MATURAÇÃO DA CARNE DE BOVINOS RED NORTE E NELORE

PATRÍCIA LOPES ANDRADE

2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

PATRÍCIA LOPES ANDRADE

MATURAÇÃO DA CARNE DE BOVINOS RED NORTE E NELORE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação "Stricto Sensu" em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador
Profa. Dra. Maria Cristina Bressan
Co-orientador
Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA

Andrade, Patrícia Lopes.
Maturação da carne de bovinos Red Norte e Nelore / Patrícia Lopes Andrade. – Lavras :
UFLA, 2008.
52 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.
Orientador: Maria Cristina Bressan.
Bibliografia.

1. Cor. 2. Maciez. 3. Proteólise. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.92

PATRÍCIA LOPES ANDRADE

MATURAÇÃO DA CARNE DE BOVINOS RED NORTE E NELORE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência dos Alimentos, área de concentração Caracterização físico-química, bioquímica e microbiológica de produtos de origem animal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de novembro de 2008

Prof. Dr. Tarcísio Moraes Gonçalves UFLA
Prof. Dr. Márcio Machado Ladeira UFLA

Profa. Dra. Maria Cristina Bressan
UFLA
(Orientador)

Prof Eduardo Mendes Ramos
UFLA
(Co-orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICATÓRIA

Dedico meu noivo, Rodrigo, pelo apoio em todos os momentos, e aos meus pais, Luiz e Sônia, pois, sem eles, eu não teria conseguido.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força em todos os momentos e por ter colocado pessoas maravilhosas em minha vida.

Aos meus pais, Luiz e Sônia, pelo apoio incondicional.

Ao Rodrigo, meu amor, sempre presente, obrigada por tudo.

À Profa. Maria Cristina Bressan, pela confiança que sempre depositou em mim e pelas oportunidades que me ofereceu.

Ao Prof Eduardo Mendes Ramos, pela orientação em meu mestrado e em minhas aulas.

Aos estagiários César, Natália, Luisa e Thaís, obrigada pela força e amizade que me dedicaram.

Aos meus familiares, obrigado por estarem ao meu lado e pelas palavras de incentivo.

Aos amigos, que estiveram presentes nos maus momentos para me consolar, mas também nos bons momentos, para comemorarmos jutos nossas vitórias**.**

Ao Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, obrigada por estar sempre disposto a me ajudar.

Aos Professores do DCA, que foram muito importantes em todos os momentos do desenvolvimento de meu trabalho e na minha formação.

À Universidade Federal de Lavras, onde tive grandes oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

À Embrapa Pecuária Sudeste, na pessoa do Dr Rymer Ramiz, obrigada pela concessão de equipamentos e pelo grande apoio.

Ao Departamento de Zootecnia, pelo fornecimento dos animais, o que permitiu a realização deste experimento.

Ao frigorífico Frigominas, aos funcionários e a Fabrício Vilela Vilas Boas e Aureliano Chaves Correio Figueiredo, por colaborarem com nossa pesquisa.

À Capes, pela bolsa concedida.

A todos, muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO i
ABSTRACT ii
1 INTRODUÇÃO GERAL 1
2 REVISÃO DE LITERATURA 2
2.1 Os atributos de qualidade de carne e a maciez 2
2.1.1 Fatores *ante mortem* envolvidos com a maciez 2
2.1.2 Fatores *post mortem* envolvidos com a maciez 4
2.2 A transformação do músculo em carne e a maturação 6
2.3 A capacidade de retenção de água 7
2.4 Cor 8
2.5 Índice de fragmentação miofibrilar (IFM) 9
2.6 Força de cisalhamento (FC) 10
2.7 Considerações sobre as raças *Bos taurus*, *Bos indicus* e cruzamento 12
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15
ARTIGO:Qualidade da carne ao longo da maturação em bovinos Red Norte e Nelore 21
Resumo 22
Abstract 22
Introdução 23
Material e método 24
Resultados e discussão 30
Conclusões 41
Agradecimentos 42
Referências bibliográficas 42

RESUMO

ANDRADE, Patrícia Lopes. **Maturação da carne de bovinos Red Norte e Nelore.** 2008. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de avaliar a evolução das características de qualidade de carne durante a maturação, amostras do músculo *longissimus dorsi* de bovinos Nelore (N) (n=22) e Red Norte (RN) (n=22), machos inteiros, com 24 meses de idade, foram coletadas às 24 horas *post mortem*, mantidas à 2°C e analisadas às 24 horas, aos 7, 14 e 21 dias. Os animais foram terminados em confinamento (112 dias) com silagem de milho (50,0%) e concentrado (50%) *ad libitum*. As condições pré-abate e processos de abate foram conforme as normas oficiais brasileiras. As amostras de carnes de bovinos RN e N mostraram resultados semelhantes (P>0,05) de pH (24 horas), perda por cocção, umidade, proteína, gordura e cinzas. A coloração das carnes de animais RN e Nelore foram semelhantes ao longo da maturação. Entretanto, as maiores alterações na cor, durante a maturação, em ambos os grupos genéticos, aconteceram dos 7 aos 14 dias, para L*, a* e b*. A força de cisalhamento foi inferior (P<0,05) em RN, comparado a N, às 24 horas (4,44 e 5,36 kg), 7 dias (3,28 e 4,35 kg) e 14 dias (3,12 e 4,10 kg). Amostras de RN obtiveram, aos 7 dias de maturação, uma redução na força de cisalhamento de 26%, enquanto amostras de N mostraram reduções de 24% aos 14 dias. O índice de fragmentação miofibrilar foi superior (P<0,05) em RN do que N às 24 horas e 21 dias. Houve correlação entre força de cisalhamento e intensidade de vermelho às 24 horas (r=-0,56, P<0,01) e 7 dias (r=-0,41, P<0,01).

Palavras-chave: cor, maciez, proteólise.

Comitê de Orientação: Profa. Maria Cristina Bressan (Orientadora) – UFLA, Prof. Eduardo Mendes Ramos (Co-orientador) - UFLA

ABSTRACT

ANDRADE, Patrícia Lopes. **Meat quality during ageing in bovines Red Norte e Nelore.** 2008. 52 p. Dissertation (Master in Food Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

With the objective of evaluate the meat quality characteristics during ageing, samples of the *longissimus dorsi* of bulls Nelore-N (n=22) and Red Norte-RN (n=22), with 24 mouths of age, were collected ate 24 hours *post mortem*, storage at 2°C and analyzed at 24 hours, with 7, 14 and 21 days. The animals were confined (112 days) with corn silage (50,0%) and concentrate (50%) *ad libitum*. The animals were transported by 60 km and the conditions pre slaughter and process of slaughter were in accordance with the Brazilian official standards. The meat samples of bulls RN and N showed similar results (P>0.05) of pH (24 hours), cooking loss, humidity, protein, fat and ashes. In general, the meat color of RN and Nelore animals were similar during ageing. However, the highest change in color, during ageing, in booth genetic groups, happened between 7 and 14 days for L*, a* and b*. The shear force was significantly (P<0.05) lower to RN, compared to N at 24 hours (4.44 and 5.36 kg), 7 days (3.28 and 4.35 kg) and 14 days (3.12 e 4.10 kg), so that samples of RN obtained at 7 days of ageing a reduction in the shear force of 26%, while samples of N showed 24% of reduction at 14 days. The myofibrilar fragmentation index was significantly (P<0.05) higher to RN, than N at 24 hours and 21 days. There was correlation between shear force and intensity of red at 24 hours (r=-0.56, P<0.01) and 7 days (r=-0.41, P<0.01). The meat of RN and Nelore animals were similar at pH, humidity, protein, fat, ashes and color. But, Red Norte animals meat were more tender than Nelore meat.

Key words: color, tenderness, proteolysis.

Guidance Commitee: Maria Cristina Bressan (Adviser) – UFLA, Prof. Eduardo Mendes Ramos (Co-adviser) - UFLA.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aumento crescente do volume de exportação de carne brasileira exige dos frigoríficos o fornecimento de carnes e carcaças que apresentem certas características qualitativas (cor, maciez e suculência) e quantitativas (maior rendimento em cortes do traseiro, sem excesso de gordura). Isto faz com que os frigoríficos procurem, junto aos produtores, animais mais jovens, com bom acabamento e produtores de carne de qualidade.

A maciez é uma das mais importantes características sensoriais que os consumidores julgam na qualidade da carne e é influenciada por diversos fatores, como comprimento do sarcômero, tecido conjuntivo, pH final e proteólise durante a maturação.

Porém, a produção de carne brasileira é constituída, na sua maior parte, de animais de origem indiana (*Bos indicus*), que apresentam ótima adaptação às nossas condições climáticas, mas produzem carne menos macia do que raças européias (*Bos taurus*) que, por outro lado, não se desenvolvem bem sob as condições ambientais da pecuária brasileira.

Portanto, o uso de animais cruzados tem o objetivo de unir as características desejáveis em animais *Bos indicus* e *Bos taurus*, para viabilizar a produção brasileira em quantidade e qualidade de carne. Os animais Red Norte foram obtidos por meio do cruzamento de raças indianas e européias, formados, geralmente, com a seguinte composição: 3/8 britânico, 1/8 indiano e 1/8 continental.

Com isso, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a carne de animais Nelore e Red Norte, durante quatro tempos de maturação, para verificar os efeitos do cruzamento sobre a qualidade da carne, em especial a maciez.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Os atributos de qualidade de carne e a maciez

Os atributos de qualidade que contribuem para a decisão de compra de um determinado corte são a cor e a aparência, enquanto a maciez e o sabor determinam a aceitação final do produto. A impressão geral da maciez para o consumidor envolve três aspectos: facilidade de penetração dos dentes na carne, facilidade da carne em se fragmentar com a mastigação e quantidade de resíduos de carne após a mastigação (Lawrie, 2005).

A maciez em carnes bovinas é determinada por muitos fatores ligados ao genótipo, alimentação, idade, sexo, manejo de criação do animal, manejo pré-abate, operações de abate, desenvolvimento das reações bioquímicas *post mortem* e métodos de cocção (Purchas et al., 2002).

2.1.1 Fatores *ante mortem* envolvidos com a maciez

O estresse pré-abate é importante na determinação da qualidade da carne, pois ele influencia as reservas de glicogênio muscular, podendo alterar o pH final e determinar variações na coloração e na capacidade de retenção de água (Delgado et al., 2005; Warner et al., 2005). A resposta dos animais a agentes estressantes é variável e admite-se, geralmente, que os *Bos indicus* têm um temperamento sanguíneo que pode exacerbar a sua resposta a fatores de estresse e, conseqüentemente, reduzir as reservas de glicogênio, condicionando a qualidade da carne (Voisinet et al., 1997). Outros fatores estão associados com as reservas de glicogênio, como a dieta do sistema de terminação, as condições de transporte, o tempo de jejum pré-abate, etc.

O estresse induzido no período pré-abate poderá causar redução da maciez da carne. Na espécie bovina, Warner et al. (2005) mostraram que o uso de um estímulo elétrico por 15 minutos, para induzir estresse agudo pré-abate,

resultou em carne de contra-filé mais dura e, sobretudo, menos aceitável. O aumento na dureza com a indução de estresse foi independente da taxa de queda do pH muscular, declínio da temperatura, pH final, comprimento de sarcômero ou outros fatores avaliados. A presença de espécies reativas de oxigênio e NO produzidas durante o período pré-abate provocaram inibição das calpaínas e, portanto, aumento da dureza da carne.

A maciez pode ser avaliada de forma objetiva por corte transversal das fibras musculares. A resistência oferecida ao corte é, entre outros fatores, função da espessura do perimísio (tecido conectivo), que divide o músculo longitudinalmente em feixes de fibras (Oliveira, 2000). Embora o conteúdo de tecido conectivo nos músculos não varie consideravelmente entre animais da mesma idade, sexo e grupo genético, ocorre diminuição da solubilidade do colágeno com o avançar da idade. Animais inteiros tendem a apresentar menor quantidade de colágeno solúvel do que os castrados, o que justifica, em parte, a maior dureza da sua carne. No entanto, outros fatores, como maior cobertura de gordura nos animais castrados (com resfriamento mais lento das carcaças, que pode reduzir os efeitos negativos do resfriamento rápido), assim como o tipo de preparação culinária, acabam por exercer maior efeito sobre a maciez final das carnes do que a castração propriamente dita (Oliveira, 2000).

O conteúdo de colágeno insolúvel influencia diretamente a maciez da carne e, portanto, pode representar uma oportunidade para o melhoramento da palatabilidade da carne bovina. Riley et al. (2005) referem-se à possibilidade de identificar indivíduos com características de colágeno desejáveis ou carcaças com alto risco de baixa maciez, como formas de melhorar a maciez da carne em bovinos Brahman. No caso de existirem diferenças no conteúdo de colágeno e na sua solubilidade, e estas estarem associadas às diferenças genéticas na taxa de crescimento e maturação, abrem-se perspectivas de melhoramento genético da maciez por seleção.

A influência da idade ao abate na maciez da carne é bem conhecida, com dureza maior nos animais mais velhos. Bovinos nascidos na primavera, criados e terminados em pastagens mistas (*Lolium perenne* e *Trifolium repens*), produzem carne mais macia se forem abatidos aos 15 e aos 18 meses, do que bovinos da mesma população abatidos aos 24 a 28 meses de idade (Purchas et al., 2002). O tecido conectivo intramuscular (perimísio e endomísio), apesar de ser uma fração pequena na carne, determina grandes variações na maciez, em função do diâmetro das fibras de colágeno e da formação de *crosslinks* maduros. O aumento do diâmetro dessas fibras e a formação dos *crosslinks* maduros em bovinos ocorrem dos 400 aos 800 dias. Além disso, a expressão do tecido conectivo é muito variável e depende do grupo genético/raça, da nutrição e de exercícios praticados durante a vida (Purslow, 2005).

Sob condições naturais, a maioria dos ruminantes criados a pasto passa por variações no seu crescimento durante a vida, devido à influência das mudanças climáticas na quantidade e na qualidade das forragens disponíveis. Estudos têm mostrado que animais com crescimento rápido e terminados em confinamento apresentam maior maciez da carne. Contudo, em um estudo com animais recebendo diferentes tipos de dieta (somente pasto, ou suplementação de concentrado), verificou-se que o sistema de terminação não influenciou o sistema calpaína-calpastatina e o índice de fragmentação miofibrilar da carne (Volpelli et al., 2005).

2.1.2 Fatores *post mortem* envolvidos com a maciez

O desenvolvimento dos processos bioquímicos e as mudanças estruturais que ocorrem no músculo nas primeiras 24 horas *post mortem* são influenciados pelo resfriamento da carcaça no pós-abate. Carcaças resfriadas à temperatura igual ou menor do que 10ºC antes do início do *rigor mortis*, determinam liberações elevadas de cálcio (a partir do retículo sarcoplasmático) para o

sarcoplasma e sobreposição extensas dos miofilamentos (actina e miosina), com conseqüente encurtamento do sarcômero e reduções na maciez (Locker & Hagyard, 1963). O resfriamento de carcaças em pré-rigor com temperaturas entre 15º e 20ºC determina encurtamento do sarcômero de, aproximadamente, 10% (baixo). Contudo, em temperaturas inferiores, a sobreposição dos miofilamentos resulta em encurtamento superior a 20%, podendo encurtar até 40%, sendo perceptível na redução na maciez (Heinemann et al., 2003). Em músculos encurtados ocorre menos amaciamento, pois a atividade de calpastatina, inibidor de calpaínas, decresce mais devagar em músculos encurtados pelo frio e reduz a proteólise. Nesse caso, a baixa maciez é resultado do encurtamento do sarcômero associado à baixa taxa de proteólise (White et al., 2006).

O resfriamento indicado para evitar o encurtamento pelo frio pode limitar a produção em escala industrial e a segurança alimentar (Savell et al., 2005). Por outro lado, a estimulação elétrica, que corresponde à aplicação de choque elétrico na carcaça, acelera as reações de glicólise *post mortem*, a redução do pH e a instalação do rigor (Dransfiel, 1992; Kastner et al., 1963; Zamora et al., 1996; Morton et al., 1999), permitindo empregar taxas de resfriamento de carcaças mais rápidas, sem comprometer a segurança alimentar e a qualidade final do produto.

A taxa de declínio do pH durante a transformação do músculo em carne e os valores de pH final constituem aspectos importantes na qualidade da carne fresca e nos produtos derivados (Osório & Osório, 2000). Os valores de pH final da carne bovina podem variar entre 5,50 e 6,70 (Koohmaraie, 1994; Muchenja, et al., 2009) e variações entre 5,50 a 5,80 são consideradas adequadas na manutenção da vida de prateleira.

Os valores de pH influenciam as reações de transformação do músculo em carne e a atividade enzimática envolvida nesse processo. O aumento na

maciez em carne com pH entre 6 e 7 é atribuído a uma melhor atividade da calpaína, que é máxima em pH neutro. Em contraste, o aumento na maciez em carnes com pH abaixo de 5,8 é explicado por uma maior atividade das proteases ácidas que atuam nas proteínas estruturais das miofibrilas. Watanabe et al. (1996) sugerem, ainda, causas não enzimáticas para o aumento da força de cisalhamento associado ao maior encurtamento do sarcômero em carnes com pH menor do que 6,2. Outra teoria se baseia no amaciamento da carne pelo efeito do pH, o qual potencializaria o efeito do cálcio sobre as proteínas miofibrilares.

2.2 A transformação do músculo em carne e a maturação

A maturação é um processo tecnológico que tem a finalidade de melhorar e garantir a uniformidade da maciez da carne, resultado da proteólise muscular *post mortem* que se inicia na fase de *rigor mortis* e coincide com o fim das reservas de energia do músculo, acúmulo de ácido lático, desestabilização de membranas, liberação de enzimas, acúmulo de cálcio no espaço sarcoplasmático e ativação das enzimas cálcio dependentes, as calpaínas (Manço & Roça, 2002; Gruber et al., 2006).

A atividade proteolítica do sistema calpaína, no *post mortem* do músculo esquelético dos animais, é um dos principais mecanismos responsáveis pela quebras das estruturas miofibrilares, que desencadeia na maciez da carne (Huff-Lonergan et al., 1995, 1996; Robson et al., 1997). Nos tecidos de mamíferos, muitos tipos de calpaínas são descritos (Goll et al., 2003; Frame et al., 2002), e as mais estudadas são as calpaínas 1 e 2, que consistem de uma subunidade catalítica de 80-kDa, ligada a uma subunidade regulatória de 30-kDa. Entretanto, poucas calpaínas mostram ação proteolítica *post mortem* (calpainas 1, 2 e 10), além de uma isoenzima específica denominada calpaína 3 (Huang & Wang, 2001).

A maturação da carne, para um aproveitamento mais integral dos benefícios do processos proteolíticos que causam a fragmentação das estruturas do citoesqueleto do sarcômero, pode ser ampliada por períodos entre 2 a 4 semanas para carne bovina, 6 a 10 dias para carne suína e 12 a 24 horas para frango, em que as carnes permanecem em temperaturas entre 3º e 5,8ºC e a força de cisalhamento é reduzida em 50% a 60% do seu valor inicial, antes da maturação (Kanawa & Takahashi, 2002).

Na maturação, há uma relação estreita entre a perda da integridade de estruturas, como a desmina e a titina, importantes na conecção das miofibrilas e a redução na força de cisalhamento. A perda da integridade estrutural e a maior maciez são o resultado do enfraquecimento e ou da degradação do disco Z, da desmina, da titina, da nebulina e do desaparecimento da troponina T. As proteínas contráteis mais abundantes do tecido muscular, a actina e a miosina, não são afetadas durante o processo de maturação da carne (Luciano et al., 2007).

Segundo Luciano et al. (2007), os sistemas proteolíticos que induzem as mudanças observadas no *post mortem* são: as catepsinas lisossômicas, que degradam actina e miosina, o complexo de proteases multicatalíticas, que degrada frações da molécula de miosina e troponina C e as calpaínas, que são as proteases cálcio dependentes presentes no citosol de todas as células de mamíferos.

2.3 A capacidade de retenção de água

A capacidade da carne em reter umidade durante o resfriamento, o armazenamento e a cocção é referida como capacidade de retenção de água (CRA). A capacidade de retenção de água, um fator que determina a suculência da carne, é definida como a habilidade da carne em reter água durante a aplicação de forças externas, tais como o corte, o aquecimento, a trituração ou a

pressão. Os valores para CRA em carne bovina variam entre 37,0% e 72,7% (Muchenjea et al., 2009).

A baixa CRA está associada com perdas elevadas de água e nutrientes carreados. Perdas elevadas por gotejamento são associadas à redução na palatabilidade da carne. Muitos autores têm mostrado que a degradação do citoesqueleto e de outras proteínas estruturais na fase de maturação está relacionada com a perda por gotejamento (Offer & Trinick, 1983; Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Zhang et al., 2006).

2.4 Cor

A medida objetiva da cor pode ser usada com várias finalidades, como suporte de avaliações visuais descritivas, como base para a rejeição ou a aceitação de um produto, para avaliar a deterioração da cor durante um período ou tratamento ou para estimar o estado químico da mioglobina e seus derivados.

Um dos métodos colorimétricos é o Sistema CIELAB, que utiliza o espaço L*, indicativo de luminosidade, variando de branco (+L*) a preto (-L*) e as coordenadas de cromaticidade a* e b*, sendo a* o eixo que vai de verde (-a*) a vermelho (+a*) e b* variando de azul (-b*) a amarelo (+b*). Os valores encontrados na literatura para L*, a*, b*, em carne bovina, situam-se nas seguintes faixas de variação, respectivamente 33,2 a 41; 11,1 a 23,6 e 6,1 a 11,3 (Muchenjea et al., 2009).

As coordenadas de cor estão relacionadas com os componentes da superfície ou de regiões próximas à superfície da peça. A coordenada L* é relacionada com a luminosidade superficial relacionada com a perda de água e a presença de gordura entremeada na carne. A coordenada a* está relacionada à forma da molécula de mioglobina que, na carne fresca, apresenta-se sob três formas: mioglobina reduzida, com o ferro reduzido na forma Fe^{2+} sem ligante na 6ª posição, conferindo à carne coloração vermelho-púrpura; oximioglobina,

forma oxigenada da mioglobina, em que o ferro apresenta-se também na forma reduzida (Fe^{2+}) e, agora, o oxigênio ocupa a sexta ligação, no lugar da água, a carne apresenta coloração vermelho brilhante; a terceira forma é a metamioglobina, que possui ferro na forma oxidada (Fe^{3+}) e a coloração da carne apresenta-se vermelho-marrom. A coordenada b*, que mede a intensidade do amarelo, está relacionada com os pigmentos carotenóides presentes na gordura oriundos da alimentação (Bressan et al., 2004).

A disposição da amostra no sólido de cor é feita por meio da representação gráfica dos valores a* e b* nos respectivos eixos (forma vetorial que facilita a compreensão dos valores obtidos). Portanto, numa representação polar do sistema de coordenadas retangulares CIELAB, surge a escala CIE L* C* h* que, numericamente, descreve a cor tridimensionalmente em luminosidade (L*), saturação (C*) e tonalidade (h*) (Ramos & Gomide, 2007).

O índice de saturação (C*) corresponde ao comprimento da projeção da localização da cor no plano (a*, b*), ou seja, o comprimento do vetor e, com o ângulo de tonalidade (h*), pode-se estimar a posição de uma amostra no sólido de cor (Ramos & Gomide, 2007).

Muitos aspectos influenciam a cor da carne, tais como: tipo de dieta de terminação, em que animais alimentados com forragem mostram carne mais escura do que animais alimentados com grãos (Priolo et al., 2001) sendo atribuído a valores mais elevados de pH (Muchenjea et al., 2009), processos de abate (Voisinet et al., 1997), embalagens, acondicionamento das peças, quantidade de ácidos graxos insaturados e a presença de antioxidantes naturais (Mancini & Hunt, 2005).

2.5 Índice de fragmentação miofibrilar (IFM)

O índice de fragmentação miofibrilar é determinado com base no conceito de fragmentação e é usado como um índice para determinar a maciez

da carne. Esse procedimento reflete a intensidade da proteólise das miofibrilas, em que quanto maior a degradação na linha Z do sarcômero pelas enzimas endógenas, maior será o índice de fragmentação miofibrilar. As miofibrilas submetidas ao processo de maturação têm maior degradação do que aquelas de músculos intactos. A maior ou a menor facilidade de fragmentação pode ser avaliada a partir da intensidade com que as miofibrilas são rompidas durante o processo de trituração das mesmas, simulando a mastigação dos alimentos (Delgado et al., 2005).

Para a técnica de determinação da quantidade de fragmentação miofibrilar, dois métodos são comumente usados. O primeiro requer a homogeneização do músculo e a análise das miofibrilas por um microscópio. O segundo método envolve também a homogeneização do músculo, seguida pela determinação do índice de proteína e da medida da turvação das amostras ajustadas a uma concentração comum de proteína. Este método é o mais usado e reflete a degradação das estruturas das proteínas na banda I do sarcômero, tendo alta correlação com as análises de maciez (Olsson & Parrish Jr., 1977; Hopkins et al., 2000).

A fragmentação das miofibrilas é o resultado mais importante das alterações que ocorrem durante a transformação do músculo em carne e confere a característica de maciez à carne. O índice de fragmentação miofibrilar pode predizer 50% da variação da maciez em carnes maturadas, enquanto a solubilidade do colágeno é responsável por apenas 10% da variação da maciez nos músculos (Culler et al., 1978).

2.6 Força de cisalhamento (FC)

O equipamento *Warner-Bratzler shear* mede a força máxima necessária para o cisalhamento de uma amostra de carne, indicando que a grandeza da força aplicada corresponde à maior resistência ao corte (Bourne, 1982).

A maioria dos estudos de força de cisalhamento é conduzida utilizando-se um texturômetro acoplado a uma célula Warner Bratzler que, grosseiramente, simula a força de mastigação da carne cozida, mostrando elevada correlação com os resultados de maciez oriundos da análise sensorial da carne. Em carnes bovinas, Boleman et al. (1997) classificaram a textura da carne em muito macia (2,3 a 3,6kg), moderadamente macia (4,1 a 5,4kg) e pouco macia (5,9 a 7,2kg). Shackelford et al. (1991) sugeriram o valor de 4,6kg de força de cisalhamento como o limite aceitável para a comercialização da carne bovina.

As taxas de redução na força de cisalhamento aumentam com o tempo de maturação. Monson et al. (2004), trabalhando com as raças Holandesa, Pardo Suíço, Limousin e Blonde d'Aquitaine, relataram, em maturação de 7 dias, que a maciez aumentou de 12,4% a 22,3%. Whipple et al. (1990), em amostras de Hereford x Angus, ⅜Sahiwal e ⅝Sahiwal, encontraram, em maturações de 14 dias, reduções na maciez de 33%, 31% e 20%, respectivamente. Rubensam et al. (1998) encontraram, em 10 dias de maturação, aumento na maciez para Hereford, ¾Hereford x ¼Nelore e ⅝Hereford x ⅜Nelore, de 40%, 36% e 38%, respectivamente.

Bouton & Harris (1978 apud Heinemann et al., 2003), avaliaram a influência da idade de abate do animal na maciez da carne e observaram que os valores de força de cisalhamento, medida no músculo *longissimus dorsi*, foram reduzidos à metade com o aumento da idade do animal de 9 para 42 meses, atribuindo esse efeito ao decréscimo da ocorrência de encurtamento pelo frio nas carcaças mais pesadas. A maturação foi o fator que mais influenciou a textura da carne, promovendo redução de, aproximadamente, 30% na FC, em ambos os grupos estudados. Considerando o longo tempo necessário para a renovação metabólica do colágeno, pode-se concluir que, em animais jovens, a influência do tecido conjuntivo é pequena, prevalecendo o efeito de outros fatores, como a intensidade da proteólise e o grau de contração do tecido muscular.

2.7 Considerações sobre as raças *Bos taurus, Bos indicus* e cruzamentos

Os bovinos utilizados no Brasil, para a produção de carne, podem ser classificados em dois grandes grupos: os *Bos indicus,* de origem indiana e os *Bos taurus*, de origem européia. Em geral, os *Bos indicus* diferem dos *Bos taurus* em características anatômicas, fisiológicas e temperamentais. Uma das características de diferenciação entre esses animais é a presença da giba, ou cupim, cuja base anatômica principal é o músculo rombóide. Nos *Bos indicus* puros, o cupim encontra-se sobre a cernelha e os mestiços apresentam uma posição cérvico-torácica.

Os animais *Bos indicus*, em função de terem evoluído em condições ambientais adversas e de terem sido objeto de seleção em passado mais recente do que as raças européias, apresentam, em relação a estas últimas, índices produtivos mais baixos, sexualmente mais tardios, com menos massas musculares e carne mais dura. Por outro lado, esses animais toleram melhor as condições de estresse térmico por calor, são mais resistentes a infestações de endo e ectoparasitas, apresentam menor exigência de mantença e adaptam-se melhor à criação a pasto, em relação às raças européias (Ferreira & Cardoso, 1993). Essas características de adaptabilidade constituem o grande trunfo dos animais das raças *Bos indicus*, normalmente criados e terminados em regiões de clima tropical.

Os *Bos taurus* apresentam aptidões mais desenvolvidas para a produção de carne, quando criados em condições que permitam a manifestação do seu potencial genético. A carne dos animais *Bos taurus* é classicamente aceita como detentora de qualidade superior, pois possui maior marmoreio e é mais macia (Wheeler et al., 1990). Contudo, a dificuldade de adaptação desses animais a climas mais quentes limita a sua exploração em larga escala.

O cruzamento entre raças *Bos indicus* e *Bos taurus* permite obter indivíduos mestiços com características intermediárias entre as raças originais,

que podem aliar a rusticidade dos *Bos indicus* às características produtivas qualitativas da carne dos *Bos taurus*, além de explorar os efeitos de heterose originária da grande distância genética existente entre os mesmos (Ferreira et al., 2006).

Em geral, as razões para uso de cruzamentos são vigor híbrido ou heterose, efeitos raciais e complementaridade entre raças (Rosa, 2005). Denomina-se vigor híbrido à superioridade média dos indivíduos mestiços em relação à média das raças paternas. Em geral, quanto maiores forem as diferenças entre as raças que se cruzam, maiores serão os efeitos da heterose. Normalmente, as características relacionadas com a fertilidade e a sobrevivência são as que mais se beneficiam com estes efeitos. Os efeitos raciais resultam da combinação de características das raças originais no indivíduo mestiço, podendo o sistema usufruir, por exemplo, da rusticidade do Nelore e da qualidade da carne do Angus. Por outro lado, a complementaridade resulta da utilização na posição mais adequada das raças que entram no cruzamento, de forma a tirar o melhor partido das vantagens de cada uma.

No entanto, qualquer tipo de cruzamento estático requer boa organização dos acasalamentos e a obtenção de animais de substituição é complicada. Assim, a criação de raças compostas é preconizada como forma alternativa de combinar as características de diferentes raças e os benefícios da heterose, podendo a renovação do efetivo ser garantida pelos animais de raça composta nascidos na exploração.

Animais Red Norte são compostos formados por raças de origem indiana, europeu continental e britânico, de formação recente. A raça foi desenvolvida com a contribuição das raças Nelore, Tabapuã, Red Angus, Santa Gertrudes, Sinepol e Caracu, e o seu comportamento produtivo, nomeadamente nas características de qualidade de carne, não é conhecido. Porém, os animais Red Norte apresentam ganho de peso diário e carcaça, assim como área de olho

de lombo, superiores aos da raça Nelore, quando submetidos ao confinamento (Machado Neto, 2008).

Embora o controle dos processos de abate seja importante para padronizar as características físicas da carne, especialmente a maciez (Riley et al., 2005), a grande diferença na qualidade de carnes de animais oriundos de raças *Bos indicus* é atribuída à maior atividade da calpastatina, que inativa a ação proteolítica das calpaínas durante o *post mortem* (Wheeler et al., 1990; Whipple et al., 1990; Shackelford et al., 1991; Koohmaraie, 1994; Shackelford et al., 1994; Rubensam et al., 1998).

Em rebanhos de animais cruzados *Bos indicus* x *Bos taurus*, Crouse et al. (1989), Whipple et al. (1990), Shackelford et al. (1991) e Rubensam et al. (1998) descrevem que a participação crescente do genótipo *Bos indicus* resulta numa redução na maciez da carne. Os trabalhos de Norman (1982), com as raças Canchim (5/8Charolês 3/8Zebu), Nelore e Guzerá, de Heinemann et al. (2003), com as raças Limousin x Nelore e Nelore e de Bianchini et al. (2007), com Nelore; ½ Simental × Nelore, Simbrasil e Simental, confirmaram que ocorrem ganhos na maciez da carne quando os animais cruzados são comparados com animais *Bos indicus* puros.

A seleção para genótipos ou cruzamentos de *Bos indicus* que manifestem baixa atividade de calpastatina seria uma forma possível de melhorar a maciez de carnes zebuínas (Cundiff et al., 1993). As possibilidades de seleção permitem algum otimismo, pois a herdabilidade da atividade de calpastatina é elevada (h^2=0,65) e a correlação genética entre a atividade da calpastatina e a força de cisalhamento é de 0,50 (Shackelford et al., 1994).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A. C.; JORGE, A. M.; ARRIGONI, M. D. B.; BICKERSTAFFE, R.; LE COUTEUR, C. E.; MORTON, J. D. Consistency of tenderness in New Zealand retail meat. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 43., 2007, New Zealand. **Proceedings...** Auckland, New Zealand: [S.n.], 2007. p. 196-197.

BOLEMAN, S. J.; BOLEMAN, S. L.; MILLER, R. K.; TAYLOR, J. F.; CROSS, H. R.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; MILLER, M. F.; WEST, R. L.; JOHNSON, D. D.; SAVELL, J. W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 1521-1524, 1997.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosily:** concept and measurement. New York: Academic, 1982. 314 p.

BRESSAN, M. C.; JARDIM, N. S.; PEREZ, J. R. O.; THOMAZINI, M.; LEMOS, A. L. S. C.; ODA, S. H. I.; PISA, A. C. C.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B.; FREITAS, R. T. F. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas da carne de capivara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 357-362, jul./set. 2004.

CROUSE, J. D.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C. Comparisons of *Bos Indicus* and *Bos Taurus* inheritance for carcass beef haracteristics and meat palatabilit. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, p. 2661-2668, Mar. 1989.

CULLER, R. D.; PARRISH, J. R.; SMITH, F. C.; CROSS, H. D. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 4, p. 1177-1180, 1978.

CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; GREGORY, K. E. **Beef research progress.** Washington: ARS/USDA, 1993.

DELGADO, E. F.; SORIA, R. F.; LEONARDO, E. F. Estresse durante manejo pré abate tem implicações fisiológicas modificadoras na qualidade de carne em bovinos de diferentes tipos biológicos. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE: OTIMIZANDO A PECUÁRIA DE CORTE, 4., 2005, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005. p. 77-101.

DRANSFIELD, E. Modelling post-mortem tenderisation–III: role of calpain I in conditioning. **Meat Science**, Savoy, v. 31, p. 85-94, May 1992.

FERREIRA, A. M.; CARDOSO, R. M. Clima e reprodução da fêmea bovina. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1993. 35 p. (EMBRAPA–CNPGL. Documentos, 54).

FERREIRA, J. J.; BRONDANI, I. L.; LEITE, D. T.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; MISSIO, R. L.; LUCIANE, I. H.; SEGABINAZZI, R. Características da carcaça de tourinhos Charolês e mestiços Charolês x Nelore terminados em confinamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 191-196, jan./fev. 2006.

FRAME, M. C.; FINCHAM, V. J.; CARRAGHER, N. O.; WYKE, J. A. v-SRC'S hold over actin and cell adhesions. **Nature Reviews Molecular Cell Biology,** London, v. 3, n. 4, p. 233-245, Apr. 2002.

GOLL, D. E.; THOMPSON, V. F.; LI, H.; WEI, W.; CONG, J. The calpain system. **Physiological Reviews**, Bethesda, v. 83, n. 3, p. 731-801, July 2003.

GRUBER, S. L.; TATUM, J. D.; SCANGA, J. A.; CHAPMAN, P. L.; SMITH, G. C.; BELK, K. E. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. **Journal Animal Science,** Champaign, v. 84, p. 3387-3396, 2006.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, n. 8, v. 38, p. 963-971, 2003.

HOPKINS, D. L.; LITTLEFELD, P. J.; THOMPSON, J. M. A research note on factors a.ecting the determination of myofbrillar fragmentation. **Meat Science,** Savoy, v. 56, p. 19- 22, Sept. 2000.

HUANG, Y.; WANG, K. The calpain family and human disease. **Trends in Molecular Medicine**, Ann Arbor, v. 7, p. 355-362, Aug. 2001.

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

HUFF-LONERGAN, E.; MITSUHASHI, T.; BEEKMAN, D. D.; PARRISH JR.; F. C.; OLSON, D. G.; ROBSON, R. M. Proteolysis of specific muscle

structural proteins by μ-calpain at low pH and temperature is similar to degradation in post-mortem bovine muscle. **Journal of Animal Science,** Champaign, v. 74, n. 5, p. 993-1008, May 1996.

HUFF-LONERGAN, E.; PARRISH JR., F. C.; ROBSON, R. M. Effects of post-mortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 4, p. 1064-1073, Apr. 1995.

KANAWA, J.-R. JI R.; TAKAHASHI, K. Inactivity of m-Calpain throughout postmortem aging of meat. **Journal of Food Science,** Chicago, v. 67, n. 2, p. 635-638, 2002.

KASTNER, C. L.; SCHWENKE, J. R.; KENNEY, P. B.; CAMPBELL, R. E.; KENDALL, J. A.; LOCKER, R. H.; HAGYARD, C. I. A cold shortening effect in beef muscles. **Science Food Agriculture,** New York, v. 14, n. 11, p. 787-93, 1963.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science,** Savoy, v. 36 p. 93-104, Oct. 1994.

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

LOCKER, R. H.; HAGYARD, C. J. A cold shortening effect in beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 14, n. 2, p. 787-793, 1963.

LUCIANO, F. B.; ANTON, A. A.; ROSA, C. F. Biochemical aspects of meat tenderness: a brief review. **Archivo Zootecnia,** v. 56, p. 1-8, 2007.

MACHADO NETO, O. R. **Consumo, desempenho e características de carcaça de novilhos Nelore e Red Norte terminados em confinamento e avaliação de sistemas de exigências nutricionais.** 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Review: current research in meat color. **Meat Science,** Savoy, v. 71, p. 100-121, Sept. 2005.

MANÇO, M. C. W.; ROÇA, R. O. Maciez da carne de bovinos. **Revista Nacional da Carne,** São Paulo, v. 26, n. 303, p. 139-149, 2002.

MONSON, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. **Meat Science,** Savoy, v. 68, p. 595-602, Dec. 2004.

MORTON, J. D.; BICKERSTAFFE, R.; KENT, M. P.; DRANSFIELD, E.; KEELEY, G. M. Calpain/calpastatin and toughness in M. longissimus from electrically stimulated lamb and beef carcasses. **Meat Science**, Savoy, v. 52, p. 71-79, 1999.

MUCHENJEA, V.; DZAMAC, B. K.; CHIMONYOA, M.; STRYDOM, M. P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, v. 112, n. 2, p. 279-289, 2009.

NORMAN, G. A. Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in South-east Brazil: part 3 – meat quality. **Meat Science**, Savoy, v. 6, n. 2, p. 79-96, 1982.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science,** Savoy, v. 8, p. 245-281, 1983.

OLIVEIRA, A. L. Maciez da carne bovina. **Caderno Técnico de Veterinária e Zootecnia,** Belo Horizonte, n. 33, p. 7-18, 2000.

OLSSON, 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.

OSÓRIO, M. T.; OSÓRIO, J. C. S. **Condições de abate e qualidade da carne e dos produtos cárneos.** Brasília: Embrapa, 2000. 25 p. Apostila.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. **Animal Research**, Les Ulis Cedex, v. 50, n. 3, p. 185-200, Mar. 2001.

PURCHAS, R. W.; BURNHAM, D. L.; MORRIS, S. T. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. **Jornal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 3211-3221, Dec. 2002.

PURSLOW, P. P. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. **Meat Science**, Savoy, v. 70, p. 435-447, July 2005.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. de. **Avaliação da qualidade de carnes:** fundamentos e metodologias. Viçosa: UFV, 2007. 599 p.

RILEY, D. G.; JOHNSON, A. D. D.; CHASE JR, B. C. C.; WEST, A. R. L.; COLEMAN, B. S. W.; OLSON, A. T. A.; HAMMOND, B. A. C. Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. **Meat Science,** Savoy, v. 70, p. 347-356, July 2005.

ROBSON, R. M.; HUFF-LONERGAN, E.; PARRISH JR., F. C.; HO, C. H.; STROMER, M. H.; HUIATT, T. W.; BELLIN, R. M.; SERNETT, S. W. Postmortem changes in myofibrillar and other cytoskeletal proteins in muscle. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 50., 1997, Iwoa. **Proceedings...** Iowa, USA: American Meat Science Association, 1997. p. 43-52.

ROSA, A. do N. **Recursos genéticos e planos de melhoramento em gado de corte:** gestão de recursos genéticos para uma pecuária competitiva. Campo Grande: Embrapa, 2005. XIII Curso de Melhoramento de Gado de Corte da Embrapa - Geneplus.

RUBENSAM, J. M.; FELICIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Effects of the Bos indicus genotype on calpastatin activity and texture of beef from steers slaughtered in the south of Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 405-409, 1998.

SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, Savoy, v. 70, p. 449-459, July 2005.

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; ROHRER, G. A.; SAVELLT, J. W. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Chanpaign, v. 72, n. 4, p. 857-863, 1994.

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M. F.; CROUSE, J. D.; REAGAN, J. O. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Chanpaign, v. 69, n. 1, p. 171-177, Jan. 1991.

VOISINET, B. D.; GRANDIN, T.; O'CONNOR, S. F.; TATUMA, J. D.; DEESING, M. J. Bos indicus-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. **Meat Science**, Savoy, v. 46, p. 367-377, Aug. 1997.

VOLPELLI , L. A.; FAILLA, S.; SEPULCRI, A.; PIASENTIER, E. Calpain system in vitro activity and myofibril fragmentation index in fallow deer (Dama dama): effects of age and supplementary feeding. **Meat Science**, Savoy, v. 69, p. 579-582, Mar. 2005.

WARNER, R. D.; DUNSHEA, F. R.; PONNAMPALAM, E. N.; COTTRELL, J. J. Effects of nitric oxide and oxidation in vivo and postmortem on meat tenderness. **Meat Science**, Savoy, v. 71, p. 205-217, Sept. 2005.

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

WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 1990.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D.; HUNT, M. C.; KLEMM, R. D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in Bos taurus and Bos indicus cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2716-2728, Sept. 1990.

WHITE, A.; O'SULLIVAN, A.; O'NEILL, E. E.; TROY, D. J. Manipulation of the pre-rigor phase to investigate the significance of proteolysis and sarcomere length in determining the tenderness of bovine M. longissimus dorsi. **Meat Science**, Savoy, v. 73, p. 204-208, July 2006.

ZAMORA, F.; DEBITONS, E.; LEPETIT, J.; LEBERT, A.; DRANSFIELD, E.; OUALI, A. Predictions variability of ageing and toughness in beef M. Longissimus lumborum et thoracis. **Meat Science**, Savoy, v. 43, n. 3/4, p. 321-333, July 1996.

ZHANG, W. G.; LONERGAN, S. M.; GARDNER, M. A.; HUFF-LONERGAN, E. Contribution of postmortem changes of integrin, desmin and mu-calpain to variation in water holding capacity of pork. **Meat Science,** Savoy, v. 74, p. 578-585, 2006.

ARTIGO

QUALIDADE DA CARNE AO LONGO DA MATURAÇÃO EM BOVINOS RED NORTE E NELORE

(Preparado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia)

Patrícia Lopes Andrade[(2)]; Maria Cristina Bressan[(2, 3)]; Luís Telo da Gama[(3)]; Tarcisio de Moraes Gonçalves[(2)]; Márcio Machado Ladeira[(2)]; Eduardo Mendes Ramos [(2)]

[(2)] Universidade Federal de Lavras, Cx. P. 3037-37200-000 Lavras, MG-Brasil. E-mail: patmvet@hotmail.com.

[(3)] Instituto Nacional de Recursos Biológicos, Fonte Boa-2005-048, Vale de Santarém - Portugal.

Autor para correspondência: Patrícia Lopes Andrade

Andrade, P. L.; Bressan, M. C.; Gama, L. T.; Gonçalves, T. M.; Ladeira, M. M.; Ramos, E. M. Qualidade da carne ao longo da maturação em bovinos Red Norte e Nelore

RESUMO - Com o objetivo de avaliar a evolução das características de qualidade de carne durante a maturação, amostras do músculo *longissimus dorsi* de bovinos Nelore (N) (n=22) e Red Norte (RN) (n=22), machos inteiros, com 24 meses de idade, foram coletadas às 24 horas *post mortem*, mantidas a 2°C e analisadas às 24 horas, aos 7, 14 e 21 dias. Os animais foram terminados em confinamento (112 dias) com silagem de milho (50,0%) e concentrado (50%) *ad libitum*. As condições pré-abate e processos de abate foram conforme as normas oficiais brasileiras. As amostras de carnes de bovinos RN e N mostraram resultados semelhantes (P>0,05) de pH (24 horas), perda por cocção, umidade, proteína, gordura e cinzas. Em geral, a coloração das carnes de animais RN e Nelore foram semelhantes ao longo da maturação. Entretanto, as maiores alterações na cor, durante a maturação, em ambos os grupos genéticos, aconteceram dos 7 aos 14 dias, para L*, a* e b*. A força de cisalhamento foi significativamente (P<0,05) inferior em RN, comparado a N às 24 horas (4,44 e 5,36 kg), 7 dias (3,28 e 4,35 kg) e 14 dias (3,12 e 4,10 kg), de forma que amostras de RN obtiveram, aos 7 dias de maturação, uma redução na força de cisalhamento de 26%, enquanto amostras de N mostraram reduções de 24% aos 14 dias. O índice de fragmentação miofibrilar foi significativamente (P<0,05) superior em RN do que N às 24 horas e 21 dias. Houve correlação entre força de cisalhamento e intensidade de vermelho às 24 horas (r=-0,56, P<0,01) e 7 dias (r=-0,41, P<0,01).
Palavras-chave: cor, maciez, proteólise.

ABSTRACT – With the objective of evaluate the meat quality characteristics during ageing, samples of the *longissimus dorsi* of bulls Nelore-N (n=22) and Red Norte-RN (n=22), with 24 mouths of age, were collected ate 24 hours *post mortem*, storage at 2°C and analyzed at 24 hours, with 7, 14 and 21 days. The animals were confined (112 days) with corn silage (50,0%) and concentrate

(50%) *ad libitum*. The animals were transported by 60 km and the conditions pre slaughter and process of slaughter were in accordance with the Brazilian official standards. The meat samples of bulls RN and N showed similar results (P>0.05) of pH (24 hours), cooking loss, humidity, protein, fat and ashes. In general, the meat color of RN and Nelore animals were similar during ageing. However, the highest change in color, during ageing, in booth genetic groups, happened between 7 and 14 days for L*, a* and b*. The shear force was significantly (P<0.05) lower to RN, compared to N at 24 hours (4.44 and 5.36 kg), 7 days (3.28 and 4.35 kg) and 14 days (3.12 e 4.10 kg), so that samples of RN obtained at 7 days of ageing a reduction in the shear force of 26%, while samples of N showed 24% of reduction at 14 days. The myofibrilar fragmentation index was significantly (P<0.05) higher to RN, than N at 24 hours and 21 days. There was correlation between shear force and intensity of red at 24 hours (r=-0.56, P<0.01) and 7 days (r=-0.41, P<0.01). The meat of RN and Nelore animals were similar at pH, humidity, protein, fat, ashes and color. But, Red Norte animals meat were more tender than Nelore meat.
Key words: color, tenderness, proteolysis.

Introdução

O Brasil é o maior exportador de carne bovina, com um rebanho comercial estimado em 207,2 milhões de animais (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2007), formado em sua maioria por animais *B. indicus*. A expansão desse rebanho é resultado da adaptação às regiões de clima quente, onde esses animais mostram taxas altas de eficiência alimentar, ganho de peso, precocidade, fertilidade, resistência a parasitoses e tolerância ao calor (Ferreira & Cardoso, 1993). Em contrapartida, a carne dos *B. indicus* mostra menor maciez do que a dos *B. taurus* (Wheeler et al., 1990) e, à medida que a proporção de *Bos indicus* aumenta num cruzamento, ocorre redução na maciez

da carne (Crouse et al., 1989; Rubensam et al., 1998). A diferença na força de cisalhamento entre *B. taurus* e *B. indicus* é atribuída à atividade do complexo calpaínas/calpastatina durante a maturação (Shackelford et al., 1991, 1994), em que as calpaínas rompem parcialmente os miofilamentos, tornando a carne mais macia (Muroya et al., 2006). Entretanto, a atividade catalítica dessas enzimas é inibida pela calpastatina (Koohmaraie, 1992; Koohmaraie et al., 2002), cuja atividade em músculos de animais *B. indicus* é mais intensa do que em *B. taurus* (Rubensam et al., 1998; Shackelford et al., 1991).

Os cruzamentos entre *B. taurus* e *B. indicus* visam à exploração da complementaridade entre raças e o benefício da heterose (Gama, 2002). Por vezes, opta-se pela utilização de raças compostas, que combinam as características das raças intervenientes, havendo contudo menor utilização da complementaridade entre raças e um nível de heterose mais reduzido. Os animais Red Norte são um composto, de formação recente, desenvolvido com contribuição das raças Nelore, Tabapuã, Red Angus, Santa Gertrudes, Caracu e Sinepol, e a sua capacidade produtiva, nomeadamente nas características de qualidade de carne, não é conhecida.

Os objetivos, neste trabalho foram avaliar a evolução das características de qualidade de carne no músculo *longissimus dorsi* de bovinos Nelore e Red Norte, submetidos à maturação (2°C), por 21 dias.

Material e Método

O material experimental foi composto por 44 bovinos, machos inteiros, da raça Nelore (n=22) e do composto Red Norte (n=22), com idade de 24 meses (2 dentes permanentes) e peso médio de 482 kg, para os animais Nelore e 519 kg, para os animais Red Norte.

Os animais foram criados a pasto na região de Três Pontas, Minas Gerais, com pastagem cultivada (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*,

Brachiaria Humidicula) e foram terminados em sistema de confinamento, por 112 dias, no Departamento de Zootecnica a Universidade Federal de Lavras, no período de maio a setembro de 2007. Na fase de terminação, os bovinos foram alocados em baias coletivas com área de 30 m^2 por animal, separados de acordo com o grupo genético.

A dieta foi calculada e balanceada para atender às exigências previstas no National Research Council – NRC (2000). Os percentuais dos ingredientes da dieta e a composição são apresentados na Tabela 1. A dieta foi fornecida *ad libitum*, em forma de ração completa, duas vezes ao dia.

O embarque, o transporte e o desembarque dos animais ocorreram às 8, 9 e 10 horas da manhã. O transporte foi realizado em caminhão boiadeiro, adaptado para o transporte de bovinos, com capacidade de 22 animais por caminhão e a distância percorrida foi de 60 km. No frigorífico, durante o pré-abate, os animais foram submetidos a jejum e dieta hídrica por 24 horas em currais sem cobertura, local onde receberam banhos periódicos, com chuveiros de aspersão, visando maior conforto térmico.

As operações de abate foram realizadas de acordo com as recomendações do RIISPOA (Brasil, 1997), em frigorífico industrial sob Inspeção Federal (SIF 1663). Os animais foram insensibilizados (método percussivo, com pistola pneumática), seguindo-se sangria, evisceração e resfriamento. As meias-carcaças foram resfriadas, a 4ºC, por 24 horas, até o momento da desossa.

Tabela 1. Ingredientes da dieta e composição da dieta experimental.

Ingredientes	Composição (%)
Silagem de milho	50,0
Milho integral moído	23,0
Polpa citrica	11,5
Farelo de soja	10,0
Farelo de algodão	3,4
Uréia	0,5
Núcleo mineral[1]	1,6
Nutrientes	
Matéria seca[2]	47,7
Proteína bruta[3]	14,3
Fibra em detergente neutro (FDNcp)[3]	30,1
Carboidratos não fibrosos[3]	47,9
Extrato etéreo[3]	3,0
Nutrientes digestíveis totais[3,4]	70,3

[1] Níveis de garantia por quilo do produto: Ca: 235g; P 45g; S 23g; Na: 80,18g; Zn: 2,38 mg; Cu: 625 mg; Fe: 1,18 mg; Mn: 312 mg: Co: 32 mg; I: 41,6 mg; Se: 11,25mg; Vit.A: 70.000 UI;Vit. D3: 5.000 UI; Vit. E: 15 UI; Niacina: 3,33 mg.
2 - base da matéria natural;
3 - base da matéria seca;
4 - calculado segundo o NRC (2001)

As amostras do músculo *longissimus dorsi* foram retiradas às 24 horas *post mortem* na altura entre a 10ª e 12ª costela, foi retirado 1 bife (2,5 cm de espessura) da carcaça esquerda para as análises de composição centesimal e 4 bifes (2,5 cm de espessura) da carcaça direita, para serem submetidos à maturação. As amostras foram embaladas individualmente em polietileno de alta resistencia, a vácuo.

Os bifes destinos à maturação foram estocadas à temperatura constante de 2ºC, em estufa com controle de temperatura automático da marca Marconi MA 415 (Marconi Equipamentos Ltda., Piracicaba, Brasil) e os bifes destinados à realização das análises de composição centesimal foram congeladas a -18ºC. Os 4 bifes de cada animal, proveniente dos 44 animais foram distribuídos aleatoriamente nos quatro tempos de avaliação: 1 (24 horas), 7, 14 e 21 dias *post mortem*.

O pH, às 24 horas, foi determinado no músculo *longissimus dorsi*, na altura da 12ª costela, com auxílio de potenciômetro digital portátil da marca Mettler M1120x (Mettler-Toledo International Inc., Columbus, EUA), equipado com eletrodo de inserção com resolução de 0,01 unidades de pH. O aparelho foi calibrado em solução tampão de pH 4,0 e pH 7,0. Duas leituras de pH foram obtidas para cada animal e o valor médio foi utilizado na análise estatística.

A determinação dos componentes de cor L*, a* e b*, nos tempos de 24 horas, 7, 14 e 21 dias *post mortem*, foi realizado após a retirada das peças das embalagens e exposição ao ar por 30 minutos. A leitura da cor foi realizada na superfície dos bifes, utilizando-se o sistema CIE L*a*b*, iluminante D65, 10º para observação padrão, usando um colorímetro Minolta Chromameter CR 200b, (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan), calibrado para um padrão branco. Nove leituras foram realizadas por fatia, utilizadas na análise estatística.

As determinações do índice global da diferença de cor (ΔE), croma (C*), e ângulo de tonalidade (h*) foram realizadas de acordo com MacDougal (1994), utilizando-se as informações L*, a* e b*, obtidas nas determinações colorimétricas, com as seguintes fórmulas:

$\Delta E = (\Delta L^2+\Delta a^2+\Delta b^2)^{0,5}$;

$C^* = ((a^*)^2+(b^*)^2)^{0,5}$ e

$h^* = \arctan (b^*/a^*)$.

As amostras maturadas por períodos de 1, 7, 14 e 21 dias, após a análise de cor, foram submetidas à retirada da gordura de cobertura e foram pesadas individualmente em balança eletrônica semi-analítica. As peças, identificadas, foram colocadas em forno elétrico comercial equipado com termômetros individuais (Tedesco Ltd., Caxias do Sul, Brasil), pré-aquecido a 180ºC até atingirem a temperatura interna individual de 70ºC, resfriadas à temperatura ambiente e foram novamente pesadas. A diferença entre o peso inicial e final da cada bife, expressa percentualmente, correspondeu à perda de peso por cozimento (PPC) por animal.

As amostras assadas, usadas na determinação da PPC foram embaladas em filme plástico, refrigeradas, por 24 horas, a 4ºC, quando, então, foram retiradas de 8 a 12 subamostras na forma de cilindros, com diâmetro de ½ polegada, em ângulo de 45º, conforme Wheeler et al. (1995) e a força de cisalhamento (FC) foi medida colocando-se cada cilindro no sentido perpendicular das fibras musculares na célula Warner-Bratzler com lâmina de 1,016 mm, acoplada ao texturômetro M TA.TX.plus (Stable Micro Systems Ltd., Vienna Court, UK), com capacidade para 50 kg, utilizando-se o programa Texture Expert. O texturômetro foi calibrado para: velocidade do teste de -200 mm/min, velocidade pós-teste de -2400 mm/min e distância de -40 mm. Nessa análise, a média da FC de 8 a 12 cilindros foi usada por cada animal em cada tempo de análise.

As amostras para análise do índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foram coletadas às 24 horas *post mortem* e aos 21 dias. A determinação do IFM foi realizada de acordo com os procedimentos de Culler et al. (1978), em amostras do músculo *longissimus dorsi*, livres de gordura e do excesso de tecido conjuntivo. A concentração de proteína da solução de miofibrilas foi determinada pelo método do biureto (Gornall et al., 1949).

As amostras para a análise proximal foram congeladas às 24 horas *post mortem*, mantidas a -18ºC e, no momento dessa análise, foram descongeladas a 4º, por 24 horas. A gordura subcutânea foi previamente removida e a amostra foi homogeneizada em multiprocessador até a obtenção de uma massa homogênea. A metodologia, para essa determinação, seguiu os protocolos da Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2005), em que a proteína bruta foi quantificada pela análise de nitrogênio pelo método de Kjeldahl, o extrato etéreo foi extraído pelo método de Soxhlet, a umidade em estufa a 105°C até a obtenção de peso constante e as cinzas, em mufla, a 550°C. As análises foram realizadas em duplicata e a média das duas determinações dos componentes da análise proximal para cada unidade experimental foi utilizada na análise estatística.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, com dois grupamentos genéticos (Red Norte e Nelore), avaliadas em quatro tempos de maturação (1, 7, 14 e 21 dias), quanto às características de cor (L*, a*, b*, C*, h* e ΔE), PPC e FC. Em cada momento, foram avaliadas as 44 unidades experimentais. As análises de pH, umidade, proteína, gordura e cinzas foram avaliadas às 24 horas e as análises do índice de fragmentação miofibrilar foram realizadas às 24 horas e aos 21 dias *post mortem*.

Os dados foram analisados com o PROC GLM do SAS (SAS Institute, 2004), considerando os efeitos fixos do grupo genético e tempo de maturação e a respectiva interação. Quando os efeitos dos grupos genéticos ou tempo de maturação foram significativos ($P<0,05$), as médias correspondentes foram comparadas, a 5% de significância. As correlações entre variáveis foram estimadas com o PROC CORR do SAS (SAS Institute, 2004). A evolução da força de cisalhamento ao longo da maturação foi estimada para cada grupo genético, utilizando uma função logarítmica do dia de maturação.

Resultados e Discussão

As médias de pH e componentes da análise proximal do músculo *longissimus dorsi* não foram influenciadas (P>0,05) pelo grupamento genético (Tabela 1).

Tabela 2. Médias por grupo genético para pH e componentes da composição proximal de músculo *longissimus dorsi* de bovinos, expressos em percentagem da matéria integral.

Características	Nelore	Red Norte	Erro padrão médio
pH 24 horas *post mortem*	5,48	5,48	0,013
Umidade	74,19	74,58	0,184
Proteína	21,90	21,62	0,333
Extrato etéreo	2,376	2,120	0,174
Cinzas	0,991	0,985	0,014

As médias não diferiram entre si (P > 0,05).

As médias de pH encontradas no presente estudo se situaram no intervalo (5,4 a 5,8) considerado adequado para a manutenção da vida de prateleira (Mach et al., 2008). O pH final, ou a acidificação, corresponde ao acúmulo de ácido lático oriundo da produção do ATP a partir da glicose proveniente das reservas de glicogênio (Poso & Paulanne, 2005) e, normalmente, bovinos suplementados com grãos possuem maior disponibilidade de glicogênio no momento do abate e menor pH final da carne (Neath et al., 2007). Muitos fatores podem atuar no desencadeamento do estresse pré-abate, reduzindo essas reservas e determinando carnes com valores de pH elevado (Jeleníková et al., 2008). Segundo Lowe et al.

(2004), em carnes com pH mais baixos (pH≤5,8) ocorrem maiores taxas de amaciamento durante a maturação.

As médias de umidade, proteína, gordura e cinzas foram semelhantes entre amostras de Red Norte e Nelore (Tabela 2). Esses valores são próximos aos descritos por Vaz et al. (2001), em *longissimus dorsi* de Nelore ou cruzados Nelore x Charolês, abatidos aos 20-24 meses, terminados em confinamento. Na análise proximal, a gordura é o componente que apresenta mais variação e, normalmente, as quantidades depositadas resultam do balanço entre energia da dieta e exigências metabólicas (Williams et al., 1983; Eriksson & Pickova, 2007). No presente trabalho, os resultados semelhantes para umidade, proteína, gordura e cinzas em animais Red Norte e Nelore podem ser resultado das condições semelhantes de sistema terminação, condição sexual e idade.

Os valores médios para as coordenadas de cor ao longo da maturação (Tabela 3) diferiram (P<0,05) entre amostras de Red Norte e Nelore para L* aos 14 dias e para a* no dia 1. Para L* e a*, nos demais momentos de avaliação e para b*, em todas as fases, os resultados foram semelhantes (P>0,05). Isso significa que, em geral, a coloração das carnes provenientes dos animais Red Norte e Nelore foi semelhante.

Tabela 3. Médias por grupo genético e dia de maturação para as características de cor (L*, a*, b*, C, h*), perda de peso por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM) do músculo *longissimus dorsi*

Características	Dias	Nelore	Red Norte	Erro padrão médio
L*	1	$28,55^{Aa}$	$29,04^{Aa}$	0,416
	7	$30,28^{Ba}$	$31,05^{Ba}$	
	14	$37,28^{Ca}$	$39,21^{Cb}$	
	21	$38,83^{Da}$	$39,07^{Ca}$	
a*	1	$13,09^{Aa}$	$13,99^{Ab}$	0,290
	7	$14,69^{Ba}$	$14,59^{Aa}$	
	14	$19,45^{Ca}$	$19,18^{Ba}$	
	21	$19,30^{Ca}$	$19,28^{Ba}$	
b*	1	$1,32^{Aa}$	$1,79^{Aa}$	0,283
	7	$2,64^{Ba}$	$2,53^{Aa}$	
	14	$5,23^{Ca}$	$5,44^{Ba}$	
	21	$5,95^{Ca}$	$6,19^{Ba}$	
C*	1	$13,19^{Aa}$	$14,13^{Ab}$	0,330
	7	$14,93^{Ba}$	$14,82^{Aa}$	
	14	$20,15^{Ca}$	$19,98^{Ba}$	
	21	$20,24^{Ca}$	$20,34^{Ba}$	
h*	1	$5,73^{Aa}$	$7,36^{Aa}$	0,755
	7	$10,11^{Ba}$	$9,66^{Ba}$	
	14	$15,02^{Ca}$	$15,66^{Ca}$	
	21	$16,98^{Ca}$	$17,28^{Ca}$	
PPC	1	28,29	29,66	0,900
	7	28,96	28,19	
	14	30,71	30,35	
	21	28,67	28,67	
FC	1	$5,36^{Aa}$	$4,44^{Ab}$	0,195
	7	$4,35^{Ba}$	$3,28^{Bb}$	
	14	$4,10^{Ba}$	$3,12^{Bb}$	
	21	$3,28^{Ca}$	$2,79^{Ba}$	
IFM	1	$53,87^{Aa}$	$66,47^{Ab}$	3,280
	21	$77,54^{Ba}$	$90,48^{Bb}$	

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas não diferem entre si para $P<0,05$.

Os três parâmetros de cor mostraram evoluções ao longo do tempo de maturação, de forma que houve aumento de L*, a* e b*. Quando avaliadas as

amostras dos grupos genéticos individualmente, observa-se que: a) a luminosidade diferiu significativamente (P<0,05) entre os dias 1-7 e 7-14, mas entre os dias 14-21, só a raça Nelore mostrou diferença; b) o teor de vermelho, na raça Nelore diferiu significativamente (P<0,05) entre os dias 1-7 e 7-14 e, no composto Red Norte, as médias dos dias 1 e 7 diferiram das médias de 14 e 21 dias e c) o comportamento do teor de amarelo foi semelhante ao comportamento do teor de vermelho. Os resultados de L*, a* e b* demonstram que: a) durante a maturação, a evolução da luminosidade no composto Red Norte é mais rápida do que na raça Nelore, com diferença importante aos 14 dias; b) o teor de vermelho, no dia 1, é mais elevado em carnes de Red Norte, entretanto, nos demais momentos, a evolução é semelhante e c) a evolução do teor de amarelo é semelhante nos dois grupos genéticos.

As médias de C* e h* foram semelhantes entre os grupos genéticos, com exceção do croma às 24 horas, em que amostras de Red Norte mostraram média mais elevada do que em animais Nelore (P<0,05), comportamento detectado quando avaliado a* individualmente.

Ao longo da maturação, os parâmetros de cor C* e h* também evoluíram, de maneira que as médias mostram diferenças significativas (P<0,05) quando C* e h* passam de 7 para 14 dias. O aumento do valor de C* indica uma saturação de cor maior, ou seja, uma maior intensidade da cor respresentada no sólido de cores. Como houve aumento do valor de h para ambos os grupos genétcios, pode-se dizer que a predominancia do vermelho diminui e aumenta a do amarelo, com a aproximação da tonalidade laranja.

As coordenadas fundamentais de cor L*, a* e b* na carne retratam: a luminosidade que é influenciada pela quantidade de água da superfície da peça, consequência da capacidade de retenção de água (Purchas, 1990) e a quantidade de gordura (Cañeque et al., 2003); o teor de vermelho, que reflete as quantidades de pigmento vermelho das mioglobinas e dos citocromo C (Hedrick et al., 1983)

e o teor de amarelo que é associado à composição de carotenóides (Priolo et al., 2001). Em trabalho de revisão, Muchenjea et al. (2009) descrevem que, em bovinos, as médias de L* variam entre 33,2-41,0, as médias de a* entre 11,1-23,6 e as médias de b* entre 6,1-11,3. Em bovinos jovens, Abularach et al. (1998) classificaram carnes escuras quando L*$\leq$29,68 e carnes claras, quando L*$\geq$38,51; em relação à intensidade de vermelho, consideraram a*$\leq$14,83 como baixa e a*$\geq$29,27 como alta e, para a intensidade de amarelo, b*$\leq$3,40 como baixa e b*$\geq$8,28 como alta.

No presente trabalho, as médias de L* nos dias 1 e 7 são mais baixas do que as médias relatadas por Muchenjea et al. (2009) e podem ser consideradas como carnes escuras (Abularach et al., 1998). As médias de a* se localizaram entre os valores citados por Muchenjea et al. (2009), mas foram consideradas às 24 horas com baixa intensidade de vermelho (a*<14,83). Entretanto, as médias de L* e a*, aos 7, 14 e 21 dias, estão entre os valores descritos na literatura e considerados normais. As carnes mais escuras e com baixa intensidade de vermelho são correlacionadas com carnes com pH final elevado (Muchenjea et al., 2009). Contudo, nos resultados encontrados, as correlações entre pH e L* ($r = 0,03$, $P>0,05$) e pH e a* ($r = 0,22$, $P>0,05$) não foram significativas. O comportamento de menor luminosidade no dia 1 pode ser explicado em função de uma possível maior capacidade de retenção de água e menor perda de líquidos ao meio, associada à integridade das membranas, pois a proteólise inicia-se após as 24 horas (Koohmaraie et al., 2002). Por outro lado, a menor intensidade de vermelho (1 e 7 dias) pode ser resultado do estado da forma química dos pigmentos heme (Mancini & Hunt, 2005).

Quando analisada a diferença no índice global da diferença de cor (ΔE), representada na Figura 1, observa-se que os resultados foram semelhantes entre Nelore e Red Norte, no intervalo de 1-7 dias (3,53 e 3,22, respectivamente), 1-14 dias (3, 53 e 11,67, respectivamente) e 1-21 dias (3,53 e 12,49,

respectivamente). Entretanto, quando se comparam os grupos genéticos individualmente, ao longo do tempo de maturação, verifica-se que a evolução no período 1-7 dias difere da que ocorre no período de 7-14 dias ($P<0,05$), que é, por sua vez, semelhante à que se observa dos 14 para os 21 dias ($P>0.05$). Por outro lado, as correlações foram positivas entre a* e b*, nas diferentes fases da maturação (aos 7 dias, $r = 0,77$, $P<0,01$, aos 14 dias, $r = 0,34$, $P<0,05$ e aos 21 dias, $r = 0,73$, $P<0,01$), indicando que uma maior intensidade de vermelho foi associada a uma maior intensidade de amarelo. Outras correlações positivas foram encontradas entre L* e a*, aos 7 dias ($r = 0,34$, $P<0,05$) e entre L* e b*, aos 14 dias ($r = 0,67$, $P<0,01$), mostrando que quanto maior a luminosidade, nesse caso associado ao brilho da superfície das peças (menor capacidade de retenção de água), maior a intensidade de vermelho e de amarelo. Esses dados sugerem que a perda de água para o aspecto de cor parece ter uma conotação positiva. Em geral, as alterações observadas nas coordenadas de cor durante a maturação são esperadas, pois ocorrem os processos de proteólise de partes das estruturas celulares com perda na capacidade de retenção de água e oxidação dos pigmentos de cor.

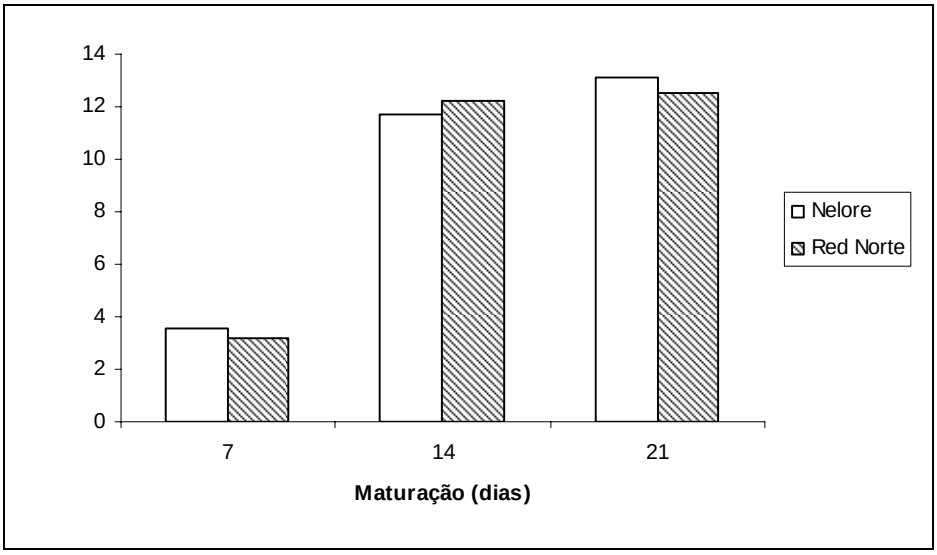

Figura 1. Médias das diferenças de índice global da cor (ΔE), em amostras de animais Nelore e Red Norte, nos tempos 7-1, 14-1 e 21-1 dias de maturação. Nessa escala, ΔE entre: 0-0,2 corresponde a imperceptível; 0,2-0,3 a muito pouco perceptível; 0,5-1,5 a pouco perceptível; 1,5-3,0 a percepção evidente; 3,0-6,0 a percepção muito evidente; 6-12 a percepção bastante clara e 12-14 a facilmente perceptível (Prändl et al., 1994).

A força de cisalhamento (FC) e o índice de fragmentação miofibrilar (IFM) são técnicas usadas para avaliar a maciez de carnes e valores mais elevados de FC correspondem a maior força necessária para romper a amostra e, portanto, maior dureza, valores mais elevados de IFM indicam maior maciez. No presente trabalho, as médias de FC foram influenciadas ($P<0,05$) pelos grupos genéticos (às 24 horas, 7 e 14 dias), bem como as médias de IFM (às 24 horas e 21 dias), de forma que amostras de Red Norte mostraram valores mais baixos de FC e maior IFM, do que as de Nelore, demonstrando que as carnes de Red Norte, no geral, foram mais macias (Figura 2). Comparando *Bos indicus* e

animais cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus*, outros autores reportaram resultados semelhantes, tais como Heinemann et al. (2003), em Limousin x Nelore e Nelore e Bianchini et al. (2007) em Nelore, ½ Simental × Nelore, Simbrasil e Simental. De forma semelhante, Crouse et al. (1989) e Rubensam et al. (1998) descrevem que, em rebanhos de animais cruzados com participação crescente do genótipo *Bos indicus*, ocorre redução na maciez da carne, o que é atribuído a diferenças na proteólise *post mortem* e a maior atividade da calpastatina, quando comparado a *Bos taurus* (Wheeler et al., 1990; Koohmaraie, 1992; Shackelford et al., 1994). Por outro lado, Santos et al. (2005) demonstraram que, em animais cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*), é possível a obtenção de vantagens zootécnicas. Assim, animais compostos, como Red Norte, podem tirar partido dos benefícios do cruzamento com *B. indicus* e produzir uma carne com as características de maciez desejáveis.

Comparando os tempos de maturação, nos distintos grupos genéticos, houve reduções significativas na FC (Figura 2), mantendo-se as diferenças entre grupos genético semelhantes ao longo da maturação. As reduções para Nelore e Red Norte, aos 7 dias, foram de 19% e 26%, respectivamente; aos 14 dias, de 24% e 30%, respectivamente e, aos 21 dias, a redução foi de 38%, em ambos os grupos genéticos. Heinemann et al. (2003), com Limousin-Nelore e Nelore, obtiveram reduções de 28% e 29%, respectivamente, em carnes maturadas por 14 dias.

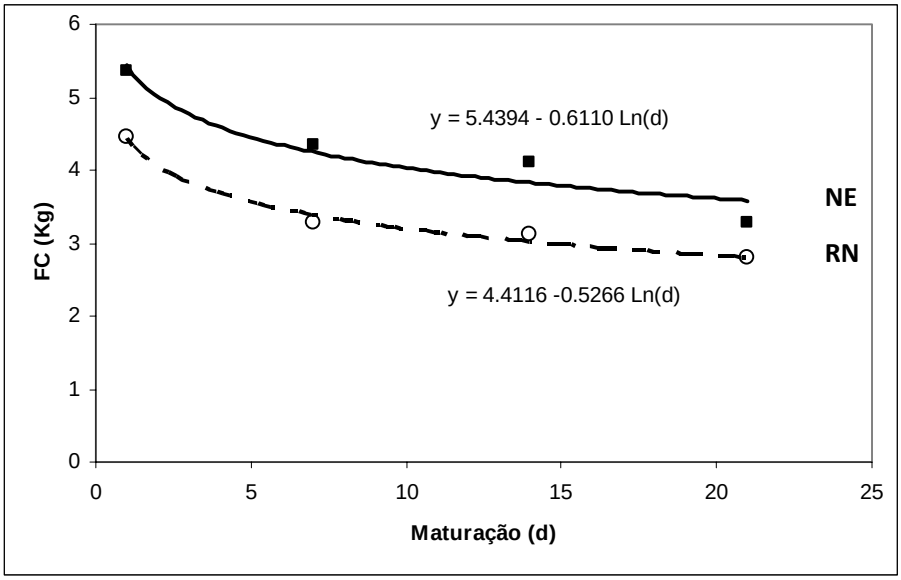

Figura 2. Evolução da maciez ao longo da maturação nos dois grupos genéticos

As correlações entre as FC nos vários momentos da maturação (Tabela 4) indicam que todas elas estão positivamente associadas, de tal forma que a uma maior maciez às 24 horas corresponde uma maior maciez aos 7, 14 e 21 dias, ainda que a correlação seja mais elevada entre a FC medida em períodos consecutivos. Ormenese (1995) encontrou alta correlação ($r = 0,77$, $p<0,001$) entre FC às 24 horas e 28 dias de maturação, em amostra de carnes bovinas.

Animais Red Norte obtiveram, aos 7 dias de maturação, uma redução na força de cisalhamento de 26%, enquanto amostras de animais Nelore mostraram reduções de 24% aos 14 dias.

Ao final dos 21 dias de maturação, animais Red Norte tiveram uma redução de 62,83% na força de cisalhamento, enquanto animais Nelore tiveram uma redução de 61,19%.

Olsson & Parrish Jr. (1977) demonstraram que um maior índice de fragmentação miofibrilar está correlacionado com menor FC e melhores notas na

avaliação sensorial para a maciez. No presente trabalho, as correlações (Tabela 4 e Figura 3) entre FC e IFM não foram significativas às 24 horas, mas o IFM, aos 21 dias, está negativamente correlacionado com a FC aos 7, 14 e 21 dias (P<0,01). Estes resultados reforçam a predominânica de que o IFM reflete o efeito da proteólise, não havendo, assim, associação com a FC às 24 horas, pelo fato de aquela ainda não ter iniciado. Contudo, à medida que a maturação progride, o IFM encontra-se mais fortemente associado com a FC, como resultado da ação da calpaína, que conduz à fragmentação das miofibrilas e, consequentemente, a uma maior maciez.

Tabela 4. Correlações entre a força de cisalhamento (FC) e o índice de fragmentação miofibrilar (IFM), em diferentes fases da maturação.

	FC_7	FC_{14}	FC_{21}	IFM_1	IFM_{21}
FC_1 (24 horas *post mortem*)	0,57**	0,58**	0,38*	-0,27	-0,28
FC_7		0,71**	0,53**	-0,12	-0,59**
FC_{14}			0,74**	-0,31*	-0,57**
FC_{21}				-0,25	-0,45**
IFM_1					0,22

** P<0,01; * P<0,05

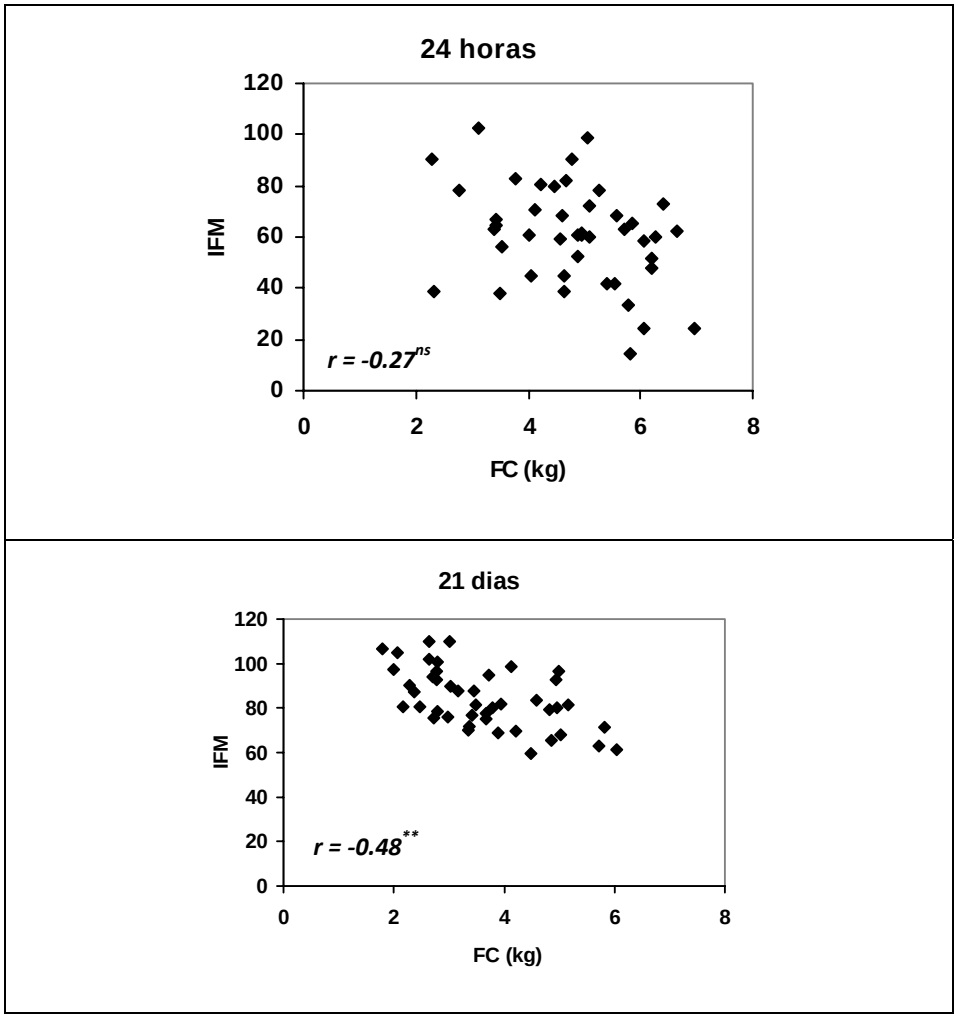

Figura 3. Relação entre força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (IFM), às 24 horas (dia 1) e aos 21 dias de maturação (^{ns} = não significativo, ** = P<0,01).

Os dados, nas análises de correlações, mostraram que a FC foi correlacionada com as coordenadas de cor (Tabela 5), de forma que, às 24 horas e aos 7 dias, quanto maior foi a intensidade de vermelho, menor foi a FC (maior a maciez). Aos 14 dias, todas as coordenados de cor foram inversamente

correlacionadas com a FC. Normalmente, a cor é associada a valores de pH com variações elevadas e desenvolvimentos atípicos na proteólise *post mortem* (Vestergaard et al., 2000).

Em bovinos, uma maior intensidade de vermelho em carnes com mais maciez pode ser reflexo do desenvolvimento inadequado das reações bioquímicas tanto de proteólise quanto no desenvolvimento da cor, em que maiores quantidades de pigmento heme, aos 30 minutos de exposição aos gases atmosféricos, são capazes de ligarem uma maior quantidade de oxigênio e formar maiores quantidades de oximioglobina na superfície ou nas proximidades da superfície das peças (Mancini & Hunt, 2005).

Tabela 5. Correlações entre as coordenadas de cor L*, a* e b*, com a força de cisalhamento, nas diferentes fases da maturação.

Dias	L	a	B
FC_1 (24 horas *post mortem*)	0,06	-0,56**	0,05
FC_7	-0,10	-0,41**	-0,28
FC_{14}	-0,42**	-0,32*	-0,33*
FC_{21}	0,12	-0,38*	-0,27*

** P<0,01; * P<0,05

Conclusões

As carnes dos animais Red Norte e Nelore, ao longo da maturação, apresentaram colorações semelhantes. Em ambos os grupos genéticos, modificações importantes de cor acontecem no intervalo de 7 a 14 dias.

A carne de animais Nelore, às 24 horas *post mortem*, apresentou-se com pouca maciez. Mas, a partir dos 7 dias de maturação, a carne tornou-se macia, embora, comparada com a carne dos animais Red Norte, esta seja a carne mais macia.

As amostras de carne de animais Red Norte foram mais macias às 24 horas, aos 7 e 14 dias *post mortem*, do que as amostras de animais Nelore, mas, aos 21 dias de maturação, a força de cisalhamento foi igual para ambos.

Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições brasileiras Capes, CNPq e Fapemig, pelo apoio na forma de bolsas e apoio individual à pesquisa e à Embrapa Pecuária Sudeste, pelo empréstimo de equipamentos. Ao auxílio da bolsista Luisa Maria Ferreira de Sousa Oliveira na condução das análises laboratoriais. Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, onde os animais foram confinados.

Referências Bibliográficas

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, n. 2, p. 205-210, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 18.ed. Arlington, 2005.

BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A. C.; JORGE, A. M.; ARRIGONI, M. D. B.; BICKERSTAFFE, R.; LE COUTEUR, C. E.; MORTON, J. D. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2109-2117, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1997.

CAÑEQUE, V.; VELASCO, S.; DÍAZ, M. T.; HUIDOBRO, F. R.; PEREZ, C. F.; LAUZURICA, S. Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. **Animal Research**, Les Ulis Cedex, v. 52, n. 3, p. 271-285, 2003.

CROUSE, J. D.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C. Comparisons of Bos indicus and Bos taurus inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 67, p. 2661-2668, Mar. 1989.

CULLER, R. D.; PARRISH, J. R.; SMITH, F. C.; CROSS, H. R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 4, p. 1177-1180, 1978.

ERIKSSON, S. F.; PICKOVA, J. Fatty acids and tocopherol levels in M. Longissimus dorsi of beef cattle in Sweden - a comparison between seasonal diets. **Meat Science**, Savoy, v. 76, p. 746-754, Aug. 2007.

FERREIRA, A. M.; CARDOSO, R. M. **Clima e reprodução da fêmea bovina.** Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1993. 35 p. (EMBRAPA–CNPGL. Documentos, 54).

GAMA, L. T. **Melhoramento genético animal.** Lisboa: Escolar Ed., 2002. 306 p.

GORNALL, A. G.; BARDAWILL, C. J.; MAXIMA, M. D. Determination of serum proteins by means of biuret reaction. **Journal of Biological Chemistry**, v. 177, n. 2, p. 751-766, 1949.

HEDRICK, H. B.; PATERSON, J. A.; MATCHES, A. G.; THOMAS, J. D.; MORROW, R. E.; STRINGER, W. G.; LIPSEY, R. J. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, p. 791-801, Mar. 1983.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTOM, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 963-971, ago. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária.** 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/ noticia_visualiza.php?id_noticia=759&id_pagina=1.2007 >. Acesso em: 15 out. 2007.

JELENÍKOVÁ, J.; PIPEK, P.; STARUCH, L. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. **Meat Science,** Savoy, v. 80, p. 870-874, Nov. 2008.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SHACKEIFORD, S. D.; VEISETH, E.; WHEELER, T. L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, Savoy, v. 62, p. 345-352, Nov. 2002.

KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. **Proceedings of Reciprocal meat conference,** Iowa, v. 45, p. 63-71, 1992.

LOWE, T. E.; DEVINE, C. E.; WELLS, R. W.; LYNCH, L. L. The relationship between postmortem urinary catecholamines, meat ultimate pH, and shear force in bulls and cows. **Meat Science**, Savoy, v. 67, n. 2, p. 251-260, 2004.

MACDOUGAL, D. B. Colour meat. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products** - advances in meat research series. London: Blackie Academic & Professional, 1994. v. 9, cap. 3, p. 79-93.

MACH, N.; BACH, A.; VELARDE, A.; DEVANT, M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. **Meat Science**, Savoy, v. 78, p. 232-238, Mar. 2008.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 100-121, 2005.

MUCHENJEA, V.; DZAMAC, B. K.; CHIMONYOA, M.; STRYDOM, M. P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry,** v. 112, n. 2, p. 279-289, 2009.

MUROYA, S.; NNAKAJIMA, I. N.; CHIKUNI, K. Difference in postmortem degradation pattern among troponin T isoforms expressed in bovine longissimus, diaphragm, and masseter muscles. **Meat Science**, Savoy, v. 72, n. 2, p. 245-251, Feb. 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requeriments of beef cattle.** 7.ed. Washington, DC, 2001. 244 p.

NEATH, K. E.; DEL BARRIO, A. N.; LAPITAN, R. M.; HERRERA, J. R. V.; CRUZ, L. C. Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during post mortem aging. **Meat Science**, Savoy, v. 75, p. 499-505, Mar. 2007.

OLSSON, 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.

ORMENESE, F. M. **Efeito do processo Tender Tainer de maturação sob pressão na maciez da carne bovina.** 1995. 93 p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

POSO, A. R.; PUOLANNE, E. Carbohydrate metabolism in meat animals: review. **Meat Science,** Savoy, v. 70, p. 423-434, July 2005.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINEL, H. **Tecnologia e higiene de la carne.** Zaragoza: Acribia, 1994. 854 p.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. **Animal Research**, Les Ulis Cedex, v. 50, n. 3, p. 185-200, Mar. 2001.

PURCHAS, R. W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**, Savoy, v. 27, p. 120-140, June 1990.

RUBENSAM, J. M.; FELICIO, P. E.; TERMIGNONI, C. Effects of the Bos indicus genotype on calpastatin activity and texture of beef from steers slaughtered in the south of Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 405-409, 1998.

SANTOS, S. A.; SILVA, R. A. M. S.; COMASTRI-FILHO, J. A.; ABREU, U. G. P.; MANNUS, M. C. Desempenho de bezerros Pantaneiros, Nelore e cruzados, criados no Pantanal, Brasil. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 54, n. 206, p. 501-508, 2005.

SAS INSTITUTE. **SAS 9.1.2 for Microsoft Windows.** Heidelberg, Germany: SAS International, 2004.

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E.; ROHRER, G. A.; SAVELL, J. W. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 857-863, Apr. 1994.

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M. F.; CROUSE, J. D.; REAGAN, J. O. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 171-177, Jan. 1991.

VAZ, F. N.; RESTLE, J.; FEIJÓ, G. L. D.; BRONDANI, I. L.; ROSA, J. R. P. R.; SANTOS, A. P. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 518-525, 2001.

VESTERGAARD, M.; OKSBJERG, N.; HENCKEL, P. Influence of feed intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. **Meat Science**, Savoy, v. 54, p. 177-185, Feb. 2000.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D. **Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement.** 1995. Disponível em: <http:// 192.133.74.26/MRU_WWW/ protocol/WBS.html>. Acesso em: 21 out. 2008.

WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 1990.

WILLIAMS, J. E.; WAGNER, D. J.; WALTERS, L. E.; HORN, G. W.; WALLER, G. R.; SIMS, P. L.; GUENTHER, J. J. Effect of production systems on performance, body composition and lipid and mineral profiles of soft tissue in cattle. **Journal of Animal Science**, Oklahoma, v. 57, p. 1020-1027, 1983.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo