

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 15 (2)

February 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15220221502>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1502>



## Estudo da influência de diferentes pontos de estimulação elétrica de carcaças sobre a qualidade de carne de novilhas Nelore

### Study of the influence of different electrical stimulation points of carcasses on the meat quality of Nelore heifers

**Leonardo Virgílio Gregório Guimarães**

Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Sinop

**Rodolfo Cassimiro de Araújo Berber**

Universidade Federal de Rondonópolis

*Corresponding author*

**Paulo Sérgio Andrade Moreira**

Universidade Federal de Mato Grosso - Campus Sinop

[paulomoreira@ufmt.br](mailto:paulomoreira@ufmt.br)

**Resumo.** Com o objetivo de verificar a influência da estimulação elétrica em diferentes pontos na carcaça, foram avaliadas 60 novilhas da raça Nelore com idade até 24 meses provenientes de uma mesma fazenda de origem. Foram avaliadas características químicas (pH, temperatura) e físicas (coloração, maciez, perda por cocção) da carne. Os animais foram aleatoriamente divididos em 4 grupos experimentais: sem estimulação elétrica (NS), estimulação elétrica na região do costado (COS), estimulação elétrica no calcâneo (CAL) e estimulação elétrica dupla, nas regiões do calcâneo e costado (CC). Para as análises de desempenho e características físicas e químicas, foram utilizados três modelos estatísticos, sendo um para cada tipo de característica. Não houve diferença na queda de temperatura e pH entre os grupos experimentais até as 12 horas de resfriamento, e a partir das 18 horas todos os grupos experimentais se credenciaram para o valor recomendado como ótimo (pH<5,8). A queda temperatura não diferiu entre carcaças estimuladas e não estimuladas. Para maciez e perda por cocção, não houve interferência da estimulação, mas, observou-se que o tempo de resfriamento e maturação tecnológica interferiu de maneira significativa na maciez. Para coloração, foi observado o efeito da estimulação nos matizes "a" e "b" e nos tempos de maturação tecnológica para todos os matizes, sendo que para os matizes L e b, observou-se também o efeito do resfriamento. A estimulação elétrica, em geral, não melhorou as características físicas da carne (melhor maciez, menor perda por cocção); o que demonstra a necessidade de mais estudos para comprovar o local de estimulação que mais agrega na qualidade final da carne.

**Palavra-chave:** refrigeração, maciez, maturação, pH

**Abstract.** In order to verify the influence of electrical stimulation at different points on the carcass, 60 Nelore heifers aged up to 24 months from the same farm of origin were evaluated. The chemical characteristics (pH, temperature) and physical (color, softness, loss by cooking) of the meat were evaluated. The animals were randomly divided into 4 experimental groups: without electrical stimulation (NS), electrical stimulation in the lateral region (COS), electrical stimulation in the calcaneus (CAL) and double electric stimulation in the calcaneal and lateral regions. For the analysis of performance and physical and chemical characteristics, three statistical models were used, one for each type of characteristic. There was no difference in the temperature and pH drop between the experimental groups until the 12 hours of cooling, and after 18 hours all the experimental groups were accredited to the recommended value (pH <5.8). The temperature drop did

not differ between stimulated and non-stimulated carcasses. For softness and loss by cooking, there was no interference of the stimulation, but, it was observed that the cooling time and technological maturation significantly interfered in the softness. For coloring, the effect of the stimulation in the "a" and "b" shades and in the technological maturation times for all shades was observed, and for the shades L and b, the effect of the cooling was also observed. The electrical stimulation, in general, did not improve the physical characteristics of the meat (better softness, less loss by cooking); which demonstrates the need for more studies to prove the site of stimulation that most aggregates the final quality of the meat.

**Keywords:** cooling, softness, maturation, pH

## Introdução

O consumidor de carne brasileira está cada vez mais preocupado com saúde e segurança alimentar, além de boa aparência do produto e valor nutritivo. Portanto, a indústria precisa de novas pesquisas e técnicas para agregar valor ao produto e atender o nicho mais nobre do mercado. Para isso, há necessidade de carnes mais macias e com padronização de maciez. Neste aspecto, uma ferramenta vantajosa para melhorar as características de qualidade da carne é o uso da estimulação elétrica (EE).

A estimulação elétrica é uma prática na qual uma corrente elétrica é transmitida através das carcaças de animais recentemente abatidos, promovendo alterações nos processos bioquímicos e fisiológicos e, conseqüentemente, nas características de qualidade da carne. Entre seus principais efeitos estão o menor tempo de instalação do rigor mortis (LAWRIE, 2005), rápida queda de pH (HWANG et al, 2003) e aceleração da atividade proteolítica e conseqüentemente, melhora na maciez da carne.

Entretanto, os benefícios acrescidos pela estimulação elétrica ainda não estão totalmente esclarecidos, estudos apresentados em revisão sobre o assunto (ADEYEMI & SAZILI, 2014) demonstram controvérsias entre os pesquisadores, alguns com resultados positivos (CETIN & TOPCU, 2009; NAZLI et al, 2010) outros com resultados negativos (HECTOR et al, 1992; SIMMONS et al, 2008). Isso pode ser, em parte, devido à variabilidade de técnicas experimentais utilizadas e outras fontes desconhecidas (HWANG et al, 2003; CARDOSO, 2005).

Entre as variações da técnica estão sistemas de eletrodos, voltagem, amperagem e tempo post mortem, contudo, sem estudos aprofundados sobre o melhor local da carcaça para o uso da estimulação elétrica. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da estimulação elétrica após a sangria, aplicada em diferentes pontos da carcaça de novilhas Nelore sobre as características químicas (pH e temperatura) e físicas (coloração, maciez e perda por cocção) de qualidade da carne.

## Material e métodos

O presente estudo foi realizado no município de Sinop, MT, com a utilização de 60 novilhas da raça Nelore, com idade até 24 meses, individualmente identificadas, e com peso corpóreo médio de 333,47±16,79 kg provenientes de uma

mesma propriedade de origem, onde os animais foram mantidos em piquetes, durante todo o período de recria e engorda, contendo *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, providos de comedouros coletivos para suplementação mineral e bebedouro artificial coletivo.

As novilhas, pertencentes ao mesmo lote, foram abatidas em um matadouro-frigorífico no mesmo município, seguindo recomendações de GRANDIN & JOHNSON (2011). No momento que antecedeu a insensibilização das novilhas, foi realizada a pesagem individual (Peso Corpóreo de Abate), em kg, com auxílio de uma balança digital (BECKHAUSER idBECK® 3.0 de 12 V. LINK, Paranavaí – PR, Brasil), sendo os animais distribuídos aleatoriamente em quatro grupos experimentais:

Não Estimulado (NS): 15 novilhas sem estimulação elétrica;

Costado (COS): 15 novilhas com estimulação elétrica na região do costado;

Calcâneo (CAL): 15 novilhas com estimulação elétrica alta (calcâneo);

Costado e Calcâneo (CC): 15 novilhas com estimulação elétrica na região do calcâneo e costado.

A insensibilização foi realizada através de pistola de pressão pneumática (Jarvis, modelo USSS-1 Serial 107218 Numero de Ordem 4744004, Campinas –SP, Brasil) e, em seguida, realizada a sangria conforme os procedimentos rotineiros do matadouro-frigorífico. Com a cabeça do animal posicionada adequadamente, realizou-se a sangria, seccionando os grandes vasos do pescoço (artéria aorta e veia cava anterior). Logo após, as novilhas foram submetidas à estimulação elétrica, de acordo com os grupos experimentais acima: NS, COS, CAL e CC. Para os grupos COS, CAL e CC foi utilizado uma haste de metal que apresentava corrente elétrica de 200 V, acoplada ao estimulador elétrico (modelo ES-4 JARVIS, Campinas – SP, Brasil), com estimulação de 25 a 30 segundos, conforme preconizado por HARSHAM & DEATHERAGE (1951). Apenas para o CC, a carga de estimulação recebida pela carcaça foi distribuída em dois pontos, sendo que, para o primeiro ponto (calcâneo), a carcaça recebeu 100 V; e após 1 minuto sem estimulação, a carcaça recebeu novamente 100 V, porém, no segundo ponto (costado).

Para a conformação da carcaça (CONF) foi avaliada a cobertura muscular do traseiro, sendo atribuídos os escores de 1 a 5: côncavo (1), sub-

retilíneo (2), retilíneo (3), sub-convexo (4) e convexo (5). Na avaliação de acabamento (ACAB) foi estimada visualmente a quantidade de gordura de cobertura na carcaça: entre 5ª e 6ª costelas (porque é a divisão entre o anterior e o posterior), entre 9ª e 10ª costelas e 12ª e 13ª costelas (Musculus longissimus thoracis), pernil e braço, e também foram atribuídos escores de 1 a 5: ausência total de gordura ou magra (1), gordura escassa com 1 a 3 mm (2), gordura mediana com 3 a 6 mm (3), gordura uniforme com 6 a 10 mm (4) e gordura excessiva com mais 10 mm (5) (BRASIL, 2004).

Para a determinação do rendimento de carcaça quente (RCQ), utilizou-se o peso de carcaça quente (PCQ) obtido imediatamente antes da entrada da carcaça na câmara fria, dividido pelo peso corpóreo de abate, que foi aferido antes da insensibilização do animal (PCA):

$$RCQ(\%) = PCQ/PCA \times 100$$

Na avaliação do pH e temperatura da carcaça, as medidas foram aferidas a cada 2 horas na região do Musculus longissimus thoracis, entre a 12ª e 13ª costelas em cada carcaça na câmara fria, durante um período de até 48 horas, por meio de um peagâmetro-termômetro digital portátil (SERTON® modelo 1001), com o sensor "Ion Sensitive Field Effect Transistor" (ISFET), dotado de eletrodo de inserção, com resolução de 0,01 unidade. Para as análises de temperatura, foram excluídos os animais "Out lines".

Para as características físicas da carne foram escolhidos aleatoriamente 28 animais sendo 7 carcaças por grupo experimental. As carcaças destes animais foram divididas em duas meias carcaças e avaliadas de acordo com o tempo de maturação sanitária na câmara fria do frigorífico (meia carcaça por 24 h e meia carcaça por 48 h), e na desossa foram coletadas 03 amostras entre 25 a 30 mm de espessura, acondicionadas e identificadas para posterior maturação tecnológica de 0, 7 ou 14 dias.

Para cada período de maturação tecnológica, foram realizadas análises laboratoriais referentes a qualidade da carne em duplicata. Foram retiradas amostras de carne entre a 12ª e 13ª costelas, região do contrafilé (Musculus longissimus thoracis). As amostras foram então embaladas a vácuo, sendo uma amostra imediatamente levada ao laboratório para análise e outra congelada em freezer (-18°C), para contra-prova. As análises referentes às características físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia da Carne da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop.

Na aferição da coloração, as amostras foram previamente retiradas das embalagens e expostas ao ambiente durante 30 minutos para oxigenação das mesmas. Esta aferição foi realizada utilizando-se colorímetro Minolta Modelo CR-410, em que os parâmetros avaliados foram L\*, a\* e b\* do sistema CIElab onde L\* representa a luminosidade, a\* intensidade de vermelho e b\* intensidade do amarelo. Foram tomadas três

medidas em pontos distintos por amostra, sendo obtidas as médias individuais dos valores.

Para análise de perdas por cocção, as amostras de carne, que já haviam sido pesadas previamente, foram inseridas com um termômetro digital tipo espeto da marca Asko e estas foram submetidas à cocção em grill elétrico, até atingirem a temperatura de 40° C, quando foram invertidas. Quando as mesmas atingiram a temperatura de 71° C foram retiradas. Foram então mensuradas as perdas por cocção, em porcentagem, como proposto por WHEELER et al (1997), pela relação da diferença do peso inicial e final.

Na determinação da força de cisalhamento, as amostras após a cocção, foram embaladas com papel filme e armazenadas sob refrigeração a 5°C durante 24 horas. Após o período de refrigeração, foi realizada a retirada de 10 cilindros de carne por amostra, com 12 mm de diâmetro, utilizando uma furadeira de bancada, no intuito de garantir confiabilidade e precisão aos resultados. Os cilindros foram utilizados para a análise da maciez, através do texturômetro mecânico TA XT-Plus Texture Analyser 2i, marca Stable Micro System (UK), munido com acessório de Warner-Bratzler, capacidade de 25 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto, onde obteve-se o valor da força de cisalhamento das amostras, segundo metodologia proposta por WHEELER et al (1990).

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, considerando as carcaças submetidas a ação dos diferentes pontos de estimulação elétrica, sendo considerado esquema fatorial 4x2x3. Para análise dos dados foi utilizada Análise de Variância (ANOVA), em PROC GLM do SAS versão 9.0., considerando nível de 5% de significância. Os modelos estatísticos utilizados foram:

Na análise estatística do peso corpóreo de abate, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça quente, acabamento e conformação adotou-se o Modelo Estatístico I.

Modelo Estatístico I:

$$Y_{ij} = u + E_i + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = Valor observado no animal ij

u = Média geral

$E_i$  = Ponto estimulação elétrica (i= 1,2,3,4)

$e_{ij}$  = erro associado à observação ij

Para análise de temperatura e pH das carcaças ao longo do tempo de maturação sanitária ao longo de 48 horas, adotou-se o Modelo Estatístico II:

Modelo Estatístico II:

$$Y_{ijk} = u + E_i + T_j + ET_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  = Valor observado no animal ijk

u = Média geral

$E_i$  = Ponto estimulação elétrica (i= 1,2,3,4)

T<sub>j</sub> = Tempo (horas) de maturação sanitária (j= 0,2,6,12,18,24,30,36,48)  
 ET<sub>ij</sub>= Interação entre estimulação elétrica e tempo de maturação  
 e<sub>ijk</sub> = erro associado à observação ijk

ETM<sub>ijk</sub>= Interação entre estimulação elétrica i, tempo de maturação sanitária j e maturação tecnológica k  
 e<sub>ijkl</sub> = erro associado à observação ijkl

Para análise das características físicas da carne, adotou-se o Modelo Estatístico III:

Modelo Estatístico III:

$$Y_{ijkl} = u + E_i + T_j + M_k + ET_{ij} + EM_{ik} + TM_{jk} + ETM_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y<sub>ijkl</sub> = Valor observado no animal ijk  
 u = Média geral  
 E<sub>i</sub> = Ponto estimulação elétrica (i= 1,2,3,4)  
 T<sub>j</sub> = Tempo (horas) de maturação sanitária (j= 0,2,6,12,18,24,30,36,48)  
 M<sub>k</sub>= Maturação tecnológica em dias (k= 0,7,14)  
 ET<sub>ij</sub>= Interação entre estimulação elétrica i e tempo de maturação sanitária j  
 TM<sub>jk</sub>= Interação entre tempo de maturação sanitária j e maturação tecnológica k

Quando a ANOVA apresentava valores de P menores que 5%, as comparações entre as médias dos tratamentos foram realizadas com a utilização do teste de Tukey pelo SAS versão 9.0, considerando nível de 5% de significância para comparação entre as médias.

**Resultados e discussão**

As características de carcaça dos animais utilizados no experimento são apresentadas na Tabela 1. Observa-se que não houve diferença (p>0,05) para as características de peso pré-abate, peso carcaça quente, rendimento de carcaça, conformação e acabamento. A similaridade entre os grupos experimentais possibilitou avaliar as características de acordo com os pontos de estimulação, sem a influência das características dos animais.

**Tabela 1.** Características de carcaça relacionadas ao peso corpóreo de abate (PCA), peso de carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça quente (RCQ), acabamento (ACAB) e conformação (CONF) de novilhas Nelore submetidas a diferentes pontos de estimulação elétrica

Característica	NS (Média ± SD)	COS (Média ± SD)	CAL (Média ± SD)	CC (Média ± SD)	P-valor
PCA (Kg)	330,1 ± 9,6	337,8 ± 19,9	338,4 ± 21,1	327,6 ± 12,54	0,19
PCQ (Kg)	178,5 ± 5,2	186,3 ± 16,7	185,9 ± 14,5	179,0 ± 11,9	0,19
RCQ (%)	54,1 ± 1,9	54,9 ± 2,0	55,1 ± 2,6	54,7 ± 3,4	0,49
CONF	3,3 ± 0,5	3,3 ± 0,4	3,3 ± 0,4	3,3 ± 0,5	0,96
ACAB	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,1 ± 0,2	0,99

NS: Não estimulados eletricamente. COS: Estimulados eletricamente no costado, CAL: Estimulados eletricamente no calcâneo, CC: Estimulados eletricamente no calcâneo e costado.

Os animais atenderam as exigências mínimas estabelecidas pelos programas de qualidade de carne existentes no mercado brasileiro, em consonância com o pré-estabelecido pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2004), onde os animais apresentaram peso médio para o abate de 330 Kg, rendimento de carcaça médio de 55%, e peso de carcaça quente de 180 Kg. As carcaças atenderam também as exigências em relação a conformação (3,3 em média) e acabamento médio de 3 mm.

Corroborando com esses dados, GEESINK et al., (2001) utilizaram machos castrados alimentados a pasto e avaliaram o efeito do tempo de transporte e de descanso na qualidade de carnes eletricamente estimuladas e FERREIRA et al., (2006) estudaram o efeito da estimulação elétrica de baixa e alta tensão na qualidade da carne, nestes dois trabalhos houve a padronização dos animais estudados (classe sexual, idade, manejo alimentar), pois possibilita a comparação das características relacionadas à qualidade da carne.

Na Tabela 2, encontra-se o comportamento da queda do pH ao longo das 48 horas de resfriamento; observa-se que houve diferença entre os tempos de resfriamento com 12, 24, 30 e 48 horas de maturação sanitária, contudo todas as

carcaças apresentaram pH dentro da média recomendada a comercialização e exportação, respeitando os critérios preconizados pelos órgãos reguladores, ou seja, pH inferior a 5,8 (ROÇA, 2001), após 18 horas de maturação sanitária.

Os pH das amostras analisadas variaram entre 5,26 e 5,60 encontrando-se dentro dos limites permitidos pela legislação vigente para carne in natura (BRASIL, 1981). O pH tem um papel determinante na qualidade da carne, pois influencia muitas outras características, como a cor, capacidade de retenção de água, textura, suculência e estabilidade microbiológica (PARDI et al.,2001).

Esses resultados discordam dos apresentados por KASTNER et al (1993), que avaliaram o impacto de diferentes parâmetros de estimulação elétrica nos padrões de declínio do pH no pós-morte do músculo longissimus thoracis e lumborum, onde o declínio do pH pós-morte sofre a influência de diferentes formas de EE, portanto, podem afetar a qualidade do produto e os protocolos de fabricação e refrigeração adotados no processamento de carne fresca. Contudo esses estudos não encontraram diferenças no declínio do pH até 24 horas post mortem entre dois tratamentos de alta voltagem.

**Tabela 2.** Valores de pH médio das carcaças ao longo do período de 48 horas de maturação sanitária de novilhas Nelore submetidas a diferentes pontos de estimulação elétrica

Tempo (horas)	NS (Média ± DP)	COS (Média ± DP)	CAL (Média ± DP)	CC (Média ± DP)	P-valor
0	6,80±0,1	6,74±0,1	6,71±0,2	6,80±0,2	0,433
2	6,60±0,2	6,46±0,3	6,40±0,3	6,53±0,3	0,247
6	6,29±0,2	6,16±0,3	6,11±0,3	6,11±0,3	0,341
12	5,93±0,2 <sup>a</sup>	5,85±0,2 <sup>ab</sup>	5,71±0,1 <sup>b</sup>	5,87±0,2 <sup>ab</sup>	0,009
18	5,65±0,1	5,69±0,2	5,60±0,1	5,68±0,2	0,470
24	5,66±0,1 <sup>ab</sup>	5,67±0,1 <sup>a</sup>	5,58±0,1 <sup>c</sup>	5,59±0,1 <sup>bc</sup>	0,018
30	5,55±0,1 <sup>ab</sup>	5,60±0,1 <sup>a</sup>	5,53±0,1 <sup>ab</sup>	5,46±0,1 <sup>b</sup>	0,014
48	5,58±0,1 <sup>a</sup>	5,61±0,1 <sup>a</sup>	5,52±0,1 <sup>a</sup>	5,26±0,2 <sup>b</sup>	<0,001

NS: Não estimulados eletricamente. COS: Estimulados eletricamente no costado, CAL: Estimulados eletricamente no calcâneo. CC: Estimulados eletricamente no calcâneo e costado. Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença ao nível de 5% no teste Tukey.

LI et al, 2010, avaliando os efeitos da estimulação elétrica de baixa tensão nas características de qualidade das carcaças de bovino, como taxa de declínio do pH e temperatura, observaram que o uso da baixa tensão acelerou a taxa de declínio do pH da carcaça ( $P < 0,05$ ), os resultados encontrados neste trabalho discordam dos encontrados por esses autores.

Ao analisar a maturação sanitária, no tempo de 48 horas de resfriamento, as carcaças CC obtiveram média inferior a todos os demais grupos ( $P < 0,01$ ). Isto pode ter ocorrido devido à estimulação elétrica ter sido realizada em dois diferentes locais na carcaça, o que favoreceu maior atividade glicolítica ao final do resfriamento. BONFIM, (2004) informa que a estimulação elétrica reduz o período de desenvolvimento do rigor mortis de 24 para 5 horas, o que permite que a rigidez ocorra enquanto a carcaça ainda está quente, eliminando, assim, a possibilidade da ocorrência de cold shortening.

A estimulação elétrica provoca a fragmentação física das miofibrilas e fibras musculares e leva à liberação de enzimas 33 proteolíticas, podendo aumentar a ternura da carne em até 35%. Para que seja efetivo, deve ser realizado no máximo 50 minutos após o abate. (MEAT TECHNOLOGY UPDATE, 2011) O estabelecimento do rigor mortis pode ser acelerado através na estimulação elétrica pela diminuição da glicólise e da formação de ácido no músculo. Desta forma, o pH cai mais rapidamente quando as carcaças são estimuladas eletricamente do que em carcaças sem qualquer estimulação (MEAT TECHNOLOGY UPDATE, 2011), resultado que discorda dos apresentados neste trabalho.

Para MEAT TECHNOLOGY UPDATE (2006) o valor final do pH é medido quando os músculos atingem o rigor mortis ou depois da instalação deste, tendo a capacidade de influenciar a dureza, cor, odor e ainda a durabilidade do produto. Em condições normais o pH atinge valores entre 5,4 a 5,8.

Quando a carne apresenta um pH acima deste intervalo, a firmeza da carne aumenta, a cor da carne torna-se mais escura e consequentemente

menos apelativa. O valor do pH, decresce nas horas seguintes ao abate, atingindo valores próximos de 7,0 para 6,4 a 6,8 (após 5 horas) e 5,5 a 5,8 (às 24 horas) atingindo assim o pH desejável da carne de bovinos (LUDTKE et al, 2012). Para SILVA et al. (1999) o pH final pode ser medido às 28 horas, atingindo valores de 5,5 a 5,8. Já em KING et al. (2006) verificou-se que o valor do pH apenas estabilizou às 40 horas. Nas medições efetuadas observou-se que o valor mínimo do pH era registrado às 7 horas após o abate, sendo que, nas horas seguintes e até às 48 horas o mesmo voltava a aumentar.

Quanto à temperatura, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os grupos ao longo das 48 horas de maturação sanitária, conforme Tabela 3. Esses resultados concordam com KOH et al (1987), que trabalhando com carcaças de Hereford e cruzados Angus-Hereford, estimularam com 50 ou 500 V e foram expostas a três temperaturas de resfriamento durante as primeiras 3 a 9 horas após a morte, contudo não houve diferença entre os tratamentos que receberam EE.

Estes resultados concordam com os resultados encontrados por ELGASIM et al, (1981), que não encontraram diferença na temperatura do músculo Longissimus Dorsi, em carcaças com a estimulação elétrica.

Neste ponto é importante compreender a influência da temperatura (T °C) de resfriamento. Se a carcaça é resfriada muito rapidamente, a ponto de atingir valor abaixo de 10° C, antes do pH ficar abaixo de 6,0, ou seja, antes da instalação do rigor mortis estar completa, ocorre maior encurtamento das fibras musculares, diminuindo o tamanho do sarcômero e provavelmente prejudicando a maciez e a capacidade de retenção de água (GEESINK et al., 2001).

O resfriamento rápido das carcaças é desejável para se ter redução de perdas de peso, da desnaturação de proteínas e de proliferação de microrganismos, e maior oxigenação da mioglobina da superfície dos músculos, conferindo-lhes a cor vermelho vivo (FELÍCIO, 1997).

LI et al. (2006) encontraram correlação logarítmica entre pH e temperatura no músculo

Longissimus dorsi ao compararem animais eletricamente estimulados (com baixa e alta voltagem) e não estimulados e confirmaram que o declínio de pH das carcaças depende da variação da temperatura da carcaça. Portanto, as carcaças com rápido resfriamento apresentaram maior variação na queda do pH em relação às resfriadas de forma convencional.

BRIDI (2015), comentou que o aspeto mais importante no resfriamento das carcaças é a velocidade, isto é, o tempo necessário para baixar a temperatura dos músculos, pois ela influencia as propriedades pH do músculo. Quando a carcaça com pouco acabamento de gordura é exposta a temperaturas entre 0 e 15°C, antes que ocorra o rigor mortis, pode ocorrer o cold shorting ou encurtamento pelo frio. Este fenômeno consiste no encurtamento dos sarcômeros pela ação do frio, afetando negativamente a ternura.

Segundo MEAT TECHNOLOGY UPDATE (2011) o processo de resfriamento após o abate é uma fase crítica na produção de carne com qualidade e segura para consumo. De uma perspectiva de durabilidade e de segurança alimentar as carcaças deverão ser resfriadas o mais rapidamente possível, no entanto, de uma perspectiva da qualidade para consumo, o resfriamento rápido causa cold shortening, ou encurtamento pelo frio. Este é um fenômeno conhecido e muito importante que influencia a

dureza da carne de animais jovens, onde o efeito do tecido conjuntivo é menor.

Este fenômeno ocorre quando a temperatura da carne desce abaixo do 10°C, enquanto o pH se encontra acima de 6.0 (seis). SAVELL (2012), em condições normais, o valor do pH vai baixar de 7,0 até aproximadamente 5,6. Este declínio ocorre como resultado da necessidade do músculo de regenerar ATP, através do uso de glicogênio, e como consequência ocorre um aumento de ácido láctico.

O tempo que decorre até que o pH estabilize após o abate, é extremamente influenciado pelas condições de resfriamento, (lento - decréscimo rápido do pH; rápido - decréscimo lento do pH) e ainda pela estimulação elétrica (decrécimo mais rápido do pH em carcaças expostas à estimulação elétrica, contudo conforme demonstrado na tabela 3, não houve diferença entre os grupos com ou sem EE).

Os dados das características físicas de maciez e sua interação com o tempo de resfriamento e maturação tecnológica, estão apresentadas nas Tabela 4. Observa-se que houve diferença ( $p < 0,05$ ) entre as amostras que foram resfriadas por 24 e 48 horas (0,534), denotando uma maior maciez para as amostras de carne com 48 horas de resfriamento, independente do tratamento utilizado (EE).

**Tabela 3.** Valores médios de temperatura da carcaça e desvio padrão ao longo do período de 48 horas de maturação sanitária de novilhas Nelore submetidas a diferentes pontos de estimulação elétrica.

Tempo (horas)	NS (Média ± DP)	COS (Média ± DP)	CAL (Média ± DP)	CC (Média ± DP)	P-valor
0	36,93±1,4	37,07±1,6	36,96±0,9	36,92±0,8	-
2	17,60±1,4	18,70±1,7	18,42±1,7	18,60±1,3	0,208
6	7,64±0,5	8,30±1,1	7,68±0,9	7,88±0,8	0,076
12	7,66±0,3	7,85±0,4	7,60±0,3	7,70±0,3	0,829
18	5,15±0,3	5,31±0,6	4,97±0,3	4,91±0,3	0,471
24	3,56±0,3	3,35±0,2	3,50±0,3	3,25±0,1	0,676
30	3,17±0,3	2,97±0,3	2,89±0,1	2,90±0,2	0,739
48	3,63±0,2	3,39±0,1	3,83±0,3	3,59±0,2	0,388

NS: Não estimulados eletricamente. COS: Estimulados eletricamente no costado, CAL: Estimulados eletricamente no calcâneo. CC: Estimulados eletricamente no calcâneo e costado.

**Tabela 4.** Média e Desvio-Padrão da característica de maciez em diferentes tempos de resfriamento e maturação tecnológica de novilhas Nelore submetidas a diferentes pontos de estimulação elétrica.

Fonte de Variação	Média ± Desvio-Padrão
Resfriamento	
24 horas	4,739 ± 0,876 <sup>a</sup>
48 horas	4,205 ± 1,149 <sup>b</sup>
Maturação	
0 dias	5,066 ± 0,918 <sup>a</sup>
7 dias	4,450 ± 0,845 <sup>b</sup>
14 dias	3,899 ± 1,056 <sup>c</sup>

Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença ao nível de 5% no teste Tukey.

Os valores médios de maciez estão na faixa aceitável de maciez, inferior a 5 kgf quando comparados ao tempo de maturação sanitária. A carne dos animais com 48 horas apresentou maior maciez ou menor força de cisalhamento ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais com 24 horas de resfriamento.

Quando avaliamos a maciez da carne de acordo com o tempo de maturação tecnológica, observa-se que houve aumento da maciez da carne ( $P < 0,05$ ) conforme aumenta o tempo de procedimento, sendo 5,06; 4,45 e 3,89 respectivamente para 0, 7 e 14 dias de maturação.

O processo de maturação afeta diretamente a maciez da carne e caracteriza decréscimo significativo nos valores por meio do processo de maturação (FRENCH et al., 2001; MONSÓN et al., 2004), portanto, é uma alternativa eficiente para a resolução das diferenças individuais na maciez e entre grupos genéticos e idades dos animais, promovendo um produto mais homogêneo para o consumidor e aumentando seu valor no mercado (MONSÓN et al., 2004).

KLONT et al. (2000) sugeriram que a maciez pode ser aumentada significativamente quando fatores ambientais são controlados como estresse, resfriamento, condições de cozimento, ou o próprio processo de maturação.

RUBENSAM E MONTEIRO (2000), relataram que as melhorias na qualidade final da carne são provocadas por atividades proteolíticas do músculo, especificamente  $\alpha$ -calpaínas, as quais melhoram sua eficiência quando se tem ótimas condições pré-abate e dentro da indústria, um controle da tecnologia do resfriamento da carcaça.

A maturação de 14 dias ofereceu um índice maior de maciez e de cor porque permitiu uma ação mais prolongada das proteases naturalmente presentes nas carnes (calpaínas), levando à proteólise de algumas proteínas estruturais do sarcômero e aumento na luminosidade da carne pela queda do pH, confirmando o que foi preconizado por BRIDI & CONSTANTINO (2009).

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre perda por cocção, resfriamento das carcaças de 24 e 48 horas e o tempo de maturação tecnológica (0, 7 e 14 dias), e as médias e o desvio padrão são apresentadas na Tabela 5.

Os resultados encontrados neste trabalho, concordam com GONÇALVES et al. (2004) que também não encontraram diferenças no tempo de maturação sobre este parâmetro estudando a qualidade da carne ovina. Isto pode ser devido à homogeneidade da carcaça dos animais nos diferentes grupos, principalmente em relação ao pH e ao conteúdo de gordura, fatores importantes para este parâmetro, de acordo com os mesmos autores.

**Tabela 5.** Média e Desvio-Padrão de perda por cocção em diferentes tempos de resfriamento e maturação tecnológica de novilhas Nelore submetidas a diferentes pontos de estimulação elétrica.

Fonte de Variação	Média (%) $\pm$ Desvio-Padrão
<b>Resfriamento</b>	
24 horas	18,188 $\pm$ 3,816
48 horas	17,729 $\pm$ 4,363
<b>Maturação</b>	
0 dias	17,839 $\pm$ 3,668
7 dias	18,398 $\pm$ 4,148
14 dias	17,639 $\pm$ 4,459

Os resultados encontrados para perda por cocção com médias de 18,2% e 17,7 % para carne com 24 e 48 horas de resfriamento, respectivamente são valores inferiores ao determinado por MOURA, 1997, de 27,88%, para a carne de tourinhos Nelore, maturada por 7 dias. No entanto, FELÍCIO et al., 1997 relataram perdas totais de 25,18%, para a carne maturada por 7 dias, de novilhos zebu de 2,5 a 3 anos de idade. Há evidências na literatura de que a carne de tourinhos apresenta maiores médias de perdas totais do que a de novilhos, mas a média obtida neste trabalho é semelhante àquela relatada por OLIVEIRA, 1993; de 27,48%, para a carne de novilhos Nelore, maturada por 14 dias.

Na Tabela 6 observa-se o comportamento da coloração dos cortes cárneos, pelo método CIElab, conforme os pontos de estimulação elétrica ao longo dos períodos de resfriamento e maturação.

Em trabalho de revisão, MUCHENJEA et al. (2009) descreveram que, em bovinos, as médias de luminosidade variam entre 33,2 a 41,0, as médias de cor vermelha entre 11,1 a 23,6 e as médias de cor amarela, entre 6,1 a 11,3. Neste trabalho, as médias de  $L^*$  e  $a^*$  mantiveram-se dentro dos valores descritos por MUCHENJEA et al. (2009) e entre os limites de cor considerados normais para carne bovina descritos por ABULARACH et al. (1998); contudo, com matizes de  $b^*$  inferiores (amarelo) aos encontrados por MUCHENJEA et al. (2009), possivelmente por esses autores considerarem valores gerais para carne bovina, e as amostras utilizadas neste estudos trata-se de carne de novilha jovem que podem possuir menor teores de gordura intramuscular e assim propiciar uma carne menos amarelada.

Para coloração, foram observados efeitos dos pontos de estimulações elétricas adotadas para

as matizes a\* e b\*, sem efeito na luminosidade da carne (matiz L\*). Enquanto para os diferentes tempos de resfriamento influenciou a luminosidade e intensidade de amarelo, com a apresentação de uma carne mais clara para o resfriamento após 48 horas, com a possível explicação pela completa finalização do rigor mortis em 48 horas de resfriamento. A maturação tecnológica de 14 dias proporcionou os maiores índices luminosidade e de coloração vermelha e amarela, reforçando o

entendimento de que, mesmo que no processo de maturação tecnológica por 14 dias, a carne permanece em baixos teores de oxigênio, e a mioglobina em um estado de desoximioglobina, que após receber o oxigênio com a abertura da embalagem à vácuo, a desoximioglobina com ligação do O<sub>2</sub> ao Ferro, é capaz de ser convertida em oximetamioglobina e apresentar a coloração vermelho cereja brilhante da carne.

**Tabela 6.** Valores de coloração pelo método CIELAB em diferentes tempos de maturação sanitária e tecnológica de novilhas Nelore submetidas a diferentes pontos de estimulação elétrica.

	Grupo Experimental			
	NS	COS	CAL	CC
Cor L*	33,51 ± 2,01	34,29 ± 1,36	33,97 ± 1,48	33,54 ± 1,66
Cor a*	20,38 ± 1,70 <sup>a</sup>	19,12 ± 1,55 <sup>b</sup>	20,33 ± 1,77 <sup>a</sup>	19,48 ± 1,48 <sup>b</sup>
Cor b*	3,04 ± 1,89 <sup>ab</sup>	2,61 ± 1,56 <sup>b</sup>	3,28 ± 1,86 <sup>a</sup>	2,75 ± 1,70 <sup>b</sup>
Resfriamento				
	24		48	
Cor L*	33,48 ± 1,75 <sup>b</sup>		34,18 ± 1,51 <sup>a</sup>	
Cor a*	19,66 ± 1,81		19,99 ± 1,59	
Cor b*	2,72 ± 1,75 <sup>d</sup>		3,12 ± 1,76 <sup>a</sup>	
Maturação				
	0	7	14	
Cor L*	33,16 ± 1,64 <sup>b</sup>	33,55 ± 1,47 <sup>b</sup>	34,77 ± 1,46 <sup>a</sup>	
Cor a*	18,59 ± 1,08 <sup>c</sup>	19,89 ± 1,66 <sup>b</sup>	21,00 ± 1,38 <sup>a</sup>	
Cor b*	0,84 ± 0,56 <sup>c</sup>	3,59 ± 1,14 <sup>b</sup>	4,33 ± 0,95 <sup>a</sup>	

Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença ao nível de 5% no teste Tukey.

## Conclusão

A uso estimulação elétrica, independente do ponto de estimulação utilizado neste experimento não alterou a qualidade final da carne de novilhas Nelore.

## Referências

ABULARACH, M.L.S.; ROCHA, C.E.; FELÍCIO, P.E. Características de qualidade do contrafilé (m.L.dorsi) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, v.18, p.205-210, 1998.

ADEYEMI, K.D.; SAZILI, A.Q. Efficacy of carcass electrical stimulation in meat quality enhancement: a review. *Journal Animal Science*, v.27, n.3, p.447-456, 2014.

BRASIL, RIISPOA. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos produtos de Origem Animal. Ministério da Agricultura. Brasília-DF, 1981.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 9, de 4 de maio de 2004. Disponível em: [https://www.abiec.com.br/download/instrução\\_09.pdf](https://www.abiec.com.br/download/instrução_09.pdf). Acessado em: 08/10/2016.

BRIDI, A.M., CONSTANTINO, C. Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. In: Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia, Anais.Maringá, 2009.

BRIDI, A. M. & CONSTANTINO. C. (2015) Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. Acedido em 01/05/2015, disponível em: <http://www.uel.br/grupopesquisa/gpac/pages/arquivos/Qualidade%20e%20Avaliacao%20de%20Carcacas%20e%20Carnes%20Bovinas.pdf>.

BONFIM, L.M. (2004). A estimulação elétrica de carcaças e seus efeitos sobre a qualidade da carne. Acedido em 30/08/2017, disponível em: <http://rehagro.com.br/>.

CARDOSO, S.; BERAQUET, N. J.; PINTO NETO, M. Low voltage electrical stimulation, hot boning and high temperature conditioning of longissimus lumborum muscle from Bos indicus: Drip and cooking loss, water holding capacity and colour. 50th International Congress Of Meat Science And Technology, Helsinki, 2004.

CETIN, O. & TOPCU, T. 2009. Effects of electrical stimulation on meat quality in goat carcasses. *The Journal of Food, Agriculture and Environment*, p. 101-105, 2009.

FELICIO, P.E. de. Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina. In: A. M. Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). *Produção de Novilho de Corte*. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, v. Único, p.79-97. 1997.

FRENCH, P.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J. et al. The eating quality of meat of steers fed grass

- and/or concentrates. *Meat Science*, v.57, p.379-386, 2001.
- GONÇALVES, L.A.G.; ZAPATA, J.F.F.; RODRIGUES, M. do C. P.; BORGES, A.S. Efeitos do sexo e do tempo de maturação na qualidade de carne ovina. *Ciência Tecnologia Alimentos*. Campinas, vol. 24, p. 459-467, 2004.
- GRANDIN, T. JOHNSON, C. O Bem-estar dos Animais: Proposta de Uma Vida Melhor Para Todos. Rocco, 336 p. 2011.
- GEESINK, G. H., et al. Effect of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb m. longissimus. *Meat Science*, v. 57, p. 265 - 271, 2001.
- HARSHAM, A. & DEATHERAGE, C. 1951. Tenderization of meat. U.S. Patent 2544681.
- HWANG, I.H.; DEVINE, C.E.; HOPKINS, D.L. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. *Meat Science*, v.62, p.677-691, 2003.
- HECTOR, D. A.; BREW-GRAVES, C.; HASSEN, N e LEDWARD, D.A. Relationship between myosin denaturation and the colour of low-voltage-electrically-stimulated beef. *Meat Science*, v. 31, p.299-307, 1992.
- KASTNER, C.L.; SCHWENKE, J.R.; KENNEY, P.B.; CAMPBELL, R.E.; KENDALL, J.A.; MILLIKEN, G.A. Comparisons of the effect of electrical stimulation methods on post mortem pH decline in beef muscle. *Meat Science*, v. 35, p.183-190, 1993.
- KING, D.A., SCHUEHLE PFEIFFER, C.E., RANDEL, R.D., WELSH JR., T.H., OLIPHANT, R.A., BAIRD, B.E., CURLEY JR., K.O., VANN, R.C., HALE, D.S., SAVELL, J.W. (2006), Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle, *Meat Science*, 546–556.
- KOH, K.C.; BIDNER, T.D.; McMILLIN, K.W.; HILL, G.M. Effects of electrical stimulation and temperature on beef quality and tenderness. *Meat Science*, v. 21, p.189-201, 1987.
- KLONT, R.E.; BARNIER, V.M.H.; van DIJK, A. et al. Effects of rate pH fall, time of deboning, aging period, and their interaction on veal quality characteristics. *Journal of Animal Science*, v.78, p.1845-1851, 2000
- LAWRIE, R.A. *Ciência da carne*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 384p. 2005.
- LI, C.B.; CHEN, Y.J.; XU, X.L. et al. Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls. *Meat Science*, v.72, n.1, p.9-17, 2006.
- LUDTKE, C. B., CIOCCA, J. R. P., DANDIN, T., BARBALHO, P. C., VILELA, J. A. & FERRARINI, C. (2012), *Abate Humanitário de Bovinos*, WSPA Brasil – Sociedade Mundial de Proteção Animal, 148. 2012.
- MEAT TECHNOLOGY UPDATE (2011). Very fast chilling. CSIRO Food and Nutritional Sciences. Acedido em 31/05/2014, disponível em: [http://www.meatupdate.csiro.au/data/MEAT\\_TECHNOLOGY\\_UPDATE\\_11-4.pdf](http://www.meatupdate.csiro.au/data/MEAT_TECHNOLOGY_UPDATE_11-4.pdf).
- MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Science*, V.68, P.595-602, 2004.
- MOURA, A.C. Efeito da injeção pós-morte de cloreto de cálcio e tempo de maturação, no amaciamento e perdas por cozimento do músculo longissimus dorsi de animais bos indicus e bos taurus selecionados para ganho de peso. PIRACICABA SP, 1997. 78 P. Tese (Mestre Em Agronomia, Área De Concentração: Ciência Animal E Pastagens), Escola Superior "Luiz De Queiroz" Da Universidade Estadual De São Paulo.
- MUCHENJEA, V.; DZAMAC, B.K.; CHIMONYOA, M. ET AL. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. *Food chemistry*, V.112, P.279-289, 2009.
- NAZLI, B.; CETIN, O.; BINGOL, E.; KAHRAMAN, T; ERGUN, O. Effects of high voltage electrical stimulation on meat quality of beef carcasses. *Journal of Animal and Animal Veterinary Advances*, v.9, p.556-560, 2010.
- OLIVEIRA, A. L. de. Efeito do peso de abate nos rendimentos de carcaça e qualidade da carne de novilhas nelore e mestiços Canchim-Nelore. Campinas SP, 1993. 130p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. *Ciência, higiene e tecnologia da carne: Tecnologia da sua obtenção e transformação*. Goiania:UFG, 2001. Volume 1 – 623p.
- RUBENSAM, J. M.; MONTEIRO, E. Estudos sobre a maciez e atividade de calpastatina em carne bovina. Documento, Embrapa, Brasil, 2000.
- SAVELL, J.W. (2012). Beef Carcass Chilling: Current Understanding, Future Challenges. White paper Product Enhancement Research, National Cattlemen's Beef Association. Acedido em 29/09/2017, disponível em:

[http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/BeefCarcassChilling%20White%20P aper\\_final.pdf](http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/BeefCarcassChilling%20White%20P aper_final.pdf)

SILVA, J.A., PATARATA, L. & MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Science*, 453-459. 1999.

SIMMONS, N.; DALY, C.; CUMMINGS, T.; MORGAN, S.; JOHNSON, N; LOMBARD, A. Reassessing the principles of electrical stimulation. *Meat Science*, v.80, p.110-122, 2008.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SCHACKELFORD, S.D. Effect os Postmortem Injection time and Postmortem Aging time on Calcium-actived Tenderization Process in Beef. *Journal Animal Science*, v.75, p.2652-2660, 1997.  
WHEELER, T.L. et al. Effect of post mortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *Journal Animal Science*, v.68, p.3677-3683, 1990.