meat microflora: observations on age media, in suspensions and on beef carcasses. **Journal of Food Protection**, v. 47, n. 2, p. 279 - 283, 1984.

---

\* Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 22p.



MANÇO, M. C. W. **Efeito da idade de abate em parâmetros post-mortem e no armazenamento da carne de bovinos da raça Nelore**. Botucatu, 2002. 84 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista (UNESP).

NORTJÉ, et al. A microbiological survey of fresh meat in the supermarket trade. Part 1: Carcasses and contact surfaces. **Meat Science**, v. 25, n. 2, p.81 - 97, 1989a.

NORTJÉ, et al. A microbiological survey of fresh meat in the supermarket trade. Part 2: Beefretail cuts. **Meat Science**, v. 25, n. 2, p. 99 - 112, 1989b.

NOSKOWA, G.L. **Microbiologia de las carnes conservadas por el frio**. Zaragoza: Acribia, 1975, 111p.

NOTTINGHAM, P. M. Microbiology of carcass meats. In: BROWM, M.H. (Ed.) **Meat microbiology**. London: Applied Science, 1982, p. 13 - 66.

ROÇA, R. O. **Influência do banho de aspersão "ante-mortem" em parâmetros bioquímicos e microbianos da carne bovina**. Campinas, 1993. 185p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, FCA, UNESP, 2000. 201p.

ROÇA, R.O.; SERRANO, A.M. Abate de bovinos, alterações microbianas da carcaça. **Higiene Alimentar**, v. 9, n. 35, p. 8 - 13, 1995.

SAS **User's procedures guide**. Version 8.02., Cary, NC:SAS Institute, Inc, 2001.

SLAVICK, M.F., et al. Effect of electrical stimulation on bacterial contamination of chicken legs. **Journal of Food Protection**, v. 54, n. 5, p. 508 - 513, 1991.

## CAPÍTULO 5

### IMPLICAÇÕES

Muitas mudanças ocorreram nos últimos anos em relação à pecuária brasileira. Hoje há grande preocupação com a qualidade dos produtos produzidos pela indústria da carne.

A maciez é um atributo de grande importância para os consumidores e como verificado neste trabalho pode ser melhorada com a utilização da estimulação elétrica. Entretanto, com o reaparecimento de focos de febre aftosa em nosso país, a preocupação em relação à qualidade mudou.

Para que o Brasil possa se firmar como exportador de carne e alcançar o primeiro lugar em exportação, novas tecnologias precisam ser inseridas para contribuir no controle desta doença.

A estimulação elétrica proporciona resultados significativos na diminuição dos valores de pH, principalmente nas 4 primeiras horas *post-mortem*. Deste modo, pode ser considerada como ferramenta para auxiliar a “maturação sanitária” exigida pela União Européia.

## ANEXO I

*Post-mortem - câmara*– Dia \_\_\_\_\_ - horário \_\_\_\_\_

Grupos	Animal	pH-LD 2 hs.	T-LD 2 hs.	pH-TB 2 hs.	T-TB 2 hs.	pH-LD 4 hs.	T-LD 4 hs.	pH-TB 4 hs.	T-TB 4 hs.	pH-LD 6 hs.	T-LD 6 hs.	pH-TB 6 hs.	T-TB 6 hs.	pH-LD 24 hs.	T-LD 24 hs.	pH-TB 24 hs.	T-TB 24 hs.
Grupo I horário de chegada na câmara:	1																
	2																
	3																
	4																
	5																
temperatura umidade relativa																	
Grupo II horário de chegada na câmara:	6																
	7																
	8																
	9																
10																	
temperatura umidade relativa																	

## ANEXO II

<b>ANÁLISE SENSORIAL – carne bovina</b>		
NOME	Nº	DATA: ____/____/2005

Instruções:

- 1- Faça primeiro a avaliação do aroma, depois do sabor, textura sob luz vermelha.
- 2- Finalmente faça cor da carne crua sob luz branca.

## AROMA

<b>INTENSIDADE DO AROMA</b>		muito intenso e característico de carne bovina
amostra	sem aroma	
<u>4578</u>	_____	
<u>5687</u>	_____	

## AROMA ESTRANHO

1- nenhum	6- moderadamente forte
2- extremamente fraco	7- forte
3- muito fraco	8- muito forte
4- fraco	9- extremamente forte
5- moderadamente fraco	

amostras	4578	5687	
Valor			

## SABOR

SABOR		
amostra	muito ruim	muito bom
4578	_____	
5687	_____	

SABOR ESTRANHO			
1- nenhum		6- moderadamente forte	
2- extremamente fraco		7- forte	
3- muito fraco		8- muito forte	
4- fraco		9- extremamente forte	
5- moderadamente fraco			
amostras	4578	5687	
valor			

**TEXTURA****MACIEZ:** força requerida para romper os alimentos entre os dentes molares

1- extremamente macio (catupiri)	6- levemente dura
2- muito macia	7- moderadamente dura
3- moderadamente macia	8- muito dura
4- macia	9- extremamente dura (bala soft)
5- nem macia nem dura	

amostras	4578	5687	
valor			

**SUCULÊNCIA:** formação de suco ou umidade na boca durante a mastigação.

1- extremamente seco	6- levemente suculento
2- muito seco	7- moderadamente suculento
3- moderadamente seco	8- muito suculento
4- levemente seco	9- extremamente suculento
5- nem seco nem suculento	

amostras	4578	5687	
valor			

**MASTIGABILIDADE**

	elástica, borrachenta,	desintegra facilmente
amostra	difícil de deglutir	na boca, fácil de deglutir
<u>4578</u>	_____	_____
<u>5687</u>	_____	_____

**COR E APARÊNCIA**

<b>COR</b>		
	vermelho cereja brilhante	vermelho escuro
amostra 4578	_____	
5687	_____	