

Maciez da carne bovina e sua relação com o crescimento e os tipos de fibra musculares

Relationship of meat tenderness with muscle fibers and cattle growth

Janaina Conte Hadlich^[a], Rogério Abdallah Curi^[a], Marina Gabriela Berchiol da Silva^[a], Marco Aurélio Factori^[b], Antonio Carlos Silveira^[c], Luis Artur Loyola Chardulo^[a]

^[a] Zootecnistas, Doutores, professores da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Botucatu, SP - Brasil, e-mail: jana.hadlich@gmail.com; rogcuri@fmvz.unesp.br; gabiberchiol@hotmail.com; lachard@ibb.unesp.br

^[b] Zootecnista, Doutor, Pós-doutorado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Botucatu, SP - Brasil, e-mail: mafactori@yahoo.com.br

^[c] Engenheiro agrônomo, Doutor, professor da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Botucatu, SP - Brasil, e-mail: acsilveira@fmvz.unesp.br

Resumo

A pecuária brasileira passa por um momento de grande importância, atravessando a barreira de uma pecuária produtora de *commodities* para uma pecuária que elabora produtos diferenciados, padronizados e com qualidade. E, para isso, a pecuária precisa mostrar-se eficiente desde a produção dos animais até o produto que chegará à mesa do consumidor, seja ele brasileiro ou consumidor dos países importadores da carne brasileira. Apesar dessa posição de destaque no cenário econômico, a pecuária de corte nacional, composta, principalmente, por bovinos *Bos indicus*, se caracteriza por apresentar uma produtividade aquém de todo o potencial que pode expressar, além de apresentar grande variação na qualidade da carne, fatos que podem comprometer a competitividade do produto brasileiro no mercado mundial. São inúmeros os fatores que podem influenciar na qualidade final da carne bovina, em especial a maciez, que é uma das características mais desejadas pelos consumidores. Dentre os fatores que influenciam nas características da carne bovina, o crescimento do animal, ou seja, a ampliação da dimensão e a composição das fibras do tecido muscular esquelético dos bovinos é um dos fatores que pode ser utilizado no entendimento e justificativa quanto à qualidade da carne bovina. Neste sentido, o objetivo desta revisão foi avaliar a influência dos tipos de fibras musculares e do crescimento na maciez da carne bovina.

Palavras-chave: *Bos indicus*. Bovinos de corte. Novilho superprecoce. Qualidade de carne.

Abstract

The Brazilian livestock industry is passing through an important moment in history, over passing the barrier of a commodity-based industry to a livestock market that produces differentiated and standardized quality products.



*Thus, the livestock industry needs to show efficiency from the farm all the way through the consumer, who could be Brazilian or a foreigner of a country that imports Brazilian beef. Despite this notable position in the global economic scenario, the national livestock, which is composed mainly by *Bos indicus* cattle, is characterized by having a production yield that falls short to the full potential of the country's production system. In addition, there is great variation in the meat quality, which may undermine the competitiveness of Brazilian products in the global market. Countless factors can influence the final quality of beef products, especially tenderness, which is one of the most desired characteristics from the consumers' perspective. Animal growth, which is represented by the expansion in body size and the composition of the fibers from the skeletal muscle, is one of the key features that can be used to forecast and justify the quality of beef. Therefore, the objective of this review was to evaluate the influence of muscle fiber characteristics and animal growth in beef tenderness.*

Keywords: *Beef cattle. Bos indicus. Meat quality. Superprecoce bullocks.*

Introdução

A bovinocultura de corte brasileira apresenta indiscutível importância econômica para o país, está entre as principais atividades produtivas do agronegócio brasileiro, contando com um rebanho com mais de 200 milhões de animais, destacando o Brasil entre os maiores produtores e exportadores de carne bovina *in natura* no mundo (IBGE, 2010). No entanto não existe um consenso científico relacionado ao desempenho dos animais e da carne proveniente deles. Segundo Barbosa et al. (2008), os sistemas de produção são heterogêneos quanto à incorporação de tecnologias e a quantidade de bovinos criados com uso de tecnologias de suplementação nutricional (confinamento, semiconfinamento e pastagens de inverno) ainda é baixa.

A pecuária brasileira passa por um momento de grande mudança, atravessando a barreira de uma pecuária produtora de *commodities* para uma pecuária que elabora produtos diferenciados, padronizados e com qualidade. E, para isso, a pecuária precisa apresentar tanto eficiência quanto um controle mais rigoroso nas etapas que vão desde a criação dos animais até o produto final, a carne, que chegará à mesa do consumidor brasileiro ou do consumidor dos países importadores da carne brasileira.

Apesar da posição de destaque no cenário econômico, a pecuária de corte nacional, composta majoritariamente por animais da subespécie *Bos indicus* e por produtos de seu cruzamento com animais da subespécie *Bos taurus*, ainda apresenta

produtividade relativamente baixa, visto que a taxa de desfrute do rebanho no ano de 2012 foi de 19,5% (ABIEC, 2012), inferior a dos Estados Unidos e Austrália que apresentaram 38% e 30,9%, respectivamente (ALVES, 2012). Ainda, segundo Alves (2012), a taxa de desfrute mede a capacidade do rebanho em gerar excedente, ou seja, representa a produção (em arrobas ou cabeças) em um determinado espaço de tempo em relação ao rebanho inicial. Quanto maior a taxa de desfrute, maior a produção interna do rebanho.

Além da baixa produtividade, há grande variação na qualidade da carne produzida, fatos que podem comprometer a competitividade deste setor no mercado globalizado. Dentre os fatores que explicam estes aspectos negativos, destacam-se a variabilidade genética das raças bovinas utilizadas na produção de carne e a grande variação dos sistemas de produção adotados (LIMA JÚNIOR, 2011).

Apesar da proximidade filogenética, as duas subespécies (*Bos indicus* e *Bos taurus*) apresentam características fenotípicas bastante distintas com reflexos marcantes na eficiência produtiva (PRADO et al., 2008), reprodutiva (PINHEIRO et al., 1998) e na qualidade da carne (HUFFMAN et al., 1990) produzida. De maneira geral, os zebuínos apresentam grande rusticidade, caracterizada pela adaptação às condições climáticas das regiões tropicais e pela resistência e tolerância aos endo e ectoparasitas, bem como a algumas doenças infectocontagiosas. Os taurinos, por sua vez, são menos adaptados ao clima tropical e apresentam maior suscetibilidade às

doenças e infestações parasitárias. Em contrapartida são conhecidos pela maior eficiência no que se refere aos parâmetros produtivos e reprodutivos quando se encontram em ambiente favorável ao seu desempenho (PEIXOTO, 2010).

O objetivo desta revisão foi expor a relação existente entre o crescimento do tecido muscular e a qualidade da carne bovina, em especial a maciez.

Crescimento animal

Durante o desenvolvimento do animal ocorrem mudanças na composição da carcaça quanto às quantidades de músculo, gordura e ossos. Nesse período fatores genéticos e ambientais podem influenciar na deposição de tais tecidos. Segundo Berg e Buterfield (1976), os animais apresentam duas vezes mais músculos que ossos ao nascimento, e a velocidade de crescimento do tecido muscular também é maior que a dos ossos no período pós-natal, resultando numa maior proporção músculo/osso quando o animal alcança a maturidade, período em que o crescimento do tecido muscular desacelera (SANTOS, 1999).

O crescimento é considerado uma das formas mais importantes de produção animal porque influi decisivamente sobre as demais funções exploradas pelo homem nas espécies domésticas (BERG; BUTTERFIELD, 1976). É um fenômeno biológico complexo, que envolve as interações entre fatores hormonais, nutricionais, genéticos e de metabolismo (BULTOT et al., 2002), sendo definido como o aumento do tamanho, decorrente de mudanças na capacidade funcional de vários órgãos e tecidos do animal, que ocorrem desde a concepção até a maturidade (SILLENCE, 2004).

Os animais durante a fase de crescimento apresentam maior eficiência na conversão dos alimentos em peso corporal, graças à maior deposição de proteína em relação à de gordura. Segundo Robelin e Tulloh (1992), imediatamente após o nascimento, na faixa de peso entre 40 e 100 kg, ocorre um rápido acréscimo na quantidade de músculos (de 37% para 45% do peso vivo vazio), reflexo do elevado coeficiente de crescimento observado nesta fase. Em virtude dos menores requerimentos energéticos de manutenção há um maior direcionamento da energia para ganhos, colaborando, dessa forma,

com a melhor eficiência animal encontrada nessa fase (NRC, 1996).

Por essa razão o abate de animais jovens é uma estratégia interessante que visa a explorar ao máximo a eficácia na deposição de massa muscular que ocorre durante o crescimento. A deposição de tecido varia em cada fase da vida do animal. Animais mais jovens depositam mais músculo (proteína e água) que gordura, enquanto animais mais pesados, geralmente após a puberdade, retêm maiores quantidades de gordura que músculo (BRODY, 1945). Kuss et al. (2010) descobriram que animais abatidos aos 16 meses apresentaram carne mais macia que aqueles abatidos aos 26 meses. Independente da idade de abate, quando os novilhos não foram castrados, apresentaram carne de cor mais escura, textura grosseira e menor marmorização, e conseqüentemente, menor palatabilidade e suculência.

A eficiência produtiva e econômica dos sistemas de produção de gado de corte é dependente de manejo alimentar, genética animal e a interação entre estes. A eficiência produtiva é um dos pilares para que os negócios agropecuários possam atingir níveis satisfatórios de competitividade. Na pecuária, a busca por aumento da produção por meio de ganhos de produtividade, em detrimento do aumento do rebanho, tem levado a uma reestruturação dos sistemas produtivos de bovino de corte. A reestruturação é baseada na eficiência produtiva, sendo esta diretamente relacionada à eficiência econômica dos sistemas de produção (SIMÕES; MOURA; ROCHA, 2007).

Dessa forma é indiscutível a necessidade de avaliações dentro dos sistemas de produção quanto ao desempenho e às características de carcaça de diferentes grupos genéticos de bovinos (HUFFMAN et al., 1990; LUCHIARI FILHO, 2000). Com base na curva de crescimento dos bovinos de corte, são obtidas as informações relevantes para que sejam estabelecidos planejamentos estratégicos de manejo e de práticas nutricionais (GRANT; HELFERICH, 1991; BULLOCK; BENYSHEK; BERTRAND, 1993; ARRIGONI et al., 1998; MAHER et al., 2004), o que contribui para a adoção de tecnologias que se enquadram apropriadamente aos animais utilizados.

De acordo com NRC (1984), há semelhança na biologia básica do crescimento de todos os bovinos de corte, mas existem diferenças no tamanho à

maturidade e nas taxas de crescimento, o que gera acentuada influência na aplicação das práticas de manejo e dos princípios de nutrição.

A composição dos diversos tecidos do animal não é constante, pois com o avanço da idade surgem maiores quantidades de tecido adiposo e menores de água e aumento da proteína e das cinzas na massa livre de gordura (BERG; BUTTERFIELD, 1976). Com o incremento do peso vivo do animal, geralmente acima de um ano de idade, ocorrem decréscimo na proporção de proteína e aumento na proporção de gordura no peso de corpo vazio. Isso em razão da redução do crescimento muscular e do aumento do desenvolvimento do tecido adiposo (BACKES et al., 2005).

A importância da padronização dos sistemas de produção de carne é a garantia da qualidade do produto que atenda as exigências de mercado (SILVEIRA, 2003). Luchiari Filho (1998) relatou que a utilização de bovinos, jovens e não castrados, é uma alternativa viável para a produção de carne, dada a atual demanda de mercado por um produto magro e mais saudável, visto que novilhos não castrados apresentam carne com menor grau de marmorização, ou seja, a gordura que se encontra depositada entre as fibras musculares e que não é possível de ser removida para o preparo da carne (KUSS et al., 2010).

O modelo do novilho superprecoce explora a máxima eficiência biológica dos animais, que pode ser definida, primariamente, como o ganho de peso vivo em relação ao consumo de energia, sendo este um excelente sistema intensivo de criação de bovinos e, conseqüentemente, de produção de carne. O sistema concilia os efeitos da manipulação de fatores genéticos e das modificações ambientais (alimentos, manejos alimentares e suplementos) nas transformações

e desenvolvimento dos tecidos durante a fase acelerada de crescimento, objetivando o aumento da eficiência biológica dos animais (SILVEIRA, 1999). A taxa, a eficiência de ganho de peso e as características de carcaça são os maiores determinantes da eficiência de sistemas de produção de carne bovina.

O ponto inicial para se estabelecer o sistema superprecoce está na escolha das raças para compor os cruzamentos industriais, uma vez que a precocidade é uma característica herdável e a escolha dos animais deve recair nas raças, linhagens, ou mesmo indivíduos menores que alcancem a puberdade primeiro, o que coincide com os animais mais eficientes para a habilidade materna das matrizes no processo, não deixando de lado o cruzamento inicial (SILVEIRA, 1999). As raças podem ser classificadas quanto ao tamanho corporal e o grau de musculabilidade (Quadro 1) onde as raças estão distribuídas quanto ao tamanho à maturidade e o grau de musculabilidade.

O tamanho corporal dos animais é mensurado utilizando-se o método do *Frame size*, no qual atribui-se escala numérica crescente para os diferentes portes de animais. Segundo Pineda e Koury (2003), o conceito de *frame* (Universidade de Missouri, USA) é estabelecido por meio de uma equação matemática que descreve o crescimento considerando-se a altura da garupa e a idade do animal no momento da medida. O *frame* é expresso por valores (de 1 a 10), podendo-se considerar que dentro de um rebanho os animais com notas de (8, 9 e 10) são os de maior *frame*, (5, 6 e 7) de *frame* médio e o restante de *frame* menor. Essas medidas estão fortemente relacionadas ao tamanho das carcaças e conseqüentemente na deposição de gordura nas carcaças.

Quadro 1 - Classificação das raças de acordo com grau de musculabilidade e tamanho

| Tamanho | Grau de musculabilidade | | |
|---------|---|---|---|
| | Grossa | Moderada | Fina |
| Pequeno | | Angus, Gir, Red Angus | Gir leiteiro, Jersey, Pitangueiras |
| Médio | Belgian Blue, Limousin, Piemontês | Brahman, Brangus, Canchin, Hereford, Nelore | Caracu, Ayrshire, Lincoln red, Shorthorn Leiteiro |
| Grande | Blounde D'Aquitaine, Charolês, Chianina, Fleckieh | Marchigiana, Pardo Suiço, Simental | Holandês, South Devon |

Nota: Adaptação de Santos et al. (1999).

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Pineda e Koury (2003), a musculosidade é avaliada pela evidência da massa muscular, sendo que os indivíduos com musculatura mais convexa recebem notas mais altas, classificando-se tais indivíduos como de musculatura “grossa”, enquanto que animais menos convexos são classificados como de musculatura “fina”.

Dentre os principais fatores que alteram o crescimento dos ruminantes, Owens, Dubeski e Hanson (1993) relataram que as relações entre tamanho corporal à maturidade (*Frame-size*), a absorção dos nutrientes para a formação dos vários tecidos corporais, bem como as técnicas de manipulação da nutrição animal têm sido mais estudadas com o intuito de explorar ao máximo todo o potencial de crescimento.

O tamanho à maturidade, de modo geral é considerado como o ponto no qual a massa muscular atinge seu máximo crescimento, ou seja, a máxima hipertrofia das células do tecido muscular com consequente aumento do desenvolvimento do tecido adiposo (OWENS; DUBESKI; HANSON, 1993).

Segundo Arrigoni et al. (2004), a determinação da composição corporal e da quantidade de carne produzida é uma interessante ferramenta. Isso quando trabalha-se no modelo biológico superprecoce, pois dessa maneira é possível determinar a eficiência biológica de animais de diferentes tamanhos à maturidade e otimizar a utilização dos recursos alimentares para cada genótipo, ponto crítico para a eficiência do processo de produção de novilho superprecoce onde os animais são abatidos, aproximadamente, aos 12 meses de idade.

Crescimento do tecido muscular

Existe uma grande variação individual na qualidade de carne entre os animais da mesma e de diferentes raças, sexo e ambiente, gerando ainda uma série de discussões e pesquisas para que essas disparidades sejam esclarecidas (LAWRIE, 1985). A variação é provavelmente causada por diferenças em vários fatores conhecidos e desconhecidos, intrínsecos (genéticos) e extrínsecos (ambiente), os quais interagem e determinam os resultados dos processos metabólicos no período pré e *post mortem* (KLONT; BROCKS; EIKELENBOOM, 1998). Dentre estes fatores podem ser citados a composição da fibra muscular, a área de fibra e a quantidade de capilares dos músculos.

Essas diferenças podem ocorrer entre diferentes músculos de um mesmo animal ou entre animais. Outras variáveis relacionadas e que podem influenciar na qualidade da carne são a localização do músculo, a idade, o peso e a raça (CASSENS; COOPER, 1971; ÉSSEN-GUSTAVSSON, 1995).

O *turnover* de proteínas e o sistema de deposição destas diferem entre os tipos de fibras (GARLICK et al., 1989). Pesquisadores acreditam que diferenças quanto à taxa de crescimento podem ter impacto em um tipo de fibra específico (BAILLIE; GARLICK, 1991). Neste caso, a resposta diferencial dos tipos de fibras para as estratégias de crescimento em relação ao tamanho da fibra e a respectiva ocupação de sua área por tipos diferentes de fibras, pode ter impacto na qualidade de carne, e consequentemente contribuir com a dissonância quanto às características de qualidade de carne (MALTIN et al., 2001).

A avaliação das fibras musculares esqueléticas pode ser uma ferramenta utilizada para acompanhar o crescimento dos animais em razão da idade e das particularidades de desenvolvimento do músculo (ARRIGONI, 2004).

Crescimento muscular e qualidade da carne bovina

A pecuária brasileira passa por um momento de grandes mudanças. A cadeia produtiva de carne bovina que se baseava em um sistema convencional de produção, em que a grande preocupação era a produtividade, hoje o setor produtivo também tem direcionado seus passos à melhoria da qualidade da carne. Ou seja, fornecer produtos diferenciados que possuam valor agregado e não sejam vistos e valorizados somente como *commodities*. Pecuáristas, associações de raça, frigoríficos e entidades relacionadas à cadeia produtiva de carne bovina, têm implementado a qualidade de seus produtos por meio da criação de programas de qualidade: carnes com marcas próprias, carnes com características diferenciadas, como por exemplo, menor quantidade de gordura, carnes com marcas associadas a certas raças, cortes especiais, padronização de cortes, processamentos, como a maturação que melhora a maciez da carne, são algumas das ações que estão sendo realizadas no setor visando à valorização e melhor qualidade do produto carne.

Dentre as características que compõem a qualidade sensorial da carne bovina, a maciez é considerada a de maior impacto na satisfação dos consumidores. O mecanismo biológico responsável pelo processo de amaciamento da carne tem sido alvo de muitos estudos envolvendo características de qualidade de carne e mostrando o efeito da associação de fatores, como produção (idade, sexo, alimentação, raça, etc.), atributos sensoriais (cor, textura, sabor) e características biológicas do tecido muscular (colágeno, fibras, lipídeos, enzimas, etc.) (RENAND et al., 2001).

Koohmaraie (2003), estudando diferentes raças de bovinos, observaram que aproximadamente 46% das variações na maciez da carne são por causa da genética, enquanto que 54% das variações são explicadas pelo efeito de ambiente. Quando a análise é feita dentro de uma mesma raça, a genética explica 30% das variações na maciez, enquanto que 70% são dependentes do efeito de ambiente.

As diferenças na maciez da carne, quando a análise é feita entre indivíduos da mesma raça (incluindo *Bos indicus*), é tão grande quanto aquela entre raças. Assim é permitido vislumbrar a produção de carne de qualidade a partir dos animais que compõem o rebanho nacional, visto que tal rebanho é composto basicamente por animais de raças zebuínas e seus cruzamentos, considerados como produtores de carne de maciez inferior.

Mesmo utilizando animais geneticamente superiores, os fatores ambientais ainda são responsáveis pela maioria das variações na maciez da carne. Dessa maneira é necessário que os pontos críticos de controle relacionados à produção de carne com atributos de qualidade sejam observados e controlados (KOOHMARAIE, 2003).

A associação entre características de qualidade, em especial a maciez, e características dos tipos de fibras musculares, têm sido muito estudada nos últimos anos. Pesquisas envolvendo a maciez da carne e o tipo de fibra têm demonstrado a ocorrência de correlações entre estas duas características (OCKERMAN et al., 1984; KARLSSON et al., 1993; MALTIN et al., 2001; CHANG et al., 2003; RYU; KIM, 2005).

A nomenclatura adotada para os diferentes tipos de fibras segue os critérios de Peter et al. (1972), que classificaram as fibras em SO (fibras de contração lenta, metabolismo oxidativo e coloração vermelha),

FOG (contração rápida, metabolismo oxidativo-glicolítico e coloração intermediária) e FG (contração rápida, metabolismo glicolítico e coloração branca).

Pesquisadores (OCKERMAN et al., 1984; MALTIN et al., 1998) encontraram em seus estudos correlação positiva entre a proporção das fibras do tipo I, ou seja, fibras de metabolismo oxidativo (SO) ou contração lenta, e maciez medida por painel sensorial na carne de bovinos. No entanto essas associações ainda são contraditórias, visto que Zamora, Chaib e Dransfield (1998) observaram que a maior ocorrência de fibras do tipo I (SO) e tipo IIA (FOG) no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos estão positivamente relacionadas com carnes de menor maciez.

Estudos envolvendo o estado nutricional, a taxa de crescimento antes do abate e o processo de amaciamento da carne têm gerado muitos resultados e, mesmo assim ainda é um assunto com muitos questionamentos (THERKILDSEN et al., 2002). Os mesmos autores relataram a possibilidade da maciez da carne ser afetada pela taxa de crescimento. Essa relação é estabelecida pelo aumento da fragmentação miofibrilar no *post mortem*, apresentada por animais com maior taxa de crescimento. Neste mesmo sentido, Renand et al. (2001) já haviam descoberto que animais com maior taxa de crescimento apresentaram tendência em produzir carne mais macia sem que fossem alterados seu sabor e suculência.

O efeito do sistema de produção nas características das fibras musculares está relacionado, principalmente, aos diferentes níveis de atividade física, aos níveis de ingestão de alimento (THERKILDSEN et al., 1998) e a alimentação utilizada (pastagem ou confinamento), visto que o efeito do exercício pesado é pouco relatado e estudado em bovinos.

Pesquisas em que se estudou a relação entre o reduzido nível de alimentação e as características das fibras musculares mostraram que o baixo nível alimentar pode conduzir a uma maior frequência de fibras SO ou FOG e menor frequência de FG (JOHNSTON et al., 1981; SEIDEMAN; CROUSE, 1986; YAMBAYAMBA; PRICE, 1991).

A composição da fibra muscular de diferentes músculos esqueléticos pode ser um dos fatores mais importantes que influenciam os eventos bioquímicos associados com a conversão deste tecido em carne. No geral, músculos compostos predominantemente de fibras FG são mais suscetíveis à glicólise no *post mortem*,

ao desenvolvimento do *rigor mortis* e à proteólise que músculos compostos predominantemente por fibras SO (MONIN; QUALI, 1991).

As fibras musculares podem ser classificadas de acordo com o metabolismo, contratibilidade e cor. Um ponto importante quando se analisa a composição do tipo de fibra de um músculo é a relação com a qualidade da carne; diferenças estruturais estão associadas com diferentes tipos de fibras e as variações destas fibras dentro do músculo. Muitos pesquisadores relataram uma relação inversa entre o diâmetro da fibra e a sua capacidade oxidativa. Como se pode observar na Figura 1, as fibras do tipo SO são as menores (metabolismo oxidativo), enquanto que as fibras FG (metabolismo glicolítico) são as que apresentam os maiores diâmetros e as fibras FOG (metabolismo oxidativo-glicolítico) apresentam tamanho intermediário (CASSENS; COOPER, 1971; ROSSER; NORRIS; NEMETH, 1992). Dessa forma, uma maneira de entender melhor o complexo processo de maturação da carne seria estudar os fatores biológicos e bioquímicos associados à maturação em músculos de diferentes contratibilidade e metabolismo (OUALI, 1990).

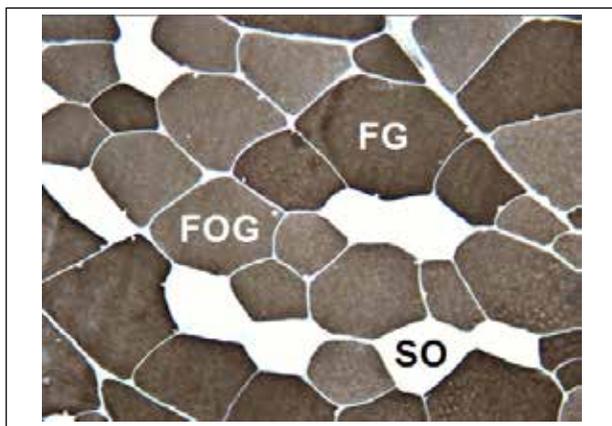


Figura 1 - Demonstração do tamanho das fibras musculares esqueléticas no músculo *Longissimus dorsi* de animais *Bos indicus* da raça Nelore, de amostras colhidas ao abate e processadas com mATPase alcalina (pH 10.4)

Nota: Fibras SO (oxidativas), FOG (oxidativas glicolíticas) e FG (glicolíticas).

Fonte: Hadlich (2007).

O processo de *rigor mortis* ocorre após o abate e é responsável pela transformação do músculo em carne, ocorrendo este processo com consumo de glicogênio como fonte de energia, variando entre

os músculos. Por isso, os diferentes tipos de fibras musculares apresentam diferentes respostas durante o *rigor mortis*, o que pode afetar a qualidade da carne (CHIKUNI; MUROYA; NAKAJIMA, 2004).

A variação da distribuição do tipo de fibra muscular é muito importante quando se estuda a sua relação com a qualidade da carne. Por exemplo, músculos envolvidos com a postura apresentam maior proporção de fibras SO que aqueles envolvidos com a movimentação dos animais (TOTLAND; KRYVI, 1991; HENCKEL, 1995). As diferenças entre os tipos de fibras que compõem diferentes ou um mesmo músculo são altamente associadas à variação da qualidade da carne (KLONT; BROCKS; EIKELENBOOM, 1998).

Conclusões

Diante dos inúmeros fatores que podem influenciar na maciez da carne bovina, o conhecimento das transformações que ocorrem no tecido muscular esquelético durante o crescimento do animal é um dos caminhos para se explicar ou até mesmo melhorar a maciez, característica tão valorizada na carne bovina. Além da influência genética que há sobre o crescimento, existe a influência direta da nutrição, utilizada para suprir as exigências nutricionais dos animais; no entanto também pode ser usada como instrumento para modular o crescimento das fibras do tecido muscular esquelético e, conseqüentemente, do animal como um todo. Assim, o estudo mais aprofundado do crescimento do tecido muscular esquelético e sua influência na maciez da carne bovina é uma área ainda a ser explorada, tanto relativamente à influência genética como à nutrição.

Referências

- ALVES, P. **Taxa de desfrute**. Scot Consultoria. 2012. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/23681/taxa-de-desfrute.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES – ABIEC. **Estatísticas**: balanço da pecuária. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>>. Acesso em: 06 set. 2012.

- ARRIGONI, M. B. et al. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 1033-1039, 2004. doi:10.1590/S0100-204X2004001000012.
- ARRIGONI, M. B. et al. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 1121-1127, 1998.
- BACKES, A. A. et al. Composição corporal e exigências energéticas e proteicas de bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em regime de recria e engorda. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 257-267, 2005. doi:10.1590/S1516-35982005000100030.
- BAILLIE, A. G.; GARLICK, P. J. Responses of protein synthesis in different skeletal muscles to fasting and insulin in rats. **American Journal of Physiology**, v. 260, n. 6, p. E891-E896, 1991. PMID:1711778.
- BARBOSA, F. A. et al. **A realidade econômica da pecuária bovina de corte brasileira na última década**. 2008. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_realidade_economica_pecuaria_bovina_brasileira.htm>. Acesso em: abr. 2008.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Sidney: Sidney University Press, 1976.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945.
- BULLOCK, K. D.; BERTRAND, J. K.; BENYSHEK, L. L. Genetic and environmental parameters for mature weight and other growth measures in Polled Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 7, p. 1737-1741, 1993. PMID:8349501.
- BULTOT, D. et al. Performance and meat quality of Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls fattened with two types of diet. In: RENCONTRES AUTOR DES RECHERCHES SUR LES RUMINANTS, 9., Paris, 2002. **Proceedings...** Paris: France, 2002. p. 271.
- CASSENS, R. G.; COOPER, C. C. Red and white muscle. **Advances in Food Research**, v. 19, p. 1-74, 1971. doi:10.1016/S0065-2628(08)60030-0.
- CHANG, K. C. et al. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, v. 64, n. 1, p. 93-103, 2003. doi:10.1016/S0309-1740(02)00208-5.
- CHIKUNI, K.; MUROYA, S.; NAKAJIMA, I. Myosin heavy chain isoforms expressed in bovine skeletal muscles. **Meat Science**, v. 67, n. 1, p. 87-94, 2004. doi:10.1016/j.meatsci.2003.09.011.
- ÉSSEN-GUSTAVSSON, B. Effects of physical stress on muscle fibre characteristics-Relation to meat quality. In: DUMMERSTORFER MUSCLE – WORKSHOP MUSCLE GROWTH AND MEAT QUALITY, 2., 1995, *Dummerstorf. Proceedings...* Dummerstorf: FBN, 1995. p. 65-73.
- GARLICK, P. J. et al. Fiber-type composition of nine rat muscles. II. Relationship to protein turnover. **American Journal of Physiology**, v. 257, n. 6, p. E828-E832, 1989. PMID:2481979.
- GRANT, A. L.; HELFERICH, W. G. An overview of growth. In: PEARSON, A. M.; DUSTON, T. R. (Eds.). **Growth regulation in farm animals**. London: Elsevier Applied Science, v. 7, 1991. p. 1-15.
- HADLICH, J. C. **Características do crescimento animal, do tecido muscular esquelético e da maciez da carne de bovinos Nelore e mestiços no modelo biológico superprecoce**. 2007. 87 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, 2007.
- HENCKEL, P. Perimortal metabolic events and consequences for meat quality. In: DUMMERSTORFER MUSCLE – WORKSHOP MUSCLE GROWTH AND MEAT QUALITY, 2., 1995, *Dummerstorf. Proceedings...* Dummerstorf: FBN, 1995. p. 77-82.
- HUFFMAN, R. D. et al. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on feedlot performance and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 8, p. 2243-2252, 1990. PMID:2401646.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- JOHNSTON, D. M. et al. Influence of breed type, sex, feeding system and muscle bundle size on bovine fiber type characteristics. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 6, p. 1760-1765, 1981. doi:10.1111/j.1365-2621.1981.tb04480.x.
- KARLSSON, A. et al. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 4, p. 930-938, 1993. PMID:8478293.

- KLONT, R. E.; BROCKS, L.; EIKELENBOOM, G. Muscle fibre type and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 49, Suppl. 1, p. S219-S229, 1998. doi:10.1016/S0309-1740(98)90050-X.
- KOOHMARAIE, M. **The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction**. Disponível em: <http://meats.marc.usda.gov/MRU_WWW/ICMST95/ICMST95.html>. Acesso em: 10 jan. 2003.
- KUSS, F. et al. Qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 924-931, 2010. doi:10.1590/S1516-35982010000400029.
- LAWRIE, R. A. **Meat Science**. 4. ed. New York: Pergamon Press, 1985.
- LIMA JÚNIOR, D. M. et al. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: uma revisão. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 5, n. 4, p. 351-358, 2011.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: LinBife, 2000.
- LUCHIARI FILHO, A. Perspectiva da bovinocultura de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: CNBA, 1998. p. 1-10.
- MAHER, S. C. et al. Variation in the eating quality of *M. Longissimus dorsi* from Holstein-Friesian bulls and steers of New Zealand and European/American descent, and Belgian Blue x Holstein-Friesians, slaughtered at two weights. **Livestock Production Science**, v. 90, n. 2-3, p. 271-277, 2004. doi:10.1016/j.livprodsci.2004.06.004.
- MALTIN, C. A. et al. Factors influencing beef eating quality 2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. **Animal Science**, v. 72, n. 2, p. 279-287, 2001.
- MALTIN, C. A. et al. The effects of age at slaughter, genotype and finishing system on the biochemical properties, muscle fibre type characteristics and eating quality of bull beef from suckled calves. **Animal Science**, v. 66, n. 2, p. 341-348, 1998. doi:10.1017/S1357729800009462.
- MONIN, G.; QUALI, A. Muscle differentiation and meat quality. In: LAWRIE, R. (Ed.). **Developments in meat science**. 5. ed., London: Elsevier Applied Science, 1991. p. 89-157.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington: National Academy Press, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington: National Academy Press, 1984.
- OCKERMAN, H. W. et al. Castration and sire effects on carcass traits, meat palatability and muscle fibre characteristics in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 59, n. 4, p. 981-990, 1984.
- OUALI, A. Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. **Journal of Muscle Foods**, v. 1, n. 2, p. 129-165, 1990. doi:10.1111/j.1745-4573.1990.tb00360.x.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 3138-3150, 1993. PMID:8270538.
- PEIXOTO, A. M. Raças de bovino de corte que interessam ao Brasil. In: PIRES, A. V. **Bovinicultura de Corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. p. 55-72.
- PETER, J. B. et al. Metabolic profiles of three types of fibers of skeletal muscles in guinea pig and rabbits. **Biochemistry**, v. 11, n. 14, p. 2627-2633, 1972. PMID:4261555.
- PINEDA, N.; KOURY, W. F. **O uso de medidas de tamanho e escores visuais na seleção de gado zebu**. 2003. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/melhoramento-genetico/o-uso-de-medidas-de-tamanho-e-escores-visuais-na-selecao-de-gado-zebu-4778/>>. Acesso em: 24 out. 2013.
- PINHEIRO, O. L. et al. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 or norgestomet and estradiol valerate. **Theriogenology**, v. 49, n. 3, p. 667-681, 1998. PMID:10732045.
- PRADO, I. N. et al. Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscles of crossbred bulls (*Bos taurus indicus* vs *Bos taurus taurus*) finished in feedlot. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 17, n. 3, p. 295-306, 2008.
- RENAND, G. et al. Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. **Meat Science**, v. 59, n. 1, p. 49-60, 2001. doi:10.1016/S0309-1740(01)00051-1.
- ROBELIN, J.; TULLOH, N.M. Patterns of growth of cattle. In: JARRIGE, R.; BERANGER, C. (Eds.). **Beef Cattle Production. World Animal Science**. Amsterdam: Elsevier, 1992. p.111-129.

- ROSSER, B. W.; NORRIS, B. J.; NEMETH, P. M. Metabolic capacity of individual fibers from different anatomic locations. **Journal of Histochemistry and Cytochemistry**, v. 40, n. 6, p. 819-825, 1992. PMID:1588028.
- RYU, Y. C.; KIM, B. C. The relationship between muscle fiber characteristics, *postmortem* metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**, v. 71, n. 2, p. 351-357, 2005. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.015.
- SANTOS, R. Os cruzamentos na pecuária tropical. In: SANTOS, R. **Edição comemorativa de 100 anos de pesquisas oficiais sobre cruzamentos (1899-1999)**. Uberaba: Editora Agropecuária Tropical, 1999.
- SEIDEMAN, S. C.; CROUSE, J. D. The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. **Meat Science**, Barking, v. 17, n. 1, p. 55-72, 1986. doi:10.1016/0309-1740(86)90083-5.
- SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. **The Veterinary Journal**, v. 167, n. 3, p. 242-257, 2004. doi:10.1016/j.tvjl.2003.10.020.
- SILVEIRA, A. C. Novilho superprecoce: técnicas de nutrição e manejo. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2003. p. 153-166.
- SILVEIRA, A. C. Sistema de produção de novilhos superprecoces. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1999. p. 105-122.
- SIMÕES, A. R. P.; MOURA, A. D.; ROCHA, D. T. Avaliação econômica comparativa de sistemas de produção de gado de corte sob condições de risco no Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 5, n. 1, p. 51-72, 2007.
- THERKILDSEN, M. et al. Effect of growth rate on tenderness development and final tenderness of meat from Friesian calves. **Animal Science**, v. 74, n. 2, p. 253-264, 2002.
- THERKILDSEN, M. et al. Effect of feeding level, grazing and finishing on growth and carcass quality of young Friesian bulls. **Acta Agriculturae Scandinavica. Section A. Animal Science**, v. 48, n. 4, p. 193-201, 1998. doi:10.1080/09064709809362420.
- TOTLAND, G. K.; KRYVI, H. Distribution patterns of muscle fiber types in major muscles of the bull (*Bos taurus*). **Anatomy and Embryology**, v. 184, n. 5, p. 441-450, 1991. PMID:1835822.
- YAMBAYAMBA, E.; PRICE, M. A. Fiber-type proportions and diameters in the *longissimus* muscle of beef heifers undergoing catch-up (compensatory) growth. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, n. 4, p. 1031-1035, 1991. doi:10.4141/cjas91-124.
- ZAMORA, F.; CHAIB, F.; DRANSFIELD, E. Calpains and calpastatin from cold-shortened bovine *M. longissimus lumborum*. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p. 127-133, 1998. doi:10.1016/S0309-1740(97)00117-4.

Recebido: 28/02/2013
Received: 02/28/2013

Aprovado: 30/10/2013
Approved: 10/30/2013