



**PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.**

**Diferença entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e sua influência sobre a qualidade da carne<sup>1</sup>**

---

Leandro Sâmia Lopes<sup>2</sup>

Parte do exame de qualificação do autor (1)

Doutor em Zootecnia – UFLA/DZO – leandrosamia@yahoo.com.br (2)

---

**Resumo**

Tem-se por objetivo nesta revisão apresentar diferenças existentes entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e suas conseqüências sobre a qualidade da carne. A bovinocultura de corte no Brasil é um dos segmentos de carne que mais tem dificuldades para se organizar e superar obstáculos para a sua manutenção e expansão de mercado. As oportunidades de expansão do mercado de carne bovina são intimamente associados à capacidade competitiva do setor produtivo, sendo assim, qualidade vem a ser um ponto fundamental. A produção de bovinos de corte no Brasil é baseada na utilização de animais zebuinos puros ou mestiços, para a obtenção de cruzamentos industriais. A associação de características como predominância de sangue zebu, animais inteiros criados a pasto e idade elevada de abate, favorece a produção de carcaças com pouca gordura de cobertura, carne escura e dura e marmorização ausente ou escassa. A maciez é a principal característica organoléptica a ser considerada, sendo a maior responsável pela aceitação por parte dos consumidores. Dentre os fatores que influenciam a maciez da carne,

LOPES, L.S. Diferença entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e sua influência sobre a qualidade da carne. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 18, Ed. 123, Art. 833, 2010.

destacam-se: genética, raça, idade ao abate, sexo, alimentação, uso de agentes hormonais e tratamentos *post mortem*. A medida que a participação de genótipo *Bos indicus* aumenta em cruzamentos com *Bos taurus*, a atividade da calpastatína e a força de cisalhamento aumentam resultando em uma carne mais dura. Uma das alternativas que poderia ser feita, independente do grupo genético, seria a produção de animais jovens em condições de abate no intuito de obter uma carne mais macia com baixa quantidade de colágeno. O conhecimento da fisiologia do crescimento e dos processos físicos e químicos que ocorrem na transformação dos tecidos em carne pode ser de grande utilidade quando se visa a obtenção de um produto de qualidade.

**Termos para indexação:** Bovinos de corte, maciez, qualidade de carne

## **Difference between *Bos indicus* and *Bos taurus* and its influence on the meat quality**

### **Abstract**

The objective of this review is to show the difference between *Bos indicus* and *Bos taurus* and their consequences on the meat quality. The beef cattle in Brazil are one of the segments of meat that is more difficult to organize and overcome obstacles to their maintenance and expansion of the market. The opportunities for expansion of the beef market are closely linked to the competitiveness of the productive sector, thus, quality becomes a key point. The production of beef cattle in Brazil is based on the use of pure zebu or crossbred to obtain industrial crossings. The combination of characteristics such as predominance of zebu, whole animals raised on pasture and older age of slaughter, promotes the production of carcasses with little fat cover, brown meat and hard marbling absent or scarce. The softness is the main organoleptic characteristic to be considered and the most responsible for the acceptance by consumers. Among the factors that influence beef tenderness, are: genetics breed, slaughter age, sex, diet, use of hormonal agents and treatment post-mortem. As the participation of *Bos indicus* genotype increases

in crosses with *Bos taurus*, calpastatin activity and shear force increase resulting in a tougher meat. One alternative that could be done, regardless of genetic group, would be the production of young animals in slaughtering conditions in order to obtain a more tender meat good low amount of collagen. The physiology of growth and physical and chemical processes that occur in the processing of tissue in meat can be very useful when it is aimed at producing a quality product.

**Index Terms:** Beef Cattle, tenderness, meat quality

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com aproximadamente 170 milhões de cabeças (Anualpec, 2008). Não distantes destes números, a bovinocultura de corte no Brasil é um dos segmentos de carne que mais tem dificuldades para se organizar e superar obstáculos para a sua manutenção e expansão de mercado. Um dos maiores problemas da indústria da carne bovina no Brasil reside na falta de uniformização da idade de abate dos animais, cobertura de gordura e marmorização da carne, fatores estes que exercem grande influência na qualidade da carne.

As oportunidades de expansão do mercado de carne bovina são intimamente associados à capacidade competitiva do setor produtivo, sendo assim, qualidade vem a ser um ponto fundamental. A maciez é a principal característica organoléptica a ser considerada, sendo a maior responsável pela aceitação por parte dos consumidores (Paz & Luchiari Filho, 2000).

Dentre os fatores que influenciam a maciez da carne, destacam-se: genética, raça, idade ao abate, sexo, alimentação, uso de agentes hormonais e tratamentos *post mortem* (Alves e Mancio, 2007).

A produção de bovinos de corte no Brasil é baseada na utilização de animais zebuinos (*Bos indicus*) puros ou mestiços, para a obtenção de cruzamentos industriais. A associação de características como predominância

de sangue zebu, animais inteiros criados a pasto e idade elevada de abate, favorece a produção de carcaças com pouca gordura de cobertura, carne escura e dura e marmorização ausente ou escassa.

Savell e Shackelford (1992), ao analisarem o significado da maciez para a indústria da carne, sugerem que para melhorar o grau de satisfação que a carne proporciona ao consumidor, deve se reduzir a variabilidade genética do gado de corte, e também que a carne com mais de 25% de genótipo *Bos indicus* é inaceitável para consumidores americanos.

Pesquisas recentes têm evidenciado que as proteases ativadas pelo íon cálcio, denominadas calpaínas, são enzimas relacionadas à proteólise *post mortem*, que levam a um aumento progressivo na maciez da carne. Desse modo, surgiu-se um grande interesse no seu estudo por sua influência nas qualidades sensoriais na carne bovina (Rubensam *et al.* 1998). Whipple *et al.* (1990) estudando as características responsáveis pela maciez da carne, concluíram que a atividade da enzima calpastatína constitui-se como uma importante característica de predição de textura, o que pode ser explicado pelo coeficiente de correlação existente com força de cisalhamento.

Diante do exposto, tem-se por objetivo nesta revisão apresentar diferenças existentes entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e suas consequências sobre a qualidade da carne.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Maciez da carne**

A dureza da carne pode ser dividida em pelo menos dois compartimentos: a) dureza residual, causada pelo tecido conjuntivo (colágeno e elastina) e outras proteínas do estroma; b) dureza da actomiosina, causada pelas proteínas miofibrilares. Existem na literatura, resultados conflitantes sobre maciez ou dureza carne já que determinados trabalhos mostram

correlação entre quantidade de colágeno e dureza da carne, enquanto outros não mostram boa correlação, pois o colágeno contribui com apenas uma das duas características responsáveis pela dureza. Segundo Sgarbieri (1996), animais que apresentam alto teor de tecido conjuntivo, este irá contribuir para uma maior dureza total da carne, estando assim o colágeno diretamente relacionado com a dureza total. Por outro lado, animais que apresentam baixo teor de tecido conjuntivo e a dureza da actomiosina é elevada, não haverá boa correlação entre tecido conjuntivo e dureza da carne.

Oliveira (2000), relatou que, dentre os fatores *ante mortem*, a raça é a característica que apresenta maior correlação com a maciez da carne. Historicamente animais *Bos indicus* eram identificados como animais de carne dura, devido principalmente ao regime de terminação e a idade avançada de abate, quando comparados com raças precoces de animais *Bos taurus*. Outras justificativas que eram dadas para uma carne com menor maciez, era a alta correlação positiva entre idade de abate e o número de ligações cruzadas termoestáveis do colágeno dos músculos, e conseqüentemente resultando em um endurecimento da carne.

Apenas 2% da proteína total do músculo é colágeno entretanto, esta proteína é responsável por muitas mudanças que ocorrem na textura da carne durante o cozimento. A taxa e a extensão dessas mudanças dependem da maturidade do colágeno, e também de fatores externos, como taxa de aquecimento, umidade e o preparo da carne (Hadlich, et al. 2006). De acordo com Bailey (1985), é vantajosa a utilização de animais continentais (*Bos taurus*) pois possuem pouca quantidade de colágeno e o fato de serem animais tardios em relação à maturidade, também apresentam maturidade tardia do colágeno.

Segundo Oliveira (2000), foi preconizado até o final dos anos 80 uma série de modificações no sistema de produção visando a obtenção de carcaças com melhores acabamentos (deposição de gordura) oriundos de animais jovens com o intuito de resolver o problema da maciez da carne zebuina. Porém os resultados não foram satisfatórios, pois mesmo com a utilização de

animais jovens com bom acabamento, não foi capaz de produzir uma carne aceitável, o que pode ser definida como aquela carne que apresenta força de cisalhamento inferior a 4,5 Kg.

## **2.2 Influência da alimentação na maciez da carne**

A influência da alimentação na maciez da carne está associada ao grau de acabamento da carcaça (espessura de gordura subcutânea) e com o teor de gordura intramuscular na carcaça.

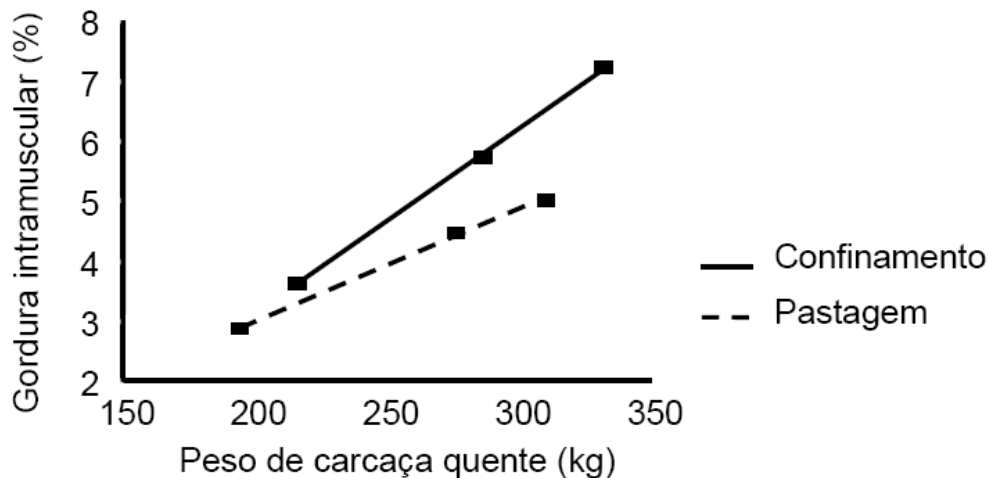
De acordo com Smith (2001), as carcaças de animais bem acabados, com cobertura de gordura adequada e com gordura de marmoreio, apresentam carne mais macia quando analisadas por técnicas. O efeito da gordura de marmorização na maciez seria em função da diminuição da densidade da carne, com a menor tensão entre as camadas de tecido conjuntivo, propiciando maior deslize da proteína pelos lipídeos.

Outra característica relacionada com carcaças bem acabadas, na fase que antecede o *rigor mortis*, é a capacidade de evitar o endurecimento da carne pelo frio conhecida como *cold shortening* ou encurtamento do sarcômero pelo frio. A gordura de cobertura atua como um isolante térmico impedindo que ocorra um rápido declínio da temperatura evitando o *cold shortening* durante o congelamento da carcaça (Felício, 1997).

Animais com ingestão de dietas com alta densidade energética, que permitam maiores ganhos, vão atingir a composição corporal adequada mais rapidamente, diferentes de animais submetidos a dietas ingestão moderada de energia, pois apresentaram ganhos menores, que por sua vez apresentaram carcaças fisiologicamente mais jovens, isto é carcaças mais magras, levando assim um maior tempo para a terminação que seus contemporâneos em dietas de alta energia (Owens et al., 1995).

As maiores alterações na proporção de gordura intramuscular, se deve ao tipo de terminação adotada. Animais terminados em confinamento, onde se

utiliza grande quantidade de grãos e conseqüentemente um maior fornecimento de energia disponível, apresentam maiores teores de gordura de marmoreio, quando comparados a animais terminados a pasto (Figura 1). Valores estes que podem ser até 40% superior quando se compara os dois tipos de terminação (Pethick, et al. 2002).



**Figura 1:** Teor de gordura intramuscular e evolução do peso de carcaça de bovinos terminados em diferentes regimes alimentares. (Fonte: Lobato e Freitas, 2005).

## 2.3 Influência de genótipo

### 2.3.1 Qualidade da Carne

Segundo Felício et al. (1988), animais zebuínos, principalmente Nelore, apresentam maior rendimento de carcaça quando comparados a animais de raças taurinas, devido as menores proporções de cabeça, patas e vísceras. Da mesma forma, Cundiff (1992) comparou mestiços de touros da raça Nelore (vacas Angus e Hereford), com mestiços de outras raças incluindo Charolesa e Piemontesa abatidos com 417 dias, com mais de 500 Kg, e constatou que os

mestiços Nelore tiveram maior rendimento de carcaça que todos os cruzamentos comparados no experimento.

No mesmo experimento, Cundiff (1992) demonstrou que a carne da progênie de touros *Bos Indicus* (Brahman, Sahiwal e Nelore) é menos macia, aproximadamente 25% na força de cisalhamento, que mestiços Hereford-Angus.

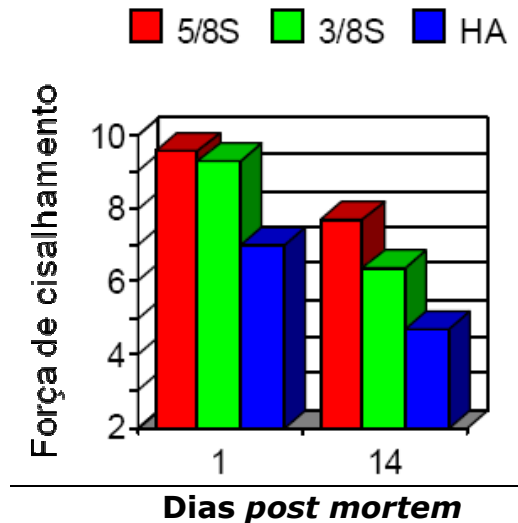
No experimento conduzido por Whipple et al. (1990) os mestiços Hereford-Angus (HA) apresentaram menores valores de força de cisalhamento do que os 3/8 e 5/8 Sahiwal (*Bos Indicus*) no 1º dia *post mortem*. Após 14 dias, a carne dos 3/8 foi significativamente mais macia que dos animais 5/8, o que pode ser entendido como uma maior resposta a maturação. Mesmo com a diminuição da força de cisalhamento ao longo dos 14 dias, os valores ainda foram considerados inaceitáveis (FC > 5,0 Kg).

Na figura 2, fica evidenciado que quanto maior a participação do genótipo *Bos indicus* menor é o efeito da maturação ao longo do tempo, e segundo o autor, a carne dos animais *Bos taurus* já estaria passando por um processo natural de tenderização nas primeiras 24 horas *post mortem*, enquanto o processo de tenderização dos animais *Bos indicus* ocorre nas primeiras semanas.

Crouse et al. (1989), avaliaram durante 4 anos características qualitativas da carne de 422 bovinos oriundos de cruzamento *Bos taurus* com animais *Bos indicus*. As raças taurinas foram Angus e Hereford enquanto as zebuínas foram Brahman e Sahiwal, onde os animais cruzados apresentaram os seguintes graus de sangue zebu:taurino (0:100; 25:75; 50:50; 75:25). Todos animais foram submetidos ao mesmo manejo e abatidos com idade de 12 a 15 meses com semelhante grau de acabamento. Analisou-se a qualidade da carne através da força de cisalhamento e de painel sensorial feito por técnicos treinados. Pode-se notar que a medida que aumenta o grau de sangue zebu, ocorre um aumento na força de cisalhamento bem como um decréscimo nas notas dos painéis sensoriais. Tendências de decréscimo no grau de



marmoreio (gordura intramuscular) também ficou evidenciado com o aumento do genótipo zebuíno (Tabela 1).



**Figura 2:** Efeito da maturação na força de cisalhamento do músculo Longissimus dorsi de *Bos taurus* (Hereford x Angus) e *Bos indicus* (3/8 e 5/8 Sahiwal). Adaptado de Whipple (1990).

**TABELA 1.** Maciez da carne bovina avaliada por força de cisalhamento (FC) e painel de degustação em função do genótipo animal.

Genótipo	Força de Cisalhamento <sup>(1)</sup>	Painel <sup>(2)</sup>
Raças taurinas	4,40	5,35
25% Brahman	5,16	5,16
50% Brahman	5,80	4,93
75% Brahman	6,68	4,51
25% Sahiwal	5,64	4,93
50% Sahiwal	6,64	4,61
75% Sahiwal	8,41	4,09

<sup>(1)</sup> Kgf; <sup>(2)</sup> 1 = dura; 8 = macia

Fonte: Adaptado de Crouse et al. (1989).

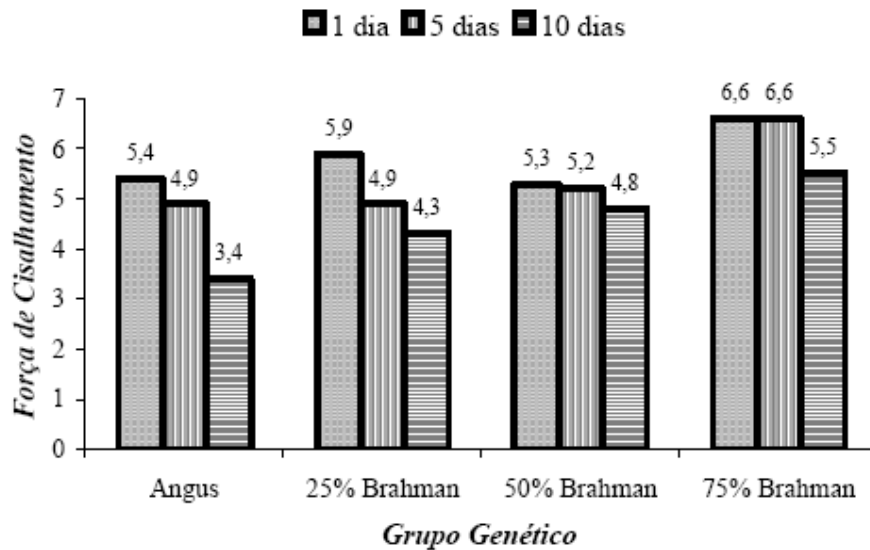
### **2.3.2 Maturação da carne bovina**

Carne maturada pode ser definida como aquela resultante do processo que consiste em manter a carne refrigerada sob temperatura próximas de 0°C por um período suficiente para torná-la não apenas amaciada, como também melhorar outras qualidades organolépticas inerentes, como por exemplo, o sabor (Puga et al. 1999).

O processo é iniciado pela atividade das enzimas pertencentes ao sistema *calpaínas*, também conhecidas como CAF – enzimas fatoradas pelo cálcio. Este sistema será discutido posteriormente no próximo tópico.

Jonhson et al. (1990), ao estudarem carne de bovinos Angus e Brahman, em estágio semelhante de deposição de gordura subcutânea, observaram diminuição da maciez e aumento da força de cisalhamento nos animais que apresentavam maior grau de sangue zebuíno. No mesmo trabalho, foi avaliado também o efeito do tempo de maturação na força de cisalhamento, onde verificou-se que em animais que apresentavam 0% e 25% de sangue zebuíno foram mais responsivos ao processo de maturação, onde o mesmo não aconteceu com animais que apresentavam 50% ou mais do genótipo *Bos indicus* (Figura 3).

Crouse et al. (1989) sugeriram que a principal causa da diferença na maciez da carne fosse devido a maior fragmentação da miofibrila e por menor quantidade de tecidos conjuntivos em animais taurinos que em animais zebuínos. Por outro lado, Jonhson et al. (1990) não observaram diferenças entre as quantidades de tecido conjuntivo entre animais Brahman e Angus.



**FIGURA 3.** Efeito do tempo de maturação na força de cisalhamento de carnes com diferentes graus de genótipo *Bos indicus*. (Adaptado de Jonhson et al., 1990).

Hadlich et al. (2006) ao trabalharem com animais 1/2 Nelore x 1/2 Aberdeen Angus, 1/2 Nelore x 1/2 Simental e Nelore abatidos com 12 a 15 meses de idade não apresentaram diferenças ( $P > 0,01$ ) entre os grupos genéticos para força de cisalhamento. Porém houve diferença ( $P < 0,01$ ) entre período de 24 horas de resfriamento e os tempos de 7 e 14 dias de maturação. Porém, não houve diferença ( $P > 0,01$ ) entre 7 e 14 dias de maturação (Tabela 2).

**TABELA 2.** Valores de força de cisalhamento (Kgf) das amostras de três grupos genéticos com diferentes períodos *postmortem*.

Grupo Genético	Período <i>postmortem</i>			Média
	24 h	7 dias	14 dias	
1/2 N x AA	4,54 <sup>a</sup>	3,18 <sup>b</sup>	3,00 <sup>b</sup>	3,57 <sup>A</sup>
1/2 N x S	4,98 <sup>a</sup>	3,06 <sup>b</sup>	2,83 <sup>b</sup>	3,62 <sup>A</sup>
Nelore	4,45 <sup>a</sup>	2,96 <sup>b</sup>	2,49 <sup>b</sup>	3,30 <sup>A</sup>
Médias	4,66 <sup>a</sup>	3,07 <sup>b</sup>	2,77 <sup>b</sup>	

a,b,c Médias seguidas por letras minúsculas na mesma linha, não diferem entre si ( $P > 0,01$ ) pelo teste SNK; Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na mesma coluna, não diferem entre si ( $P > 0,01$ ) pelo teste SNK.

A existência de diferenças entre 7 e 14 dias de maturação para todos os grupos genéticos é de extrema importância para a cadeia da carne bovina, devido ao menor tempo que o produto necessitará ficar nas dependências das indústrias frigoríficas para atingir maciez desejável para o mercado consumidor (Hadlich, et al. 2006).

Os resultados obtidos para força de cisalhamento demonstraram que a utilização de cruzamentos com 50% de genótipo *Bos indicus* não causou prejuízo na qualidade de carne de animais abatidos com 12 a 15 meses de idade no modelo superprecoce.

Estes resultados contrariam os resultados encontrados por Morgan et al. (1991), que afirmaram a possibilidade de prejuízo na palatabilidade da carne bovina quando são utilizados contendo grande participação de genótipo *Bos indicus* no cruzamento, devido à tendência desses animais apresentarem menor marmorização, o que resulta em uma carne de menor maciez quando comparada a carne de animais *Bos taurus*.

### **2.3.3 Influência da genética sobre a maciez da carne**

A genética possui contribuição significativa para a variação total da maciez, que é diferente dentro de raças (Alves et al., 2005).

Segundo O'Connor et al. (1997), foram feitos estudos nos Estados Unidos para elaborar uma base de dados genéticos para as diferenças na maciez da carne bovina, com o principal objetivo de diferenciar *Bos indicus* e *Bos taurus*. Porém de acordo com os dados obtidos, sugerem que a variação entre reprodutores dentro de raças é maior que a diferenças entre várias raças. De acordo com Green et al. (2004), a seleção do reprodutor para a melhoria da palatabilidade da carne surtiria maiores efeitos.

Devido a variabilidade genética encontrada entre os animais em relação a concentração de calpastatína nos músculos, a seleção contra essa enzima pode resultar em melhorias na maciez da carne. Shackelford et al. (1994)

relataram que a herdabilidade para a enzima calpastatina é alta ( $h=0,65$ ), e que a correlação da calpastatina com a força de cisalhamento é de 0,50.

Os métodos para a determinação da atividade da calpastatina requer amostras de carne 24 horas *post mortem*, denominada calpastatina pós-rigor, o que inviabilizaria a utilização desta característica em programas de seleção. Porém, segundo Oliveira (2000), o *United States Meat Animal Research Center* (USMARC) vem utilizando um método rápido para a determinação da calpastatina, usando o teste Elisa. Da mesma maneira, outra técnica que vem sendo utilizada na predição da maciez da carne, é o índice de fragmentação da miofibrila, pois requerem menos tempo, são mais baratas. Assim esse índice pode ser medido por meio de biopsia para a identificação de reprodutores com potencial genético para maciez da carne.

A maciez da carne bovina constitui fator estratégico para garantir a estabilidade e/ou expansão de mercado. No entanto, estratégias visando o melhorias na qualidade da carne que impliquem em aumento nos custos de produção podem ter efeitos adversos na rentabilidade do sistema produtivo e na obtenção de novos mercados. Considerando a importância de animais de genótipo zebuino no agronegócio brasileiro, a seleção contra calpastatina, bem como um programa de melhoramento visando maciez da carne, surgem como alternativas para uma produção de carne zebuina naturalmente macia (Alves et al. 2005).

Magnabosco et al. (1997), citado por Vozzi et al. (2004), relataram que a raça Nelore é formada por apenas 6 linhagens ou linhas familiares. Desse modo a população geneticamente efetiva no Nelore atual se restringe ao uso de poucos reprodutores e matrizes. Assim as linhagens são de fundamental importância para a manutenção da variabilidade genética da raça, tornando possível a resposta a seleção para diversas características de interesse econômico, em especial, a qualidade de carne.

As perspectivas futuras na seleção contra calpastatina melhoram a medida em que ocorre o avanço no entendimento da biotecnologia, precisamente quando se analisa o mapeamento genético, na identificação de

marcadores para maciez e na utilização assistida por marcadores moleculares (Alves, et. Al. 2005).

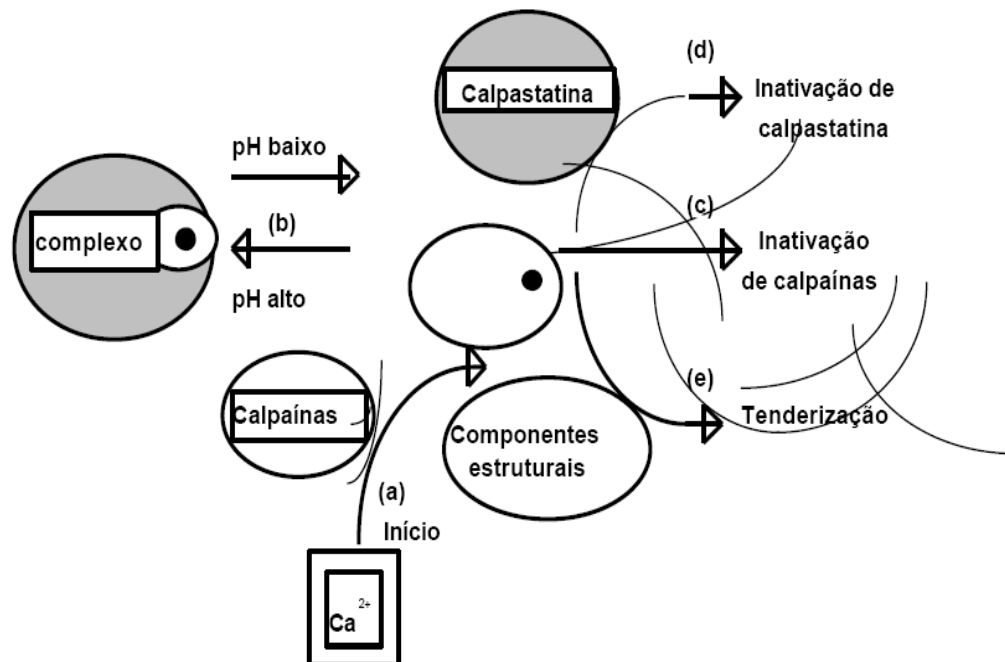
#### **2.3.4 Complexo enzimático calpaína – calpastatina**

A maciez da carne bovina aumenta com o tempo no armazenamanto *postmortem*, e isto é assumido que a proteólise é parcialmente responsável pelo aumento na maciez da carne (Boehm et al. 1998). De acordo com Taylor et al 1995), estudos realizados nos últimos 25 a 30 anos indicam que as calpaínas tem a principal função na proteólise *post mortem* que conduz ao amaciamento da carne.

O complexo enzimático das calpaínas é formado por duas enzimas: 1) Proteinase ativada por concentração micromolar de cálcio, ou  $\mu$ -calpaína, ou calpaína tipo I sendo bastante efetiva em amaciar a carne logo após o abate (6 a 10 horas), quando as concentrações de cálcio no sarcoplasma se elevam de  $10^{-7}$  moles/litro para  $10^{-6}$  a  $10^{-5}$  moles/litro e o pH decai de 6,8 para aproximadamente 5,7; e 2) Proteinase ativada por concentração milimolar de cálcio, ou m-calpaína, ou calpaína tipo II. Essas enzimas são ativadas por cálcio livre (não retido no retículo sarcoplasmático ou nas mitocôndrias). São ativadas quando o pH está em tomo de 5,7 e é responsável pela continuidade do processo de amaciamento, estando ativa em tomo das 16 horas *post mortem* e assim permanecendo por longos períodos. (Koohmaraie, 1992).

O mecanismo de ação mais aceito para a tenderização da carne é a degradação e/ou enfraquecimento do disco Z. As calpaínas atuam promovendo a liberação da  $\alpha$  actina e a degradação das troponinas T e I e proteína C, porém as calpaínas não degradam as miosinas e actinas. A queda na atividade da calpaína pode ser também atribuída ao declínio de pH e temperatura mas o principal fator relacionado a queda na atividade é a inativação via calpastatina (Hopkins & Taylor, 2004).

O mecanismo mais aceito atualmente sugere a capacidade de ligação da calpastatína com a calpaína, inibindo assim suas interações, ou a degradação da calpastatína pelas calpaínas permitindo que grupo enzimático mantenha suas atividades. Uma outra explicação é que a distribuição de calpastatína na célula é alterada pelo aumento e queda dos níveis intracelulares de cálcio livre e estes regulam a atividade das calpaínas (Figura 4) (Hopkins & Taylor, 2004).



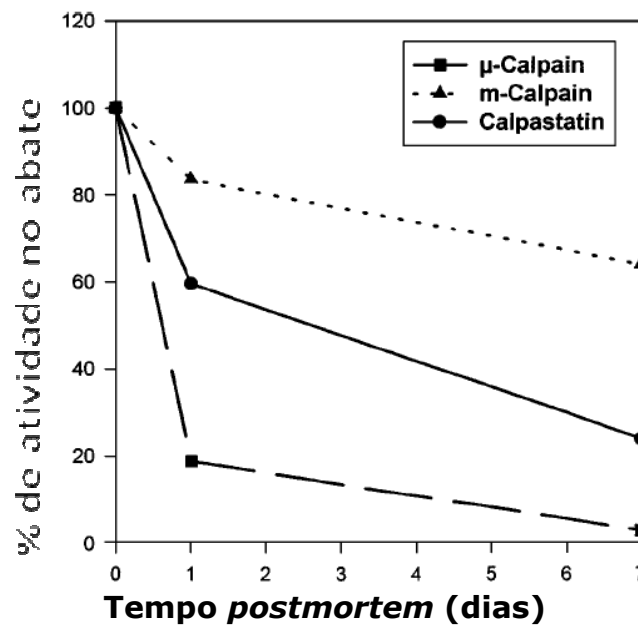
**Figura 4:** Modelos de ativação das calpaínas e tenderização de carne, segundo Dransfield (1993) citado por Felício (1994). **(a) Início:** As calpaínas são ativadas pelo aumento na concentração de cálcio; **(b) Complexação:** O equilíbrio entre calpaínas-ativadas e calpaína ligada à calpastatína determina o nível de calpaína-ativadas livres, que aumenta com o declínio do pH; **(c) Inativação de calpaínas-ativadas livres:** Se dá por autólise. **(d) Inativação das calpastatínas:** A inativação da calpastatína se dá por proteólise; **(e) Tenderização:** Proteólise dos componentes estruturais das miofibrilas pelas calpaínas-livres ativadas.

Wheeler et al. (1990) demonstraram que animais de genótipo *Bos indicus* apresentavam maiores concentrações da enzima calpastatína nos músculo em relação a animais *Bos taurus*. Wheeler et al. (1990) e Koohmaraie

(1992) atribuíram 15% na variabilidade na maciez da carne bovina devido a diferenças de marmoreio e colágeno. Por outro lado, os autores relataram que 85% da variabilidade na maciez está ligada as transformações no *post mortem*.

Segundo trabalho publicado por Boehm et al. 1998, a atividade da m-calpaína muda suavemente durante o armazenamento *post mortem*, onde aproximadamente 83% da atividade da m-calpaína no momento do abate permanece após 1 dia *post mortem* e 63% da atividade da m-calpaína no momento do abate permanece após 7 dias de *post mortem* (Figura 4). Ao contrário da m-calpaína, a calpastatina e a  $\mu$ -calpaína apresentaram uma rápida diminuição nas suas atividades *post mortem*.

De acordo com o mesmo autor, a diminuição na atividade da calpastatina foi altamente variável, variando de 17 a 67% do abate à 24 h *post mortem* e de 15 a 38% do abate à 7 dias *post mortem*. Já a  $\mu$ -calpaína diminuiu sua atividade mais rapidamente e de forma mais consistente que a atividade da calpastatina (Figura 5).



**Figura 5.** Mudanças na atividade da  $\mu$ -calpaína, m-calpaína, e calpastatina durante o armazenamento *post mortem*. (Adaptado de Boehm et al. 1998).

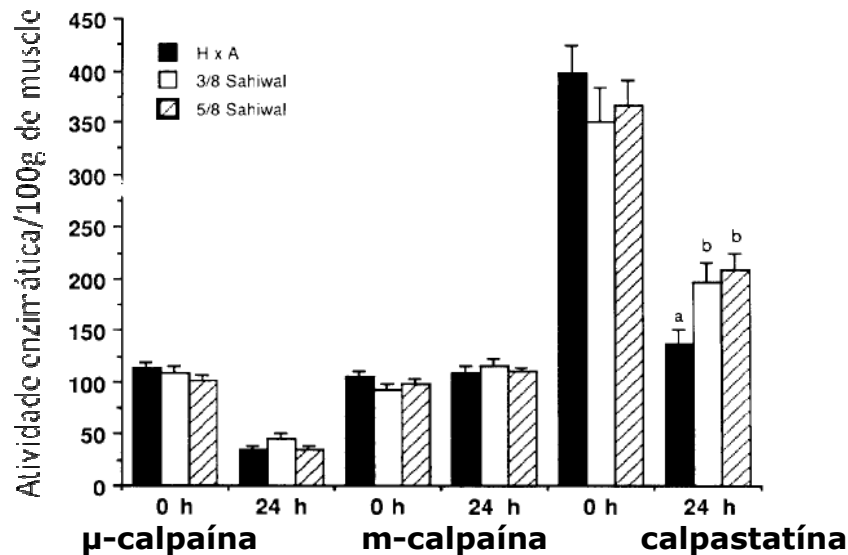


Com um dia após abate, a atividade da  $\mu$ -calpaína é somente 20% da atividade no momento do abate, e com 7 dias após abate, a atividade é de menos que 4% da atividade da  $\mu$ -calpaína no momento do abate. Foi inicialmente proposto que a perda da atividade de calpastatína e  $\mu$ -calpaína durante o armazenamento *post mortem* fosse causado pela degradação proteolíticas destas moléculas. Esta degradação proteolítica foi proposta ser o resultado da extensiva autólise da  $\mu$ -calpaína para pequenos polipeptídeos proteolicamente inativos e pela degradação da calpastatína seja pela  $\mu$ -calpaína ou por outras proteases endógenas (Koochmaraie et al. 1989).

De acordo com Morgan et al. (1991), existe um aumento gradativo de cálcio solúvel em água na carne bovina durante o armazenamento *post mortem*. Esta concentração de cálcio intracelular é alta suficiente para ativar as  $\mu$ -calpaína mas não as m-calpaínas. A quantidade de  $\mu$ -calpaína ativa restante em qualquer momento no *post mortem* reflete a extensão de quanto da enzima foi ativada e portanto há uma relação inversa com a quantidade de proteólise que ocorre no armazenamento *post mortem*.

Whipple et al. (1990) utilizando animais mestiços Hereford-Angus (HA), 3/8 e 5/8 Sahiwal (*Bos Indicus*) mediram a taxa de atividade da m-calpaína,  $\mu$ -calpaína e da calpastatína no músculo *longissimus dorsi* e observaram mesmo comportamento do experimento realizado por Boehm et al. 1998), onde a m-calpaína apresentou pouca alteração ao longo do tempo, porém a  $\mu$ -calpaína e a calpastatína diminuíram de forma acentuada sua atividade ao longo do tempo (Figura 6). E esta diminuição das atividades enzimáticas que está diretamente relacionada com o aumento na maciez da carne.

A atividade inicial das calpaínas e da calpastatína foram semelhantes entres as raças. Embora as raças cruzadas terem mostrado mesma quantidade de declínio da atividade da  $\mu$ -calpaína em 24 h, uma significativa diferença na maciez foi encontrada (Figura 2). A maior quantidade de calpastatína apresentanda nos animais Sahiwal (*Bos indicus*) resultam em uma diminuição da  $\mu$ -calpaína em hidrolizar as proteínas miofibrilares.



**Figura 6:** Atividade da  $\mu$ -calpaína, m-calpaína e da calpastatína no músculo *longissimus dorsi* no momento do abate e 24 h após abate de 3 cruzamentos distintos. Barras com letras diferentes diferem entre si ( $P < 0,05$ ).

A atividade da calpastatina medida 24 h após abate armazenada em  $1^{\circ}\text{C}$  é recentemente relacionado à maciez, com coeficientes de correlação de 0,64 e 0,66 entre atividade da calpastatina em 24 h e força de cisalhamento para carnes de ovinos e bovinos respectivamente (Koochmaraie et al. 1996).

## 2.4 Alternativas de manejo alimentar associada a maciez da carne

### Vitamina D

Uma alternativa de manejo alimentar associada a maciez da carne é o fornecimento de vitamina  $\text{D}_3$ . O uso de vitamina  $\text{D}_3$  para o amaciamento da carne é uma tecnologia recente, que consiste no fornecimento de médios a altos níveis de vitamina  $\text{D}_3$  por via oral (Morgan, 1998).

Trabalho realizado por Swanek *et al.* (1999) com o fornecimento de 7,6 milhões de UI/animal durante dez dias antes do abate permitiu uma quantidade de cálcio livre no *Longissimus dorsi* suficientes para ativar as calpaínas tipo I e II e, conseqüentemente promovendo a maciez da carne. De acordo com o mesmo autor, a teoria mais aceita para o uso da vitamina D<sub>3</sub> é o aumento da concentração plasmática de cálcio por estimular a absorção intestinal do cálcio, pela mobilização de cálcio dos ossos, e através da 1,25-dihidroxitamina D<sub>3</sub>, a qual aumentou a reabsorção renal do cálcio. Além da mobilização do cálcio, a vitamina D<sub>3</sub> estimula a entrada do cálcio em células musculares esqueléticas.

Montgomery *et al.* (2002) realizou um experimento com 168 novilhos cruzados mantidos em dietas de alto concentrado e utilizou níveis crescentes de vit. D<sub>3</sub> (0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 7,5 milhões de UI/animal) 9 dias antes do abate. Nos últimos 21 dias de confinamento, a suplementação com vit. D<sub>3</sub> inibiu o ganho médio diário bem como a ingestão de matéria seca (Tabela 3).

**Tabela 3:** Efeito da suplementação com D<sub>3</sub> em novilhos 9 dias consecutivos antes do abate, peso inicial, peso final, consumo de matéria seca e ganho médio diário durante os últimos 21 dias de alimentação.

	Tratamento de Vit.D <sub>3</sub> (milhões de UI/animal/dia)						P
	0	0,5	1,0	2,5	5,0	7,5	
P. Inicial (Kg)	504	502	506	507	503	506	0,986
P. Final (Kg)	511	511	509	506	500	495	0,580
CMS (Kg/dia)	5,47	5,39	5,17	4,72	4,58	4,26	0,382
GMD (Kg/dia)	0,35 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	-0,04 <sup>ab</sup>	-0,16 <sup>ab</sup>	-0,54 <sup>ab</sup>	0,021

a,b Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si (P>0,05)

A concentração de cálcio plasmático e muscular cresceu linearmente com o fornecimento de vit. D<sub>3</sub> (P>0,05), porém a suplementação não influenciou as características de qualidade nem as atividade das enzimas

calpaínas e da calpastatina (Tabela 4). As características sensoriais e a maciez foram afetadas positivamente com a suplementação.

**Tabela 4:** Efeito da suplementação com D<sub>3</sub> em novilhos 9 dias consecutivos antes do abate no conteúdo de cálcio do *Longissimus dorsi*, atividade da  $\mu$ -calpaína, m-calpaína e calpastatina.

	Tratamento de Vit.D <sub>3</sub> (milhões de UI/animal/dia)						P
	0	0,5	1,0	2,5	5,0	7,5	
Cálcio (mg/100g)	48,6 <sup>c</sup>	57,2 <sup>bc</sup>	77,9 <sup>a</sup>	65,1 <sup>ab</sup>	65,1 <sup>ab</sup>	76,6 <sup>a</sup>	0,008
$\mu$ -calpaína <sup>d</sup>	0,50	0,51	0,45	0,38	0,49	0,40	0,767
m-calpaína <sup>d</sup>	0,34	0,37	0,029	0,29	0,38	0,29	0,881
Calpastatina <sup>d</sup>	0,55	0,41	0,41	0,32	0,53	0,53	0,818

a,b,c Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si (P>0,05)

d: atividade das calpaínas e da calpastatina foram determinadas em amostras de *Longissimus dorsi* no pré rigor e representam unidade de atividade/grama.

Scanga et al. (2001) utilizaram 192 animais cruzados Charolis x Hereford sob regime de confinamento e demonstraram que animais tratados com uma combinação de vitamina D<sub>3</sub> e carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) apresentaram menor peso vivo final, ganho médio diário e menor consumo de matéria seca. Houve aumento dos níveis de cálcio sérico total, o que demonstrou a capacidade da vitamina D<sub>3</sub> em aumentar a quantidade de cálcio circulante, porém não foi observado efeito de tratamento com vitamina D<sub>3</sub> na força de cisalhamento.

Pedreira (2002) trabalhou com 36 animais Nelore castrados fornecendo 0; 3; 6 e 9 milhões de UI de vit. D<sub>3</sub>/dia/animal 10 dias consecutivos antes do abate não encontrou diferença nas principais características de carcaça, na concentração de cálcio no plasma, na concentração de cálcio no músculo. Já para força de cisalhamento, houve efeito de dose (P>0,01) em relação ao tempo de maturação, onde a dose de 6 milhões de UI apresentou menor força de cisalhamento.

Ainda há uma falta de resultados coesos sobre os efeitos da suplementação de vitamina D<sub>3</sub> bem como a quantidade fornecida e o número de dias de suplementação. Por outro lado, muitos autores concluíram que o tratamento com vitamina D<sub>3</sub> tem a capacidade de melhorar a maciez quando os animais apresentam tendências de apresentarem carnes mais duras, ou seja pode ser eficiente na utilização de animais *Bos indicus* e sem nenhum impacto em animais que já apresentam uma carne macia como animais *Bos taurus*.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A medida que a participação de genótipo *Bos indicus* aumenta em cruzamentos com *Bos taurus*, a atividade da calpastatína e a força de cisalhamento aumentam resultando em uma carne mais dura.

Uma das alternativas que poderia ser feita, independente do grupo genético, seria a produção de animais jovens em condições de abate no intuito de obter uma carne mais macia com baixa quantidade de colágeno.

Estudos ainda são necessários para o melhor entendimento do mecanismo calpaína – calpastatína, pois não há ainda trabalhos conclusivos de como é a atuação de cada enzima no processo de proteólise das fibras musculares. Da mesma maneira, existe a necessidade de mais trabalhos relacionados a utilização de manipuladores de maciez como a vitamina D e cloreto de cálcio, pois os dados presentes ainda são contraditórios.

Devido a base do rebanho brasileiro ser composto por animais zebuínos (*Bos indicus*) uma das alternativas viáveis seria a seleção de animais bem como um programa de melhoramento genético visando animais com baixa atividade da calpastatína, visando uma produção de carne zebuína naturalmente macia.

O conhecimento da fisiologia do crescimento e dos processos físicos e químicos que ocorrem na transformação dos tecidos em carne pode ser de grande utilidade quando se visa a obtenção de um produto de qualidade.

LOPES, L.S. Diferença entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e sua influência sobre a qualidade da carne. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 18, Ed. 123, Art. 833, 2010.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.D.; MANCIO, A.B. Maciez da Carne Bovina – Uma Revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, n.1, v.14, p. 193-216, 2007.

ALVES, D.D.; GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B. Maciez da Carne Bovina. **Ciência Animal Brasileira**, n.3, v.6, p. 135-149, 2005.

ANUALPEC 2008. *Anuário da pecuária brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2008. 380p.

BAILEY, A.J. The role of collagen in the development of muscle and relationship to eating quality. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 60, n. 6, p. 1580-1587, 1985.

BOEHM, M.L.; KENDALL, T.L.; THOMPSON, V.F.; GOLL, D.E. Changes in the calpains and calpastatins during postmortem storage of bovine muscle. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 2415-2434, 1998.

CROUSE, J.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**, v.67, n.10, p.2661-2668, 1989.

CUNDUFF, L.V. Genetic selection to improve the quality and composition of beef carcasses. In: **Proc. Rec. Meat Conference**, Colorado State University **45**: p. 123-131, 1992.

FELÍCIO, E.P. Fatores *ante* e *post mortem* que influenciam na qualidade da carne bovina. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. **Produção do Novilho de Corte**. Piracicaba: FEALQ, 1997, p. 79-97.

FELÍCIO, P.E. de; CORTE, O.O.; PICCHI, V. Rendimentos de carcaça e de subprodutos de abate de novilhos das raças Nelore e Pitangueiras de dois grupos etários. In: **Anais XI Congresso da Soc. Bras. Ciências e Tecnologia De Alimentos**, Recife, p.109, 1988.

GREEN, R.D.; FIELD, T.G.; HAMMETT, N.S. Can cow adaptability and carcass acceptability both be achieved? **Proceedings...** Disponível em: <<http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0927.pdf>> Acesso em: 02 set. 2008.  
HADLICH, J.C.; MORALES, D.C.; SILVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, H.N.; CHARDULO, L.A.L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum**, v.28, n.1, p.57-62, 2006.

HOPKINS, D.L.; TAYLOR, R.G. *Post mortem* Muscle Proteolysis And Meat Tenderness. In: TE PAS, M.F.W.; EVERTS, M.E.; HAAGSMAN, H.P. **Muscle Development Of Livestock Production: Physiology, Genetics and Meat Quality**. Cabi Publishing, p.363-388, 2004.

JONHSON, D.D.; HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E. Effects of percentage de Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal of Animal Science**, v.68, n.7, p.1980-1986, 1990.

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

KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45., 1992, Knoxville. **Proceedings...**Knoxville: American Meat Science Association, 1992. P. 63-71.

LOPES, L.S. Diferença entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e sua influência sobre a qualidade da carne. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 18, Ed. 123, Art. 833, 2010.

KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J.D.; MERSMANN, H.J. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. **Journal of Animal Science**, v.67, p.934-942, 1989.

LOBATO, J.F.P.; FREITAS, A.K. **Carne bovina: Mitos e verdades**. Pré-congresso do 60º Congresso da sociedade brasileira de cardiologia, FIERGS, Porto Alegre, 2005.

MAGNABOSCO, C.U.; CORDEIRO, C.M.T.; TROVO, J.B. **Catálogo de linhagens do germoplasma zebuino: raça Nelore**. Brasília: Embrapa - Cenargen, 52p., 1997.

MONTGOMERY, J.L.; CARR, M.A.; KERTH, C.R.; HILTON, G.G.; PRICE, B.P.; GALYEAN, M.L.; HORST, R.L.; MILLER, M.F. Effect of vitamin D<sub>3</sub> supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers. **Journal of Animal Science**, v.80, n.4, p 971-981, 2002.

MORGAN, J.B.; WHEELER, TL.; KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J.D.; SAVELL, J.W. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, v.71, p.408-414, 1991.

O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; WULF, D.M. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 7, p. 1822-1830, 1997.

OLIVEIRA, A. de L. Maciez da carne bovina. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.33, p.7-18, 2000.

OWENS, F.N.; GILL, D.R.; SECRIST, D.S. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 10, p. 3152-3157, 1995.

PAZ, C.C.P. de; LUCHIARI FILHO, A. Melhoramento genético e diferenças de raças com relação à qualidade de carne bovina. **Pecuária de Corte**, n.101, p.58-63, 2000.

PEDREIRA, A.C.M.S. **Características qualitativas do músculo longissimus dorsi de animais *Bos indicus* tratados com vitamina D<sub>3</sub>**. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba, 2002. 45p.

PETHICK, D.W.; HARPER, G.; ODDY, H. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. In: MARBLING SYMPOSIUM, 2001. **Proceedings...** Disponível em: <[http://www.beef.crc.org.au/documents/ HeatherBurrow.pdf](http://www.beef.crc.org.au/documents/HeatherBurrow.pdf)> Acesso em: 8 set. 2008.

PUGA, D.M.U.; CONTRERAS, C.J.C.; TURNBULL, M.R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20611999000100016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611999000100016&lng=en&nrm=iso)> Acesso em :16 set. 2008.

RUBENSAM, J.M; FELÍCIO, P.E.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 1235-1241, 1998.

SAVELL, J.; SHACKELFORD, S.D. Significance of tenderness to the meat industry. In: **Proc. Rec. Meat Conference**, Colorado State University **45**: p. 43-50, 1992.

SCANGA, J.A.; KELK, K.E.; TATUM, J.D.; SMITH, G.C. Supranutritional oral supplementation with vitamin D<sub>3</sub> and calcium and the effects on beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.79, n.4, p.912-918, 2001.

LOPES, L.S. Diferença entre animais *Bos indicus* e *Bos taurus* e sua influência sobre a qualidade da carne. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 18, Ed. 123, Art. 833, 2010.

SGARBIERI, V.C **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo, SP: Varela, 1996. P.517.

SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIFF, L.V. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine post rigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner- Brastzler shear force, retail product yield, and growth rate. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 4, p. 857-863, 1994.

SMITH, G.C. Factors affecting the palatability of beef. In: FUTURE BEEF OPERATIONS SEMINAR. 2001. **Proceedings**... Disponível em: < <http://ansci.colostate.edu/ran/beef/index.html>> Acesso em: 3 set. 2008.

SWANEK, S.S.; MORGAN, F.N.; OWENS, D.R. Vitamin D<sub>3</sub> supplementation of beef steers increases *Longissimus dorsi* tenderness. **Journal of Animal Science**, v.77, n.4, p.874-881, 1999.

TAYLOR, R.G.; GEESINK, G.H.; THOMPSON, V.F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D.E. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? **Journal of Animal Science**, v. 73, p.1351-1367, 1995.

VOZZI, P.A., MARCONDES, C.R., BEZERRA, L.A.F. et al. Estudo da variabilidade genética na raça Nelore mediante análise de pedigree. In: 41ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande, SBZ, 2004. (CD-ROM).

WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROOS, H.R. 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.

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** **68**: p.2716-2728, 1990.