

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS PROTEÍNAS
MIOFIBRILARES, ISOFORMAS DA CADEIA PESADA DE
MIOSINA (*MyHC*) E O AMACIAMENTO DA CARNE DE
BOVINOS NELORE (*Bos indicus*)**

Jessica Moraes Malheiros

Zootecnista

**JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
FEVEREIRO – 2014**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS PROTEÍNAS
MIOFIBRILARES, ISOFORMAS DA CADEIA PESADA DE
MIOSINA (*MyHC*) E O AMACIAMENTO DA CARNE DE
BOVINOS NELORE (*Bos indicus*)**

Jessica Moraes Malheiros

Orientador: Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo

Co-Orientador: Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

**JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
FEVEREIRO – 2014**

Malheiros, Jessica Moraes
M249i Identificação e quantificação das proteínas miofibrilares, isoformas da cadeia pesada de miosina (*MyHC*) e o amaciamento da carne de bovinos Nelore (*Bos indicus*) / Jessica Moraes Malheiros. – – Jaboticabal, 2014
xvi, 64 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Luis Artur Loyola Chardulo
Banca examinadora: Henrique Nunes de Oliveira, Saulo da Luz e Silva

Bibliografia

1. Força de cisalhamento. 2. Índice de fragmentação miofibrilar. 3. Maciez. 4. *MyHC*. 5. Qualidade da carne bovina. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 637.5:636.2

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

JESSICA MORAES MALHEIROS – Nascida em 22 de Fevereiro de 1988, na cidade de Ribeirão Preto/SP, filha de José Carlos Vieira Malheiros e Fátima Aparecida de Moraes Malheiros. Em Dezembro de 2011 obteve o título de Zootecnista pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Campus de Botucatu/SP. Em Março de 2012 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal, na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus Jaboticabal – SP como bolsista CAPES, sob orientação do Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo e Co-Orientação do Prof. Pedro de Magalhães Padilha.

*“Algo só é impossível até
que alguém duvide e acabe
provando o contrário”*

Albert Einstein

Dedico

Aos meus pais José Carlos Vieira Malheiros e Fátima Ap. de Moraes Malheiros
pelo incentivo, esforço e amor em todos os momentos de minha vida,
e a minha irmã Jackeline pela paciência e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por estar sempre no meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Aos meus pais José Carlos e Fátima pelo apoio nos momentos difíceis, me ofertando força, confiança, amor, ensinando-me a persistir nos meus objetivos e ajudando a alcançá-los.

A minha irmã Jackeline e meu cunhado Roberson Polli pela companhia, carinho e momentos de descontração, que nos ajudaram a superar as diferenças.

A minha avó Sebastiana Soares, pelo carinho, amor, atenção e preocupação.

Ao meu namorado Mikael Rodrigues por estar sempre presente nos bons e maus momentos, me confortando e ajudando a superar as dificuldades com confiança, amor, incentivo e por sempre acreditar no meu trabalho.

A Família Rodrigues (Sr. Jonas, D. Evânia e Bruno) pelo carinho, torcida, atenção, confiança e amor.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo pela oportunidade, orientação, incentivo, amizade, paciência, carinho e preciosos ensinamentos.

Aos Professores Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva e Henrique Nunes de Oliveira pelas conversas, idéias, sugestões, paciência e ajuda nas análises estatísticas dos dados obtidos neste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Química e Bioquímica por tornarem o meu dia a dia mais interessante e satisfatório.

A Professora Maeli Dal Pai, o Doutorando Ivan Vechetti e os colegas de Jaboticabal pelo auxílio no desenvolvimento deste projeto.

Aos amigos e colegas Ana Paula Ferraz, Milena Borguini, Victor Dias, João Paulo Lorenço, Lia Kato, Elisa Costa, Raquel Borges e Welder Angelo pela ajuda durante as análises, a convivência agradável no Laboratório e por serem companheiros nas horas fáceis e difíceis. A vocês, a gratidão pela amizade, pelo convívio, pelos churrascos e todos os momentos compartilhados.

A amizade sincera de Aretha Paulin que mesmo distante mantém contato há vários anos acreditando, confiando e torcendo por mim.

A Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus Jaboticabal, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/CAPES pelo fornecimento da bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão de Literatura.....	2
2.1	Situação da pecuária de corte no Brasil.....	2
2.2	O crescimento de bovinos de corte.....	4
2.3	Morfofisiologia do músculo esquelético.....	6
2.4	Transformação do músculo em carne.....	10
2.5	A maciez da carne bovina.....	11
2.6	Fibras musculares e crescimento de bovinos.....	12
2.7	Fibras musculares e características de qualidade da carne.....	14
3.	Referências Bibliográficas.....	18

CAPÍTULO 2 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE SELECIONADOS PARA PRODUÇÃO

Resumo

Abstract

1.	Introdução.....	27
2.	Material e Métodos.....	29
2.1	Animais e Coleta das Amostras.....	29
2.2	Análises físico-químicas da carne.....	29

2.2.1	Área de olho de lombo (AOL), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e Índice de Marmorização (IM).....	29
2.2.2	Coloração Instrumental da carne.....	30
2.2.3	Perdas por cozimento.....	30
2.2.4	Força de Cisalhamento (<i>Warner Bratzler Shear Force</i>).....	31
2.2.5	Determinação do Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI).....	31
2.2.6	Quantificação dos Lipídeos Totais (LT).....	32
2.3	Análise Estatística dos Resultados.....	32
3.	Resultados e Discussão.....	33
4.	Conclusões.....	42
5.	Referências Bibliográficas.....	42

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS MyHC E SUA ASSOCIAÇÃO COM A QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE

Resumo

Abstract

1.	Introdução.....	51
2.	Material e Métodos.....	52
2.1	Seleção dos Grupos Experimentais.....	52
2.2	Separação Eletroforética das Proteínas.....	53
2.2.1	Preparação das amostras.....	53
2.2.2	Eletroforese da <i>MyHC</i> , Troponina e Desmina.....	53
2.3	Análise Estatística dos Resultados.....	54
3.	Resultados e Discussão.....	54
4.	Conclusões.....	60
5.	Referências Bibliográficas.....	60

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Capítulo 1

Figura 1 Curva sigmóide de crescimento de bovinos de diferentes tamanhos a maturidade (*frame-size*).5

Figura 2 Curva de desenvolvimento dos tecidos corporais: tecido ósseo, muscular e adiposo.6

Figura 3 Diagrama ilustrando a estrutura da fibra muscular e o arranjo estrutural do sarcômero do músculo estriado esquelético.8

Figura 4 Separação eletroforética das isoformas de miosina de cadeia pesada (*MyHC*) representando as fibras I (*slow*), IIX e IIA.16

Figura 5 Ilustração da unidade contrátil da fibra muscular e a estrutura dos filamentos protéicos de actina, miosina, tropomiosina e troponina.16

Capítulo 2

Figura 1 Escala de graduação visual do índice de marmorização. Adaptado de USDA - Quality and Yield Grade, (2000).30

Gráfico 2 Correlação obtida entre as análises de força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (MFI) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore (*Bos indicus*) selecionados para a produção.39

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 Comparação entre algumas propriedades físicas e bioquímicas das fibras vermelhas e brancas do músculo esquelético.9

Tabela 2 Proteínas do músculo esquelético.17

Capítulo 2

Tabela 1 Valores da estatística descritiva para características de qualidade da carne mensuradas em animais Nelore (*Bos indicus*).36

Tabela 2 Coeficientes de correlação fenotípica (r_p) para as diferentes características estudadas como área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), força de cisalhamento (FC), parâmetros de coloração instrumental da carne (L^* , a^* e b^*), lipídeos totais (LT), índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e perdas totais (PT) de bovinos Nelore.41

Capítulo 3

Tabela 1 Valores médios de perdas totais (PT), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), luminosidade da carne (L^*), coloração vermelha (a^*), coloração amarela (b^*), força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e lipídeos totais (LT) mensurados em dois grupos experimentais contrastantes.54

Tabela 2 Valores médios do índice de densidade óptica (IOD) das isoformas da cadeia pesada de miosina (*MyHC*) I (*slow*), IIa e IIx de animais Nelore selecionados para produção.56

Tabela 3 Valores médios do índice de densidade óptica (IOD) das proteínas troponina T, troponina I e desmina de animais Nelore selecionados para produção.	59
--	----

IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES, ISOFORMAS DA CADEIA PESADA DE MIOSINA (MyHC) E O AMACIAMENTO DA CARNE DE BOVINOS NELORE (*Bos indicus*)

Resumo - O presente trabalho objetivou aprofundar os estudos sobre a qualidade da carne bovina em animais Nelore (*Bos indicus*). Foram utilizados 718 animais terminados em confinamento por 90 a 100 dias com idade entre 20 a 24 meses provenientes de rebanhos de quatro fazendas que integram os programas de melhoramento genético do grupo Conexão Delta G, PAINT e Nelore Qualitas. O abate dos animais ocorreu em frigoríficos comerciais colaboradores, as carcaças foram identificadas e resfriadas por um período de 24 a 48 horas. Após o resfriamento e estabelecimento pleno do *rigor mortis* foram colhidas amostras do músculo *Longissimus dorsi* com osso (espessura aproximada de 2,54 cm) entre a 9ª e 13ª costelas, da meia-carcaça esquerda de cada animal. As amostras coletadas entre a 12ª e 13ª costelas foram utilizadas para realização das análises físicas de qualidade, como a área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), perdas por cozimento, coloração instrumental da carne e força de cisalhamento (FC). A partir do restante da carne, foram coletadas alíquotas para a realização das análises de índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e lipídeos totais (LT). Após a realização das análises físico-químicas foi realizada a separação dos dados através de um modelo de seleção de dois grupos experimentais: (1) Grupo de carne macia (n=15) e (2) Grupo de carne dura (n=15), de forma a obter-se dois grupos contrastantes quanto à maciez através da FC. Após a separação dos grupos (n = 30) foi realizada a identificação e quantificação das isoformas de cadeia pesada de miosina (MyHC), troponina e desmina utilizando a eletroforese (SDS-PAGE) e fotodocumentação dos géis. O Valor médio encontrado para a AOL foi 72,8 cm², como esperado para animais *Bos indicus*, os quais apresentaram FC e MFI médio de 5,7 kg e 32,0 demonstrando correlação de alta magnitude e significativa entre as duas características ($r_p = -0,55$; $p < 0,01$). Em relação aos do Índice de Densidade Óptica (IOD) mensurados para troponina e desmina não foram encontrados resultados diferentes para ambos os grupos contrastantes, ao contrário do que foi observado para MyHC, particularmente

para isoforma Ila apresentando diferença estatística significativa ($p < 0,05$). Diante dos resultados, animais Nelore selecionados para produção demonstram habilidade para produção de carne de qualidade, apresentando boa relação entre o aumento da isoforma Ila no *L. dorsi* e a maciez da carne.

Palavras-chave: força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, maciez, *MyHC*, qualidade da carne bovina

IDENTIFICATION AND QUANTIFICATION OF MYOFIBRILLAR PROTEIN, MYOSIN HEAVY CHAIN (*MyHC*) ISOFORMS BREAK AND BEEF CATTLE NELORE (*Bos indicus*)

Abstract – This study aimed to further study the quality of beef in Nelore cattle (*Bos indicus*). Were used 718 animals finished in feedlot for 90 to 100 days aged 20 to 24 months of herds of four farms that are part of the breeding programs of the grupo Conexão Delta G, PAINT and Nelore Qualitas. The slaughter of animals occurred in commercial refrigerators employees, carcasses were identified and cooled for a period of 24 to 48 hours. After cooling and full establishment of rigor mortis samples of *Longissimus dorsi* bone (approximate thickness of 2.54 cm) between the 9th and 13th ribs, the left half carcass of each animal were harvested. Samples collected between the 12th and 13th ribs were used to evaluate the physical quality, as the rib eye area (REA), fat thickness (SFT), an index of marbling (IM), cooking loss, staining instrumental meat and shear force (SF). From the rest of the meat, aliquots for analyzes of myofibrillar fragmentation index (MFI) and total lipids (TL) were collected. After the realization of physicochemical analyzes the separation of the data was performed using a selection model of two experimental groups: (1) Group of tender meat (n = 15) and (2) Group of tough meat (n = 15) so as to obtain two contrasting groups for softness by FC. After separation of the groups (30) the identification and quantification of isoforms of myosin heavy chain (*MyHC*), troponin and desmin was performed by electrophoresis (SDS -PAGE) gels and photo documentation. The average value found for the REA was 72.8 cm², as expected for *Bos indicus*, which showed SF and average MFI of 5.73 kg and 32.03 showing correlation of high magnitude and significant between the two parameters ($r_p = -0.55$; $p < 0.01$). With respect to the Index Optical Density (IOD) measured for troponin and desmin was not found different contrasting results for both groups, contrary to what was observed for *MyHC*, particularly for isoform IIa presenting a significant difference ($p < 0.05$). Given the results, selected for production Nelore demonstrate ability to produce quality meat, with a good relationship between the increase in IIa isoform in *L. dorsi* and meat tenderness.

Key words: *MyHC*, myofibrillar fragmentation index, quality beef cattle, shear force, tenderness

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

O Brasil é o maior exportador de carne bovina *in natura*. A base desse sucesso consiste em fatores como o baixo custo de produção, extensão territorial privilegiada e a existência de genótipos adaptados ao clima tropical. Com a atual realidade econômica do país, o produtor de carne bovina se mantém competitivo, investindo em eficiência produtiva para aumentar a lucratividade e melhoria da qualidade da carcaça e carne dos animais (ARBOITTE et al., 2004).

A importância da pecuária de corte para o agronegócio brasileiro aumenta à medida que cresce o consumo de carne, devido à melhora no padrão alimentar dos consumidores, com maiores níveis de exigências referentes à uniformidade e qualidade da carne bovina (FERRAZ & FELICIO, 2010; COSTA et al., 2007).

Dentre as características de qualidade da carne, a maciez é o atributo mais importante para consumidor no retorno à compra de um corte, estando disposto a pagar mais por carne macia (KOOHMARAIE et al., 2002). Porém, um programa seguro em relação à maciez da carne não é de simples aplicação (KOOHMARAIE et al., 2006).

Cerca de 80% do rebanho nacional voltado a produção de carne é constituído por animais zebuínos e seus mestiços (SIQUEIRA et al., 2012). A carne produzida a partir da raça zebuína possui características organolépticas não bem aceitas nos mercados mais exigentes (BUAINAIN & BATALHA, 2007). Assim, a necessidade de produzir carne macia tem sido a grande preocupação dos integrantes da cadeia produtiva, o qual prioriza o desenvolvimento de novos procedimentos e tecnologias (KOOHMARAIE, 1995).

Atualmente a miosina tem se tornado um fator relevante no estudo da qualidade da carne, proteína de maior abundância no músculo, relacionada ao crescimento e contração muscular, desenvolvimento do animal e maciez da carne. Expressa através de isoformas específicas em diferentes tecidos ou proteínas com estruturas quase idênticas (TIDYMAN, 1996). Cada molécula de

miosina consiste de duas cadeias pesadas (*MyHC*) idênticas e dois pares, não idênticos, de miosina de cadeia leve (*MyLC*). Todos os vertebrados expressam uma família de isoformas de *MyHC* e de *MyLC* (LUTZ & LIEDER, 2000), em bovinos, os três tipos de fibras identificados pela reação m-ATPase: *slow*, IIa e IIx, expressam mRNA das isoformas de *MyHC slow*, IIa e IIx, respectivamente.

Assim, alguns métodos têm sido empregados no intuito de se identificar diferenças nas proteínas, relacionadas ao processo de amaciamento da carne entre grupos de animais, ou entre animais de forma a melhor se identificar diferentes níveis de maciez. Nesse sentido, a eletroforese na presença de dodecil sulfato de sódio (*SDS-PAGE*) tem se mostrado uma ferramenta valiosa na identificação e caracterização dessas mudanças (CLAYES et al., 1995; KOLZACK et al., 2003; SAWDY et al., 2004).

A influência das isoformas da *MyHC* sobre a maciez da carne ainda não é totalmente conhecida. Porém estudos podem contribuir para a relação de cada isoforma com a maciez da carne, sendo a quantificação das isoformas da *MyHC* uma eficiente ferramenta para avaliar a maciez da carne bovina (CASTAN, 2010).

Neste sentido o presente Capítulo possui como objetivo fornecer a base teórica para o desenvolvimento dos próximos capítulos deste trabalho, denominados “Análises físico-químicas e de qualidade da carne de bovinos Nelore selecionados para produção” e “Caracterização e identificação das *MyHC* e sua associação com a qualidade da carne de bovinos Nelore”.

2. Revisão de Literatura

2.1 Situação da pecuária de corte no Brasil

Indiscutivelmente os números da pecuária de corte são impactantes em relação às atividades econômicas do país. No segundo trimestre de 2013, foram abatidos 8,5 milhões de cabeças de bovinos, representando um aumento de 5,3% em relação ao primeiro trimestre de 2013 e de 11,7% frente ao segundo trimestre de 2012. O peso acumulado de carcaças também alcançou marca recorde com 2,0 milhões de toneladas, sofrendo aumento de 11,7% em

relação ao mesmo período de 2012, consubstanciando o bom desempenho da bovinocultura brasileira. Todas as Grandes Regiões do Brasil apresentaram aumento da quantidade de bovinos abatidos, no comparativo do 2º trimestre de 2013 com o mesmo período do ano anterior. Esses incrementos foram da ordem de 17,0% no Sudeste, 14,0% no Centro-Oeste, 10,0% no Norte, 6,2% no Nordeste e 2,3% no Sul (IBGE, 2013).

No âmbito externo, a comercialização de carne bovina no 2º trimestre de 2013, apresentou melhor desempenho em relação ao mesmo período do ano anterior, incluindo o volume e o faturamento total de carne *in natura* exportada (IBGE 2013).

O grande número de animais (cerca de 200 milhões) e as melhorias dos sistemas de produção caracterizam o Brasil no cenário mundial como o maior exportador de carne bovina, exportando para mais de 100 países. A base desse sucesso consiste em fatores como o baixo custo de produção, extensão territorial privilegiada e a existência genótipos adaptados ao clima tropical, dentre outros. Porém, as imposições feitas pelos países importadores, principalmente países da União Européia, acabam por vezes elevando alguns custos de produção.

O rebanho de corte brasileiro é composto majoritariamente (80%) por animais da subespécie *Bos indicus* e por produtos de seu cruzamento com animais da subespécie *Bos taurus*. Apesar da proximidade filogenética, estas duas subespécies apresentam características fenotípicas bastante distintas com reflexos marcantes na eficiência produtiva, reprodutiva e na qualidade da carne produzida.

De maneira geral, os zebuínos apresentam grande rusticidade caracterizada pela adaptação às condições climáticas das regiões tropicais e pela resistência/tolerância a endo e ectoparasitas, bem como a algumas doenças infecto-contagiosas. Os taurinos, por sua vez, são menos adaptados ao clima tropical e apresentam maior suscetibilidade às doenças e infestações parasitárias, porém, são significativamente mais eficientes em relação as características produtivas e reprodutivas.

Apesar desta posição de destaque no cenário econômico, a pecuária de corte nacional se caracteriza por apresentar grande variação na qualidade da carne produzida, comprometendo a competitividade deste setor no mercado

globalizado. Dentre os fatores que explicam essa característica negativa, destacam-se a variabilidade genética das raças bovinas utilizadas na produção de carne e a grande variação nos sistemas de produção adotados (SILVEIRA, 2003).

Portanto, é necessário identificar os mecanismos relacionados ao crescimento e definição da qualidade da carne de animais zebuínos para possível intervenção no processo de amaciamento e produção de carne de qualidade, já que estes animais compõem a base do rebanho de corte brasileiro. Segundo OLIVEIRA (2008), os resultados positivos para a pecuária nacional tornam-se dependentes da integração de tecnologias para melhorar aspectos sanitários, nutricionais e genéticos, proporcionando melhorias na qualidade dos produtos em um sentido mais amplo, auxiliando o crescimento e a consolidação da cadeia produtiva da carne, trazendo retornos econômicos a todos os elos produtivos e permitindo acesso aos produtos pelas diversas classes sociais.

2.2 O crescimento de bovinos de corte

O crescimento é o fator mais importante da produção animal, pois caracteriza o processo de desenvolvimento corporal de elevada eficiência econômica (OWENS et al., 1993). Quanto maior a taxa de crescimento, maior a taxa de *turnover* protéico e conseqüentemente a taxa de degradação protéica será superior, tornando a carne macia.

A procura de melhor entendimento a respeito do crescimento animal e dos seus diferentes tecidos (osso, músculo e gordura), torna o conhecimento da curva de crescimento de extrema importância, pois fornece informações relevantes para o estabelecimento de planejamentos estratégicos de manejo e de práticas de nutrição (MAHER et al., 2004), contribuindo para o processo de tomada de decisão sobre a adoção de determinada tecnologia e produzindo animais com melhor qualidade de carne em menor período de tempo.

A curva sigmóide (Figura 1) representa o crescimento da maioria das espécies, sendo composta pelo período pré puberal, onde o crescimento é acelerado após a concepção até a puberdade (ponto de inflexão), e pós

puberal, abrangendo o crescimento desacelerado iniciado após a puberdade até atingir a fase de inibição ou maturidade fisiológica do animal, onde a curva atinge o platô, tornando o crescimento muito lento ou praticamente inexistente (OWENS et al., 1993).

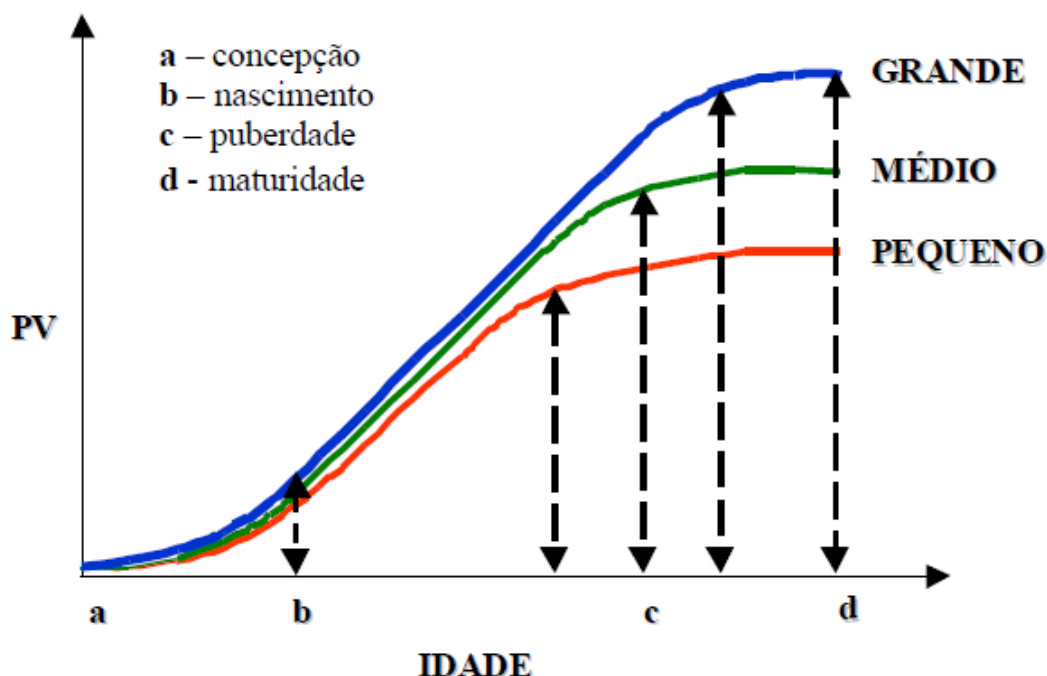


Figura 1 Curva sigmóide de crescimento de bovinos de diferentes tamanhos a maturidade (*frame-size*).
Fonte: Adaptado de OWENS (1993).

Durante o desenvolvimento do animal ocorrem mudanças na composição da carcaça, em relação à quantidade de músculo, gordura e ossos, onde esta deposição pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais. O tecido nervoso e ósseo tem um desenvolvimento mais precoce, enquanto o muscular é intermediário e o adiposo geralmente desenvolve-se mais tardiamente (Figura 2). A distribuição do tecido adiposo possui importância direta na qualidade da carcaça, protegendo o músculo do encurtamento pelo frio (*cold shortening*), caracterizado pela diminuição drástica do sarcômero muscular antes do *rigor mortis* (GIUSTI, 2011).

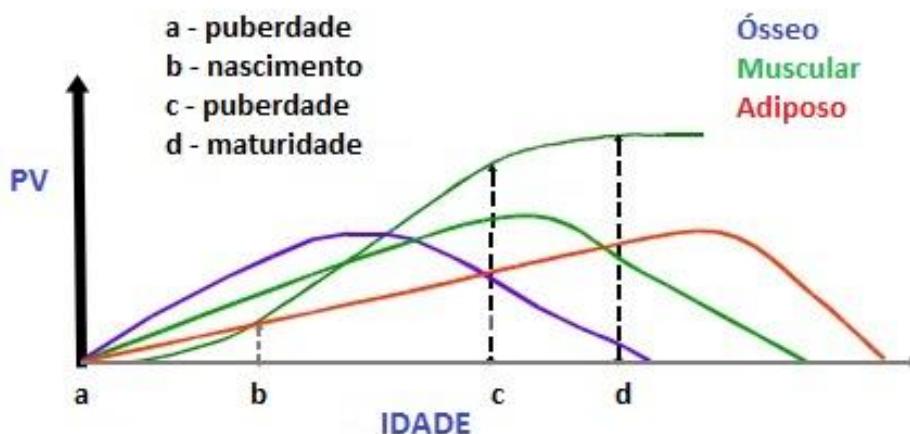


Figura 2 Curva de desenvolvimento dos tecidos corporais: tecido ósseo, muscular e adiposo.
Fonte: Adaptado de OWENS (1993).

O crescimento 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, desde a concepção até a maturidade (SILLENCE, 2004).

A importância da padronização dos sistemas de produção de carne é a garantia da qualidade do produto frente aos consumidores (SILVEIRA, 2003). No confinamento de bovinos o manejo adequado bem como as técnicas de manipulação da nutrição animal permite o alcance de peso e acabamento de carcaça máximo, explorando todo o potencial de crescimento, dentro de limites estabelecidos pelos frigoríficos.

2.3 Morfofisiologia do músculo esquelético

O músculo estriado esquelético é formado por feixes de células longas, cilíndricas e multinucleadas contendo diversos filamentos, as miofibrilas. Estas são compostas por filamentos finos (actina) e grossos (miosina) dispostos longitudinalmente e organizados em distribuição simétrica e paralela. Essa organização é mantida por diversas proteínas do citoesqueleto (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

As fibras musculares constituem 75 a 92% do volume total do músculo, e o restante é constituído por tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, fibras nervosas e fluídos extracelulares. Quando analisadas microscopicamente, apresentam-se com estriações transversais organizadas em regiões claras e escuras de modo alternado. Estas regiões são denominadas de banda I (regiões claras) e A (regiões escuras) e apresentam de forma predominante as proteínas actina e miosina, respectivamente. A banda escura, também é conhecida como filamento grosso e a banda clara como filamento fino, sendo, a interação entre esses dois feixes de proteínas é responsável pela contração muscular.

No centro da banda A existe uma zona mais clara denominada banda H; e no centro de cada banda I nota-se uma linha transversal escura, a linha Z. Essas estriações das miofibrilas são devidas à repetição da sua unidade fundamental, o sarcômero, alocado entre duas linhas Z (JUNQUEIRA; ARNEIRO, 2004). A linha M, localizada no meio da banda H, divide o sarcômero na metade (Figura 3).

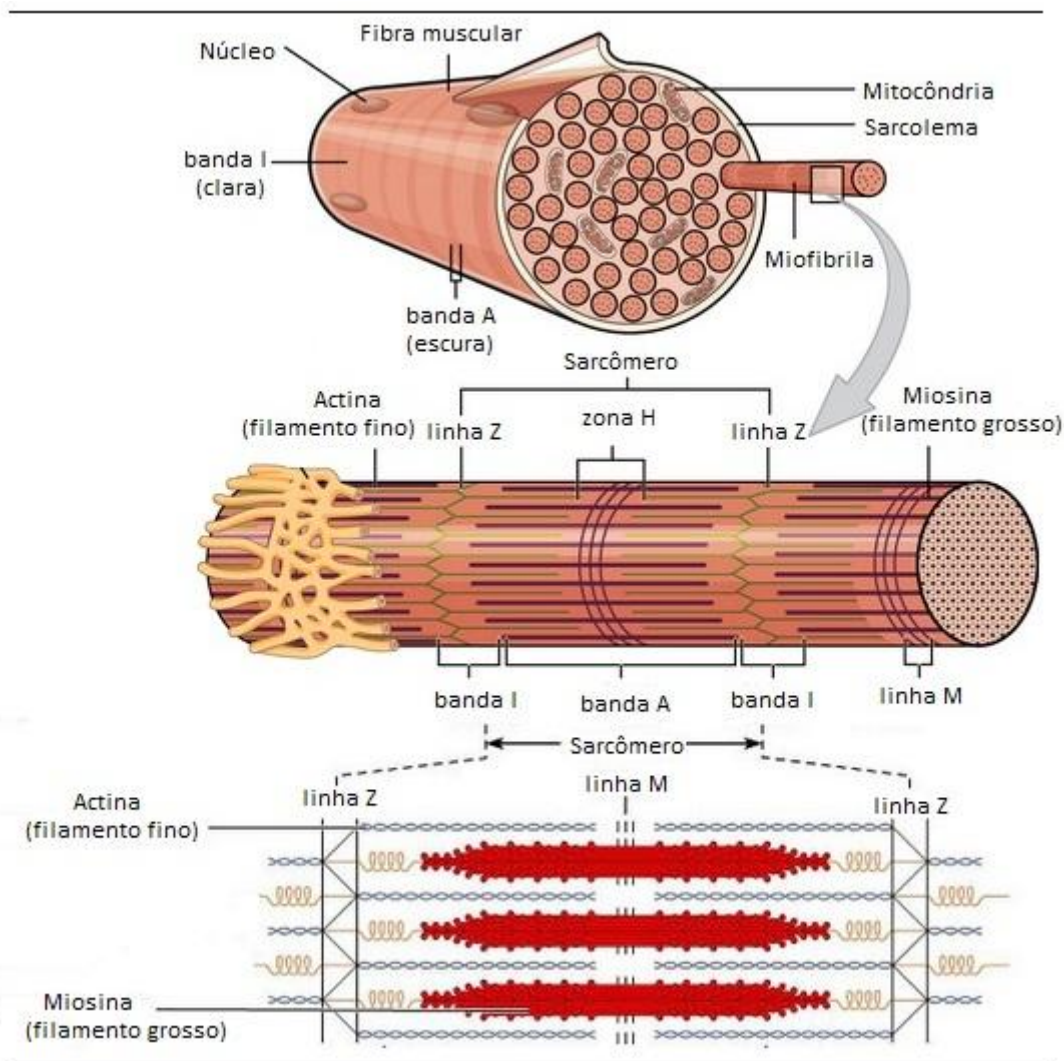


Figura 3 Diagrama ilustrando a estrutura da fibra muscular e o arranjo estrutural do sarcômero do músculo estriado esquelético.
Fonte: Adaptado de Connexions, 2013.

O músculo esquelético é um tecido heterogêneo compreendido por três diferentes tipos de fibras musculares, classificadas de acordo com o metabolismo oxidativo ou glicolítico (dependendo do suprimento sanguíneo), número de mitocôndrias e velocidade de hidrólise de ATP. Possuindo ainda a capacidade de responder vagarosamente (*slow twitch*) ou rapidamente (*fast twitch*) a um estímulo. Tradicionalmente sendo classificadas como *slow twitch oxidative* (SO, tipo I), correspondendo a fibras vermelhas e de metabolismo aeróbico, *fast twitch glycolytic* (FG, tipo IIb), fibras brancas e de maior área de metabolismo anaeróbico e *fast twitch oxidative glycolytic* (FOG, tipo IIa), representando as fibras intermediárias e de metabolismo oxidativo e glicolítico.

Tabela 1 Comparação entre algumas propriedades físicas e bioquímicas das fibras vermelhas e brancas do músculo esquelético

Propriedade	Vermelha	Branca
Conteúdo da mioglobina	Elevado	Baixo
Proteína solúvel	Baixo	Elevado
Conteúdo de tecido conectivo	Baixo	Elevado
Conteúdo de glicogênio	Baixo	Elevado
Conteúdo de lipídeo	Elevado	Baixo
Conteúdo de Creatina Fosfatase e ATP	Baixo	Elevado
Tamanho da fibra muscular	Pequena	Grande
Suprimento sanguíneo	Maior	Menor
Conteúdo de RNA	Elevado	Baixo
Reticulo Sarcoplasmático	Menor	Maior
Conteúdo de Cálcio	Maior	Menor
Numero de mitocôndria	Elevado	Baixo
Largura da linha Z	Largo	Estreito
Tempo de contração	Lento	Rápido
Tempo de relaxamento	Lento	Rápido
Taxa de fadiga	Lenta	Rápida
Área de superfície de inervação	Superficial	Profunda

Fonte: Francisco, 2009.

A composição do tipo de fibra varia entre músculos anatomicamente diferentes, onde músculos relacionados à atividade de força possuem maior quantidade de fibras glicolíticas, enquanto músculos posturais e os utilizados com muita frequência como os de resistência, possuem maior quantidade de fibras oxidativas, podendo assim a composição do tipo de fibra afetar a conversão do músculo em carne e a coloração da carne no *postmortem* (CHOE et al., 2008).

2.4 Transformação do músculo em carne

Os músculos são transformados em carne através do processo de conversão conhecido como *rigor mortis*, que acontece devido a modificações metabólicas, físicas e estruturais. O entendimento da sequência de eventos bioquímicos no período *postmortem* do animal é essencial na compreensão do processo de maciez da carne.

O princípio de *rigor mortis*, conhecido como rigidez cadavérica, pode ser considerado como uma contração muscular irreversível e ocorre logo após a morte do animal. As funções vitais e o fornecimento de energia realizado pelo ATP para o processo de contração muscular continuam por um período de tempo (ALVES et al., 2005; LUCHIARI FILHO, 2000).

Devido à falência sanguínea, o aporte de oxigênio deixa de chegar à musculatura, o músculo passa a utilizar a via anaeróbica para obter energia no processo de contração desorganizado. Ocorre a transformação de glicogênio em glicose, e como a glicólise é anaeróbica, gera lactato (ROÇA, 2005). A produção de lactato continua até acabar os estoques de glicogênio, isso resulta na queda de pH do músculo tipicamente de 7 para 5,6 (HOLLUNG & VESETH-KENT 2012). A capacidade de retenção de água do músculo reduz tanto pela desnaturação das proteínas musculares, quanto pelo alcance do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares (HONIKEL, 2004). Essas mudanças podem modificar a coloração da carne, passando de escura e translúcida para pálida e opaca.

Os níveis de ATP estão em queda e para suprir essa falta de energia, o ADP se liga a fosfocreatina no sarcoplasma e começa a ser convertido a ATP. Ao atingir níveis insuficientes de ATP para manter actina e miosina separadas, ocorre a formação de pontes entre actina e miosina conhecida como actomiosina, como ocorre na contração muscular, mas com algumas diferenças, o número de pontes formadas no *rigor mortis* é maior e o relaxamento é impossível pela falta de ATP para a quebra destas pontes. Assim, com a conclusão do *rigor mortis*, a procedimento de conversão do músculo em carne continua através de degradações enzimáticas e

desnaturação protéica, causando uma pseudo-resolução do *rigor mortis*, tornando a carcaça menos rígida (FELÍCIO, 1997).

Quando acontece o total esgotamento da energia muscular inicia-se a atuação das enzimas proteolíticas dependentes de cálcio (ALVES et al., 2005). Com ausência de energia, o transporte de cálcio é cessado, o cálcio presente no citoplasma da célula muscular (sarcoplasma), não retorna ao retículo sarcoplasmático, possibilitando a sua utilização pelas proteases dependentes (SGARBIERI, 1996). As calpaínas e catepsinas são as mais importantes na carne vermelha, são liberadas dos lisossomos no *postmortem* e parecem degradar os miofilamentos em pH<5, ocorrendo raramente na carne bovina (HOPKINS; TAYLOR, 2004).

2.5 A maciez da carne bovina

A maciez assume posição de destaque na avaliação da carne bovina, sendo considerada a característica organoléptica de maior influência em relação aos atributos de qualidade, associada com a satisfação de consumidores e consequentemente o aumento do consumo (ALVES & MANCIO, 2007).

Os fatores determinantes de maciez são: maciez residual, definida como a resistência ao cisalhamento de um corte não encurtado; fase de endurecimento, causada pela diminuição do sarcômero durante o desenvolvimento do rigor; e finalmente o amaciamento *postmortem* (KOOHMARAIE & GEESINK, 2006).

A maciez da carne para o paladar inclui a textura e envolve alguns aspectos como a facilidade de penetração da carne pelos dentes, a capacidade de fragmentação da carne e a quantidade de resíduos permanentes após a mastigação. Dentre os atributos da qualidade sensorial, a textura e maciez são as mais procuradas (LAWRIE, 2005). Portanto, a inconsistência na maciez é um dos maiores problemas da indústria da carne, sendo sua principal meta a produção de carne de qualidade, satisfazendo o mercado consumidor e trazendo retorno para todos os processos da cadeia produtiva (JAYASOORIYA et al., 2007; SAWDY et al., 2004).

A seleção de bovinos propensos geneticamente para produzir carne de qualidade é de alta prioridade para a indústria. As características de carcaça e fatores de qualidade são influenciados, entre outros, por parâmetros genéticos e maturidade do animal (MILLER, 2001).

Dentre os métodos empregados para se medir a maciez da carne deve-se destacar o da força de cisalhamento, medida por meio de um aparelho denominado *Warner-Bratzler Shear Force* (WBSF). Este método associado à classificação de carcaças apresenta alto potencial na predição da maciez no músculo *Longissimus dorsi*, apresentando alta correlação com avaliação sensorial realizada por pessoas treinadas (DELGADO, 2001). A metodologia empregada mensura a textura da carne cozida, onde a cocção rompe as estruturas celulares, encolhe as fibras de colágeno, desnatura as proteínas miofibrilares, diminuindo a maciez da carne. Deste modo, o cozimento deve ser padronizado a uma temperatura ótima de, aproximadamente, 72°C (WARRIS, 2000).

Parte da maciez da carne pode ser explicada pela degradação das proteínas miofibrilares, métodos como o Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) e a Eletroforese de proteínas podem ser utilizados para avaliação do grau de degradação miofibrilar e as proteínas envolvidas no processo (CLAYES et al., 1995; LAMETSCH & BENDIXEN, 2001; KOOHMARAI, 2002; LAMETSCH et al., 2003; SAWDY et al., 2004).

O enfraquecimento da ligação das miofibrilas ao sarcômero, por ação da proteólise, é a etapa central no processo de amaciamento da carne. Sendo assim, carnes com maior proteólise são mais macias e possuem miofibrilas mais frágeis. O MFI é baseado nesse conceito, sendo utilizado como método para estimar a maciez da carne (KOOHMARAI; GEESINK, 2006).

2.6 Fibras musculares e crescimento de bovinos

Na produção animal o crescimento caracteriza o processo de desenvolvimento corporal, estando diretamente associado à eficiência econômica de um sistema de produção (HADLICH, 2007). Portanto, as diferenças quanto à taxa de crescimento podem ser explicadas por um tipo de

fibra específico (BAILLIE e GARLICK, 1991), neste caso, o tipo, tamanho e ocupação da área de cada fibra, contribuem diferentemente para o crescimento muscular, influenciando assim a qualidade da carne bovina (MALTIN et al., 2001).

Durante o período de crescimento pós-natal dos animais, o desenvolvimento muscular acontece apenas por hipertrofia (aumento do tamanho das células), principalmente, pelo acréscimo de proteínas e de núcleos originados da proliferação e fusão das células satélites. A hipertrofia ocorre primeiramente no sentido longitudinal da fibra pelo aumento do número de sarcômeros e, posteriormente, pelo aumento do diâmetro devido à deposição das proteínas miofibrilares. Consequentemente, o tamanho da fibra muscular está limitado por fatores genéticos e nutricionais determinantes na capacidade do músculo em sintetizar proteínas musculares, responsáveis pelas variações nas taxas de deposição do tecido muscular, e estando relacionado ao sistema enzimático do processo de amaciamento da carne no *postmortem* (SCHEUERMANN, 2004).

A associação entre características de crescimento, qualidade da carne e dos tipos de fibras musculares tem sido analisada nos últimos anos demonstrando associações entre estes parâmetros (CHANG et al., 2003; KARLSSON et al., 1993; MALTIN et al., 2001; OCKERMAN et al., 1984; RYU & KIM, 2005). Alguns trabalhos comprovam a relação entre o reduzido nível de alimentação e as características das fibras musculares, mostrando o baixo nível alimentar ocorrido devido a uma maior frequência de fibras SO ou FOG e menor frequência de fibras FG (YAMBAYAMBA & PRICE, 1991).

Dentre os estudos, CARPENTER et al. (1996); KOOHMARAIE et al. (1996) associaram o aumento da área de fibras FG, no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos e ovinos de diferentes genótipos, ao aumento da massa muscular caracterizada pela hipertrofia. Entretanto, Monteiro et al. (2000) encontrou a predominância do metabolismo intermediário (*fast oxidative glycolytic* - FOG) no músculo *L. dorsi* de cordeiros.

Arrigoni et al. (2004) observou em animais de tamanhos corporais distintos (mestiços Angus, Canchim e Simental) o comportamento do crescimento e diâmetro de fibras musculares esqueléticas diferentes. Mestiços Angus apresentaram maior espessura de gordura e menor diâmetro de fibras

musculares esqueléticas, confirmando sua precocidade em relação às características de carcaça. Assim, 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 esquelético.

2.7 Fibras musculares e características de qualidade da carne

A composição dos tipos de fibras musculares pode ser o fator mais importante relacionado aos eventos bioquímicos e a sua associação com a conversão do músculo em carne (SAZILI et al., 2005). Neste mesmo sentido MALTIN et al. (2001) encontraram correlações positivas entre a proporção, tamanho da fibra e a qualidade da carne, principalmente a maciez. Em concordância PICARD et al. (1999), afirma que o processo de amaciamento da carne no *postmortem* envolve mecanismos enzimáticos e físico-químicos onde, a intensidade e amplitude são largamente governados pela proporção de distintos tipos de fibras.

A organização das fibras nos músculos de mamíferos demonstra as diferentes atividades das enzimas metabólicas exercidas por cada tipo de fibra (PETER et al., 1972). As de metabolismo oxidativo geralmente apresentam diâmetro pequeno, muitas mitocôndrias, pouco glicogênio, recebem maior quantidade de oxigênio e possuem elevada atividade de fosforilação oxidativa (SILAU & BRACHERO, 1978; GRAY et al. 1983; SANGER & STOIBER, 2001).

Solomon et al. (1985) descreve as diferenças de porcentagem de fibras no músculo *L. dorsi* de bubalinos e bovinos, verificando a presença de fibras FG em bovinos está relacionada com a seleção genética para o desenvolvimento muscular. Estudos realizados com bovinos e ovinos demonstraram uma correlação significativa entre as fibras musculares oxidativas (SO e FOG) e a maciez da carne (MOODY et al., 1980; OCKERMAN et al., 1984).

Atualmente outro fator relevante no estudo da qualidade da carne é a miosina, maior proteína estrutural dos filamentos espessos do sarcômero e mais abundante no músculo esquelético, relacionada ao crescimento e

contração muscular, desenvolvimento do animal e maciez da carne. Cada molécula de miosina consiste de duas cadeias pesadas (*MyHC*) idênticas e dois pares, não idênticos, de cadeia leve (*MyLC*), sendo todos os vertebrados expressam uma família de isoformas de *MyHC* e de *MyLC*, codificadas por genes distintos (LUTZ & LIEDER, 2000; TIDYMAN, 1996; SCHIAFFINO & REGGIANI, 1996).

Na família *MyHC* pelo menos 10 genes foram identificados nos músculos de mamíferos, incluindo os tipos, I (lento), IIa, IIb, IIx/IIc, IIm, alfa, neonatal, embrionário e extraocular (PICARD & CASSAR-MALEK, 2009). Uma fibra muscular pode conter especificamente uma dessas isoformas, ou seja, fibras I contêm *MyHC*-I, IIa contêm *MyHC*-IIa e IIb contêm *MyHC*-IIb. Entretanto, as fibras também podem conter simultaneamente várias isoformas de *MyHC*, denominada fibra híbrida (FRANCISCO, 2009).

Através da análise genômica foram caracterizados quatro isoformas de *MyHC* em músculos de mamíferos adultos: uma lenta (tipo *slow*) e três rápidas IIa, IIx e IIb (TONIOLO et al., 2005). Em bovinos, apenas três tipos foram identificados pela reação m-ATPase: I, IIa e IIx, demonstrando uma adaptação dos músculos de bovinos para uma contração mais lenta e maior resistência à fadiga. Essas características podem estar relacionadas ao *rigor mortis* mais lento quando comparado aos músculos de outras espécies animais (CHIKUNI et al., 2004).

Com o intuito de identificar as diferenças e quantidades das isoformas de *MyHC* e relacionar ao crescimento muscular e qualidade da carne, algumas técnicas como a eletroforese (*SDS-PAGE*) tem se mostrado uma valiosa ferramenta (Figura 4). Burridge & Bray (1975) foram os pioneiros a identificar as variações na mobilidade da *MyHC* utilizando esta técnica constantemente testada e aprimorada em estudos relacionados a maciez da carne.

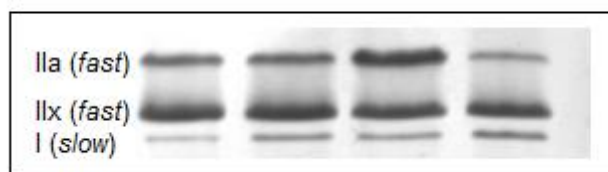


Figura 4 Separação eletroforética das isoformas de miosina de cadeia pesada (*MyHC*) representando as fibras I (*slow*), IIx e IIa.

Fonte: Adaptado de MACCATROZO (2004).

Diferentes proteínas são relacionadas ao músculo esquelético, auxiliando actina e miosina na contração muscular. A troponina constituída por três subunidades: troponina C (CNC), troponina T (TnT) e troponina I (TnI) e tropomiosina, são pertencentes ao grupo das proteínas regulatórias. No sarcômero existem também as proteínas da linha Z e as citoesqueléticas (titina, nebulina, desmina, vinculina e outras proteínas em menor quantidade) (GREASER, 1997; GREASER et al., 2000) (Figura 5; Tabela 2).

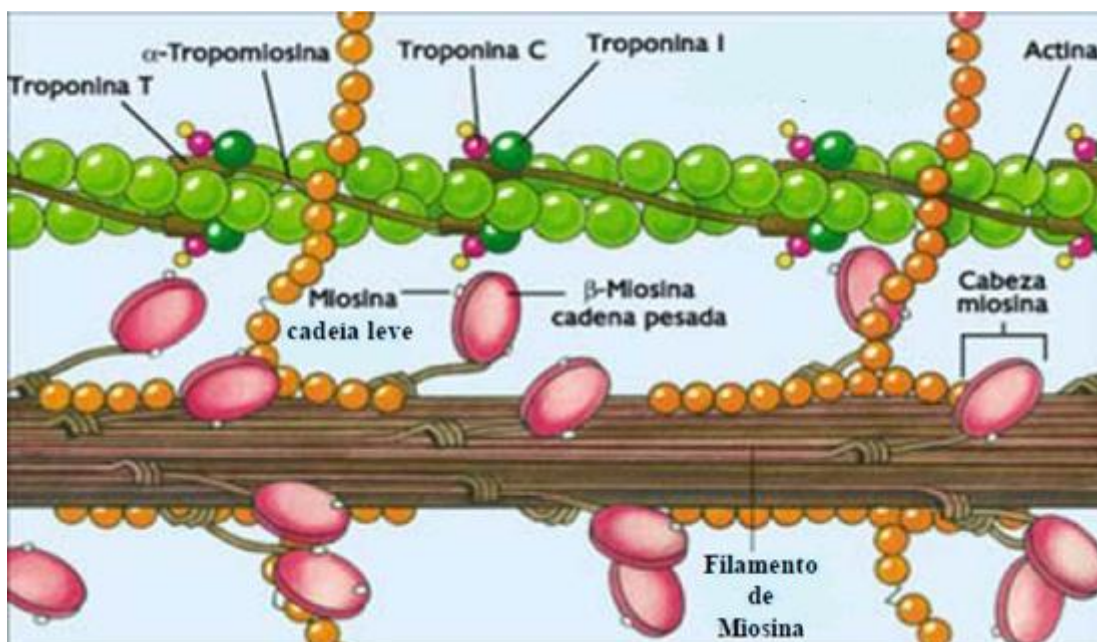


Figura 5 Ilustração da unidade contrátil da fibra muscular e a estrutura dos filamentos protéicos de actina, miosina, tropomiosina e troponina.

Fonte: Adaptado de Rocha, 2007.

Tabela 2 Proteínas do músculo esquelético

Principais proteínas contráteis	Actina
	Miosina
Proteínas Reguladoras	Tropomiosina Troponina α -actina (α -actinina)
Proteína Cito-esqueléticas	Titina Nebulina Proteína-C Proteína-M (miomesina) Desmina (esqueletina) Filamina Vimentina Sinemina Proteína-Z Proteína-I Creatina-quinase
Proteínas Sarcoplasmáticas	Sarcoplasmáticas solúveis e enzimas Mitocondriais Mioglobina Hemoglobina Citocromo e flavoproteína
Proteínas do Estroma	Colágeno e reticulina Elastina Outras proteínas insolúveis

Fonte: Adaptado de Judge et al., 1989.

Proteínas de grande peso molecular como nebulina e titina estão relacionadas a mudanças nas fibras musculares causada por sua degradação, estabilizando o arranjo das proteínas miofibrilares no meio intracelular, especialmente na estrutura do disco Z. No entanto, proteínas de menor peso molecular como a desmina e reguladoras como a troponina tem merecido atenção dos pesquisadores e sendo associadas à maciez da carne (KOLCZAK et al., 2003; HUFF-LONERGAN et al., 2010).

Desta maneira, identificar os mecanismos relacionados ao crescimento e definição da qualidade de carne em animais zebuínos para possível intervenção no processo de amaciamento e produção de carne com qualidade, já que estes animais compõem a base do rebanho de corte brasileiro (RUBENSAM & MONTEIRO, 2000).

3. Referências Bibliográficas

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

ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da Carne bovina - uma revisão. *Revista da FZVA. Uruguaiana*, v. 14, n. 1, p. 193-216, 2007.

ARBOITTE, M. Z.; RESTLE, J.; FILHO, D. C. A.; BRONDANI, I. L.; PACHECO, P. S.; GLASENAPP, M.; PERPTTONI, J. Composição Física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de Novilhos 5/8 Nelore – 3/8 Charolês Terminados em confinamento e abatidos em diferentes estádios de maturidade. *Revista Brasileira Zootecnia*, v. 33, n. 4, p. 959-968, 2004.

ARRIGONI, M. B.; JR, A. A.; DIAS, P. M. A.; MARTINS, C. L.; CERVIERI, R. C.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N.; CHARDULO, L. A. L. Desempenho, fibras musculares e carne de bovinos jovens de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 1033-1039, out. 2004.

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, p. E891-E896, 1991.

BOWKER, B. C.; BOTREL, C.; SWARTZ, D. R.; GRANT, A. L.; GERRARD, D. E. Influence of myosin heavy chain isoform expression and postmortem metabolism on the ATPase activity of muscle fibers. *Meat Science*, v. 68, p. 587 – 594, 2004.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. Cadeia Produtiva da Carne Bovina. Brasília: Ministério da Agricultura, *Pecuária e Abastecimento. Série de Agronegócios*, v.8, p.86, 2007.

BULTOT, D.; DUFRASNE, I.; CLINQUART, A.; HOQUETTE, J.L.; ISTASSE, L. Performances and meat quality of Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls fattened with two types of diet. In *RENCONTRE DES RECHERCHES SUR RUMINANTS*, 2002, Paris. Proceedings... Paris, p. 271, 2002.

BURRIDGE, K.; BRAY, D. Purification and structural analysis of myosins from brain and other non muscles tissues. *Journal of Molecular Biology*, v. 99; p. 1-14, 1975.

CAMPOS, G. E.; LUECKE, T. J.; WENDELN, H. K.; TOMA, K.; HAGERMAN, F. C.; MURRAY, T. F.; RAGG, K. E.; RATAMESS, N. A.; KRAEMER, W. J.; STARON, R. S. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, v. 88, p. 50-60, 2002.

CARPENTER, C.E.; RICE, Q.D.; COCKETT, N.E.; SNOWDER, G.D. Histology and composition of muscles from normal and callipyge lambs. *Journal of Animal Science*, 74, p. 388-393, 1996.

CASTAN, E. P. Expressão gênica e protéica de isoformas de cadeia pesada de miosina e maciez da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos. *Tese FCAV- Jaboticabal*, SP. p. 54, 2010.

CHANG, K. C.; COSTA, N.; BLACKLEY, R.; SOUTHWOOD, O.; EVANS, G.; PLASTOW, G.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs, *Meat Science*, Barking, v. 64, p. 93–103, 2003.

CHIKUNI, K.; MUROYA, S.; NAKAJIMA, I. Myosin heavy chain isoforms expressed in bovine skeletal muscles. *Meat Science*, v. 67; p. 87-84. 2004.

CHOE, J. H.; CHOI, Y. M.; LEE, S. H.; SHIN, H. G.; RYU, Y. C.; HONG, K. C.; KIM, B. C. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*, Amsterdam, v. 80, n. 2, p. 355-362, 2008.

CLAYES, E.; UYTTERHAEGEN L.; BUTS, B.; DEMEYER, D. Quantification of beef myofibrillar proteins by SDS-PAGE. *Meat Science*, v.39, p.177, 1995.

COSTA, D.; ABREU, J. B. R.; MOURÃO, R. C.; SILVA, J. C. G.; RODRIGUES, V. C.; SOUSA, J. C. D.; MARQUES, R. A. F. S. Características de carcaça de novilhos inteiros Nelore e F1 Nelore X Holandês. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 4, p. 687-696, 2007.

DELGADO, E. F. Fatores bioquímicos que afetam a maciez da carne. 1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da carne. Campinas: CTC/ITAL, 2001.

FARIA, C. U.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G.; REYES, A.; BEZERRA, L. A. F.; LOBO, R. B. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.835-841, 2008.

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, p.79-97, 1997.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. *Meat Science*, v.84, p.238-243, 2010.

FRANCISCO, C. L. Caracterização histológica e bioquímica dos músculos Longissimus dorsi e Semitendinosus de bubalinos mediterrâneo abatidos em diferentes pesos. *Tese. FMVZ- Botucatu*, SP. p. 85. 2009.

GREASER, M. L. Postmortem changes in the cytoskeleton proteins in muscle. In: *EUROPEAN SYMPOSIUM "Poultry Meat Quality"*, 13, Poznań, p.281-291, 1997.

GREASER, M. L.; BOYER – BERRY, C.; KUMAZAWA, Y.; SZALATA, M.; POSIECH, E. Titin and tenderness. In: *Proceedings... ICoMST*, 46., 2000, Buenos Aires, p. 420-423, 2000.

GIUSTI, J. expressão de genes relacionados à qualidade da carne do músculo Longissimus dorsi em Nelore (*Bos indicus*) e canchim (5/8 *Bos taurus* x 3/8 *Bos indicus*). Tese. FCAV- Jaboticabal, SP. p. 74. 2011.

GRAY, S. D.; McDONAGH, P. F.; GORE, R. W. Comparision of functional and total capillary densities in fast and slow muscles of the chicken. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*. 397-209. 1983.

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. 90 f. Tese Doutorado - FMVZ, Botucatu, 2007.

HOLLUNG, K.; VEISETH-KENT, E. Omics Techonologies: Tools for food science. Nouredine Benkeblia, *University of the West Indies, Kingston, Jamaica*. CRC Press, p. 313-338, 2012.

HONIKEL, K. Water holding capacity of meat. In: TE PAS, M. F. W.; EVERTS, M. E.; HAAGSMAN, H. P. *Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality*. Oxfordshire: CABI, p. 389-400, 2004.

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 animals: physiology, genetics and meat quality*. Oxfordshire: CABI, p. 363-388, 2004.

IBGE. Produção da Pecuária Municipal, dez de 2007. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 27 nov. 2013.

JAYASOORIYA, S. D.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B. R.; BHANDARI, B. R. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscles. *Meat Science*, v.75, p. 628-639, 2007.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Histologia básica. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 184-205, 2004.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERKEL, R. A. *Principles of meat Science*. 2. ed. Dubuque, Kendall/ Hunt Publishing Company, p. 351, 1989.

KARLSSON, A.; ENFALT, A. C.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; LUNDSTROM, K.; RYDHMER, L.; STERN, S. 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, 930-938, 1993.

KOLCZAR, T.; POSPIECH, E.; PALKA, K.; LA CKJ, J. Changes of myofibrillar and centrifugal drip proteins and shear force of psoas major and minor and semitendinosus muscle from calves, heifers and cows during post mortem ageing. *Meat Science*, v. 64, p. 69-75, 2003.

KOOHMARAIE, M. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. *Proceedings of the Reciprocal Meat Conference*, v.48, p.69-75, 1995.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *Journal Animal Science*, 74:2935, 1996.

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

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, New York, v. 74, n. 1, p. 34-43, 2006.

LAMETSCH, R.; BENDIXEN, E. Proteome Analysis applied to meat science: characterizing post mortem changes in porcine muscle. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v. 49, p. 4531-4537. 2001.

LAMETSCH, R.; KARLSSON, A.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J.; ROERSTORFF, P.; BENDIXEN, E. *Post-mortem* proteome changes of porcine muscle related to tenderness. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v. 51, p. 6992-6997, 2003.

LAWRIE, R. A. Ciência da carne. Porta Alegre, Artmed, p. 384, 2005.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo, Sarvier, p.725, 1984.

HUFF-LONERGAN, E.; ZHANG, W.; LONERGAN, S. M. Biochemistry of postmortem muscle: lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, v.86, p.184-195, 2010.

LUCHIARI FILHO, A. Pecuária da carne bovina. São Paulo: LinBife, p.134, 2000.

LUTZ, G. J.; LIEBER, R. L. Myosin isoforms in anuran skeletal muscle: their influence on contractile properties and in vivo muscle function. *Microscopy Research and Technique*, v.50, p.443-457, 2000.

MACCATROZZO, L.; PATRUNO, M.; TONIOLO, L.; REGGIANI, C.; MASCARELLO, F. Myosin heavy chain 2B isoform is expressed in specialized eye muscles but not in trunk and limb muscles of cattle. *European Journal of Histochem.* v. 49,357 -366, 2004.

MACEDO, L. O. B. Modernização da Pecuária de Corte Bovina no Brasil e a Importância do Crédito Rural. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.36, n.7, p.83-95, 2006.

MAHER, S. C.; MULLEN, A. M.; KEANE, M.G.; BUCKLEY, D. J.; KERRY, J. P.; MOLONEY, A. P. Variation in the 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. *Meat Science*, v. 90, p. 271-277, 2004.

MALTIN, C. A.; LOBLEY, G. E.; GRANT, C. M.; MILLER, L. A.; KYLE, D. J.; HORGAN, G. W.; MATTHEWS, K. R.; SINCLAIR, K. D. Factors influencing beef eating quality 2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. *Animal Science*, v. 72, p. 279-287, 2001.

MILLER, R. K. Obtendo carne de qualidade consistente. In: *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da carne*. Campinas, SP. CTC/ITAL, 2001.

MOODY, W. G.; KEMP, J. D.; MAHYUDDIN, M.; JOHNSTON, D. M.; ELY, D. G. Effects of feeding systems, slaughter weight and sex on histological properties of lamb carcasses. *Journal of Animal Science*, v. 50, n.2, p. 249-256, 1980.

OCKERMAN, H. W.; JAWOREK, D.; VANSTAVERN, B.; PARRETT, N.; PIERSON, C. J. Castration and sire effects carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, v.59, n.4, p.981-990, 1984.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factor that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, v.71, p.3138, 1993.

PETER, J. B.; BARNARD, R. J.; EDGERTON, V. R. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. *Biochemistry*, v.11; p. 2633-2672, 1972.

PICARD, B.; BARBOIRON, C.; DURIS, M. P.; GAGNIERE, H.; JURIE, C.; GEAY, Y. Electrophoretic separation of bovine muscle myosin heavy chain isoforms. *Meat Science*, v. 53, 1999.

PICARD, B.; CASSAR-MALEK, I. Evidence for expression of IIb myosin heavy chain isoform in some skeletal muscles of Blonde d'Aquitaine bulls. *Meat Science*, v.82, p.30-36, 2009.

ROÇA, R. O. *Modificações post-mortem da carne*. Disponível em: <<http://campus2.br/~thompson/Roca105.pdf>> Acesso em: 27 nov. 2013.

ROCHA, L. A. O. Análises histológicas e proteômicas do miócito cardíaco de ratos submetidos a diferentes intensidade de exercício. 2007. 122 f. *Tese Mestrado - UCB, Brasília*, 2007.

RÜBENSAM, J. M.; MONTEIRO, E. M. Maciez e atividade da calpastatina em carne bovina. *Documentos CPPSul/EMBRAPA*. 28:53, 2000.

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*, Barking, v. 71, p. 351–357, 2005.

SÄNGER, A. M.; STOIBER, W. Muscle fibre diversity and plasticity. In: JOHNSTON, I. A. (Ed.). *Muscle development and growth*. Fish Physiology 18. San Diego: Academic Press, p. 187-250, 2001.

SAWDY, J.C.; KAISER, S. A.; ST-PIERRE, N. R.; WICK, M. P. Myofibrillar 1-D fingerprints and myosin heavy chain MS analyses of beef loin at 36 h postmortem correlate with tenderness at 7 days. *Meat Science*, v. 67, p. 421. 2004.

SAZILI, A. Q.; PARR, T.; SENSKY, P. L.; JONES, S. W.; BARDSLEY, R. G.; BUTTERY, P. J. The relationship between slow and fast myosin heavy chain content, calpastatin and meat tenderness in different ovine skeletal muscles. *Meat Science*, v. 69, p.17-25, 2005.

SCHEUERMANN, G. N. Alteração na quantidade e qualidade da carne de aves através da manipulação das fibras musculares. In: *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS*, 2004, Santos. Anais...Santos: FACTA, v. 2, p. 165-178, 2004.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews*, v.76, p. 371-423,1996.

SGARBIERI, V. C. Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: *Varela*, p.184-229,1996.

SILAU, A. H.; BRANCHERO, N. Skeletal muscle fiber size and capillarity. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, p.158 -288. 1978.

SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *The Veterinary Journal*, v. 167, p. 242-257, 2004.

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*, p. 153- 166, 2003.

SIQUEIRA, J. B.; OBA, E.; PINHO, R. O.; GUIMARÃES, S. E. F.; NETO, T. M.; GUIMARÃES, J. D. Testicular shape and andrological aspects of young Nellore bulls under extensive farming. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 41, n. 3, p. 612-617, 2012.

SOLOMON, M. B.; WEST, R. L.; CARPENTER, J. W. Fiber types in the longissimus muscle from water buffalo and selected domestic beff breeds. *Meat Science*, v. 13, p. 129-135, 1985.

TIDYMAN, W. Characterization of the chicken neonatal myosin heavy chain isoform: Differential expression of the chicken fast myosin heavy chain genes during development, and in normal and dystrophic adult muscles. *Ph. D. Thesis*. 1996.

TONIOLO, L.; MACCATROZZO, L.; PATRUNO, M.; CALIARO, F.; MASCARELLO, F.; REGGIANI, C. Expression of eight distinct MHC isoforms in bovine striated muscles: evidence for MHC-2B presence only in extraocular muscles. *Journal of Experimental Biology*, v. 208, p. 4243–4253, 2005.

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, p.1031-1035, 1991.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D. Predicting beef longissimus tenderness from various biochemical and histochemical muscle traits. *Journal of Animal Science*, v.68, p.4193–4199, 1990.

CAPÍTULO 2 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE SELECIONADOS PARA PRODUÇÃO

Resumo - O objetivo nesse estudo foi avaliar os aspectos qualitativos da carne no músculo *Longissimus dorsi* de 718 animais da raça Nelore terminados em confinamento e idade entre 20 a 24 meses provenientes de rebanhos de quatro fazendas que integram os programas de melhoramento genético do grupo Conexão Delta G, PAINT e Nelore Qualitas. Após o abate dos animais em frigoríficos comerciais foram colhidas amostras do músculo com osso (espessura aproximada de 2,54 cm) da meia-carcaça esquerda de cada animal. As amostras coletadas entre a 12^a e 13^a costelas foram utilizadas para realização das análises físicas de qualidade, como a área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), perdas por cozimento, coloração instrumental da carne e força de cisalhamento (FC). A partir do restante da carne, foram coletadas alíquotas para a realização do índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e lipídeos totais (LT). O valor médio encontrado para a AOL foi 72,8 cm², considerado esperado para animais *Bos indicus*, os quais apresentaram FC e MFI médio de 5,7 kg e 32,0 demonstrando correlação de alta magnitude e significativa entre as duas características ($r_p = -0,55$; $p < 0,01$). Os valores de EGS estão de acordo com os exigidos pelos frigoríficos (4,2 mm) e apresentaram correlação com o IM ($r_p = 0,23$; $p < 0,01$), a coloração que é o principal atrativo no momento da compra classificou as amostras de carne abaixo dos padrões desejados.

Palavras-chave: área de olho de lombo, força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, qualidade da carne bovina

PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS AND QUALITY BEEF CATTLE NELORE SELECTED FOR PRODUCTION

Abstract - The objective of this study was to evaluate the qualitative aspects of the meat from the *Longissimus dorsi* muscle of 718 Nelore animals finished in feedlot and age less than 24 months of herds of four farms that are part of the breeding programs of the Delta Connection group G, PAINT and Qualitas Nelore. After the slaughter of animals in commercial refrigerators reviewers muscle samples with bone (approximate thickness of 2.54 cm) from the left half carcass of each animal were harvested. Samples collected between the 12th and 13th ribs were used to evaluate the physical quality, as the rib eye area (REA), fat thickness (SFT), an index of marbling (IM), cooking loss, staining instrumental meat and shear force (SF). From the rest of the meat, rates for completion of the myofibrillar fragmentation index (MFI) and total lipids (TL) were collected. The mean value for REA was 72.8 cm², considered expected for *Bos indicus*, which showed SF and average MFI of 5.7 kg and 32.0 showing correlation of high magnitude and significant between the two parameters ($r_p = -0.55$; $p < 0.01$). EGS values are consistent with those required by refrigerators (4.20 mm) and correlated with IM ($r_p = 0.23$; $p < 0.01$), the color that is the main attraction at the time of purchase rated the meat samples outside the desired patterns.

Key words: myofibrillar fragmentation index, quality beef cattle, rib eye area, shear force

1. Introdução

A importância da bovinocultura de corte na economia brasileira é inegável, além de movimentar a indústria e distribuir uma gama variável de insumos que se utiliza no seguimento produtivo, a cadeia da pecuária bovina, incluindo produção, abate, transformação, transporte e comercialização de produtos e subprodutos, movimenta um grande número de agentes e de estruturas, da fazenda à indústria, e ao comércio, gerando renda e criando empregos em seus diversos segmentos (CORREA, 2000).

Segundo FERNANDES et al. (2008) o êxito da produção de bovinos caminha para a obtenção de carcaça com melhor qualidade e de carne com características diferenciadas. Nos últimos anos, com a melhoria da condição financeira da população, observou-se mudança nos hábitos dos consumidores aumentando a procura de alimentos de melhor qualidade. Desta forma, a necessidade de produzir carne com características que agradem aos mercados mais exigentes tem sido a grande preocupação dos integrantes da cadeia produtiva de carne, constituída de produtores, indústrias frigoríficas chegando até o varejo. As instituições de pesquisa, por conseguinte procuram estudar os fatores que estão ligados às alterações que ocorrem nas características desejáveis da carne e os possíveis causadores de tais alterações (KOOHMARAIE et al., 2003).

A maciez da carne bovina assume posição de destaque, sendo considerada a característica organoléptica mais valorizada e desejada pelos consumidores modernos (ALVES & MANCIO, 2007). Identificar e selecionar os animais que tenham propensão genética para produção de carne com qualidade, atendendo os padrões desejáveis pelos consumidores tem sido prioridade para a indústria e o foco de vários estudos (MILLER, 2001; RENAND et al., 2001).

A quantidade e solubilidade de tecido conjuntivo determinam a maciez da carne através do encurtamento do sarcômero durante o *rigor mortis*, e proteólise *post mortem* das miofibrilas e das proteínas a elas associadas (KOOHMARAIE & GEESINK, 2006). Dentre os métodos empregados para mensurar a maciez destaca-se a força de cisalhamento, medida através do

aparelho *Warner-Bratzler Shear Force* que estima a força necessária para cortar um cilindro de carne, com espessura padronizada, através de uma lâmina com 1 mm (WARRIS, 2000). Este método apresenta alta correlação com a avaliação sensorial do músculo *Longissimus dorsi*, realizada por pessoas treinadas (DELGADO, 2001).

A proteólise das proteínas miofibrilares devido a alterações estruturais que enfraquecem a integridade das fibras musculares também pode explicar a maciez da carne. Uma indicação desta degradação sob condições de *post mortem* pode ser alcançada através da determinação do grau de fragmentação, sabendo que quanto menor as miofibrilas maior a maciez. Quanto aos métodos utilizados o índice de fragmentação miofibrilar (MFI) tem sido amplamente adotado como método de avaliação indireta da extensão da atividade proteolítica, refletindo o tamanho das miofibrilas e predizendo mais de 50% da variação da maciez da carne (HOPKINS et al., 2000).

Já a coloração da carne é considerada a característica sensorial de maior importância na aparência do produto, influenciando na decisão do consumidor no momento da compra (NAM et al., 2009). Determinada pela concentração de pigmentos, como hemoglobina e mioglobina, e pela microestrutura do músculo, podendo ser determinada objetivamente por meio de comparação de cores primárias (WARRIS, 2000).

O mecanismo global que estabelece a diferenciação e definição da qualidade da carne, não é totalmente esclarecido. Assim, se torna necessário a identificação dos mecanismos de qualidade da carne para animais zebuínos, possibilitando a intervenção no processo de amaciamento e produção de bovinos Nelore, pois estes animais compõem majoritariamente o rebanho de corte brasileiro.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo determinar as características físico-químicas de qualidade da carne do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore (*Bos indicus*) selecionados para produção.

2. Material e Métodos

2.1 Animais e Coleta das Amostras

Foram utilizados 718 animais da raça Nelore (*Bos indicus*), machos inteiros terminados em confinamento por 90 a 100 dias com idade entre 20 a 24 meses provenientes de rebanhos de quatro fazendas que integram os programas de melhoramento genético do grupo Conexão Delta G, PAINT e Nelore Qualitas que forneceram os dados de manejo. O abate dos animais ocorreu em frigoríficos comerciais colaboradores, as carcaças foram identificadas e resfriadas por um período de 24 a 48 horas. Após o resfriamento e estabelecimento pleno do *rigor mortis* foram colhidas amostras do músculo *Longissimus dorsi* com osso (espessura aproximada de 2,54 cm) entre a 9ª e 13ª costelas, da meia-carcaça esquerda de cada animal. As amostras coletadas entre a 12ª e 13ª costelas foram congeladas e posteriormente utilizadas para medir a área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), perdas por cozimento, coloração instrumental da carne e força de cisalhamento (FC). A partir do restante da carne, foram coletadas alíquotas para a realização das análises de índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e lipídeos totais (LT).

2.2 Análises físico-químicas da carne

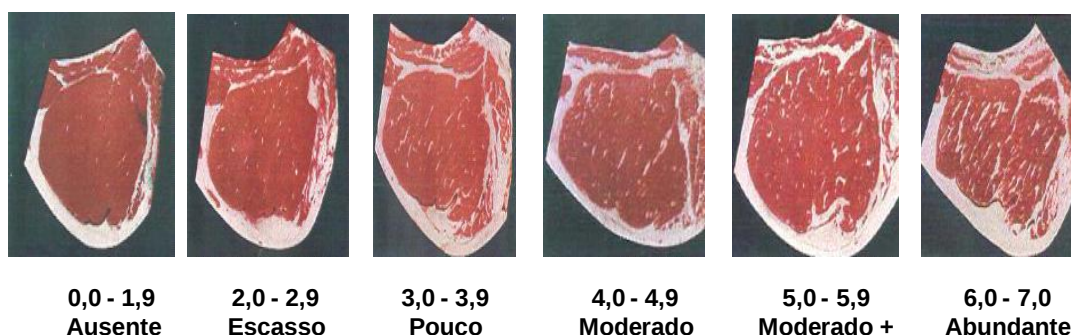
2.2.1 Área de olho de lombo (AOL), Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) e Índice de Marmorização (IM)

Para a determinação da Área de Olho de Lombo (AOL) e Espessura de Gordura Subcutânea (EGS) foram utilizadas as amostras destinadas também à realização da força de cisalhamento.

A AOL foi determinada pelo método do quadrante de pontos (*USDA - Quality and Yield Grade*, 2000) e expressa em cm^2 , bem como a EGS, medida com paquímetro e expressa em milímetros (mm).

A análise do IM foi realizada utilizando a escala de graduação visual adaptada de *USDA - Quality and Yield Grade* (2000), aos padrões de marmorização comumente encontrados no rebanho nacional (Figura 1).

Figura 1 Escala de graduação visual do índice de marmorização. Adaptado de *USDA - Quality and Yield Grade*, (2000).



2.2.2 Coloração Instrumental da carne

A determinação da coloração da carne foi aferida utilizando o colorímetro KONICA MINOLTA - CR 400 (*Minolta Co. Ltd.*), segundo a metodologia proposta por RENERRE (1982), onde o equipamento foi calibrado para um padrão branco no sistema CIE $L^* a^* b^*$ onde foram tomadas as medidas absolutas das coordenadas de luminosidade (L^*), coloração vermelha (a^*) e coloração amarela (b^*).

2.2.3 Perdas por cozimento

Durante o cozimento das amostras para análise da força de cisalhamento foram coletados os dados necessários para os cálculos dos valores de perdas por evaporação, gotejamento e totais ($n=793$). As perdas foram obtidas pela pesagem das bandejas de cozimento, com e sem as amostras, sendo realizadas antes e após o cozimento.

2.2.4 Força de Cisalhamento (*Warner Bratzler Shear Force*)

Para a análise de força de cisalhamento (FC) foram utilizadas amostras com espessura de 2,54 cm do músculo *Longissimus dorsi*, obtidas entre a 12^a e 13^a costelas. Foi adotado o procedimento padronizado e proposto por WHEELER et al. (1995), onde as amostras foram assadas até atingirem temperatura interna de 71°C. Para a determinação da força de cisalhamento foi utilizado o equipamento SALTER *Warner-Bratzler Shear Force* mecânico com capacidade de 25 kg e velocidade de seccionamento de 20 cm/minuto. O *shearing* foi realizado em cilindros de ½ polegada retirada da região central da amostra em sentido longitudinal as fibras musculares. Foram realizadas oito medidas por amostra a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos expressos em quilogramas (kg).

2.2.5 Determinação do índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI)

Na determinação do índice de fragmentação miofibrilar (MFI) foram utilizados 3,0 g de músculo livres de gordura e de tecido conjuntivo, conforme metodologia descrita por CULLER et al. (1978) e adaptada no Laboratório de Bioquímica da Carne - UNESP, Botucatu/SP. As amostras foram homogeneizadas em Ultra-turrax (Marconi - MA102/E) a 18000 rpm em 30 mL de tampão de índice de fragmentação miofibrilar (TMFI) à 2°C. Após a homogeneização as amostras foram centrifugadas a 1000Xg por 15 minutos à 2°C e o sobrenadante foi descartado. O *pellet* foi novamente suspenso em 30 mL de TMFI e homogeneizado com bastão de vidro.

As amostras foram novamente centrifugadas e o sobrenadante descartado. O *pellet* foi então re-suspenso em 7,5 mL de TMFI, submetido ao vortex e filtrado, ao qual foi adicionado mais 7,5 mL de TMFI. Foi realizada a quantificação de proteínas pelo método do Macro Biureto (GORNAL et al., 1949). Para a determinação do MFI através da leitura em espectrofotômetro a 540 nm, as amostras foram preparadas com o TMFI para um volume final de

4,0 mL e concentração de proteína 0,5 mg.mL⁻¹. O valor de MFI foi obtido pelo cálculo: MFI = Absorbância X 200

2.2.6 Quantificação dos Lipídeos Totais (LT)

A quantificação de lipídeos totais seguiu a metodologia descrita por BLIGH & DYER (1959). Foram utilizadas alíquotas em duplicata com pesos conhecidos aproximados a 3,0 g. A estas amostras foram adicionados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol, 8 mL de águas destiladas e colocadas em mesa agitadora por 30 minutos. Em seguida foram adicionados 10 mL de clorofórmio e 10 mL de sulfato de sódio 1,5% e agitadas novamente por mais dois minutos e transferidas para tubos *falcon* e centrifugados a 1000Xg por dois minutos. Após a centrifugação foi descartada o sobrenadante e o restante foi filtrado em papel filtro utilizando provetas graduadas de 25 mL. O valor do filtrado foi anotado e 5 mL transferido para becker de 50 mL previamente pesado em balança analítica (BEL Mark 210-A, *BEL Enginnering*), os beckers utilizados foram secos em estufa e esfriados em dessecador.

O becker contendo amostra foi colocado em estufa até evaporação total do solvente, resfriado em dessecador e pesado em balança analítica. As diferenças do peso inicial e final do becker determinaram a quantidade percentual de lipídeos nas amostras.

2.3 Análise Estatística dos Resultados

As análises estatísticas foram realizadas inicialmente utilizando-se o procedimento GLM do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 2011). O modelo de análise incluiu o efeito fixo de grupo de contemporâneos e o efeito de idade de abate como covariável. Os grupos de contemporâneos (GC) foram formados considerando informações de fazenda, ano de nascimento, grupo de manejo ao nascimento (GMN), grupo de manejo à desmama (GMD), grupo de manejo ao sobreano (GMS). O efeito touro não

foi incluído no modelo devido ao fato de o número de filhos do mesmo touro ser muito pequeno.

Os coeficientes de correlação de Pearson foram estimados utilizando-se o procedimento CORR, também do programa SAS. As correlações entre as características estudadas foram obtidas para os dados observados e para os resíduos das análises descritas acima.

3. Resultados e Discussão

A área de olho de lombo (AOL) é uma característica avaliada no músculo *Longissimus dorsi* que apresenta boa relação com a quantidade de músculos presentes na carcaça e, desta forma, contribui sobremaneira para a predição do rendimento de cortes cárneos, mostrando alta correlação com a quantidade de tecido comestível (COSTA et al., 2002; RIBEIRO et al.; 2004; PEREIRA et al., 2009).

Na Tabela 1, entre várias características avaliadas, pode-se observar o valor médio obtido para a AOL de 72,8 cm² (n = 718), número este superior a resultados descritos por outros autores. Trabalhando com 77 novilhos Nelore com aproximadamente 22 meses e terminados em confinamento, FREITAS et al. (2008), observaram valores médios de 61,2 cm². No mesmo sentido FIGUEIREDO et al. (2000), MAGNABOSCO et al. (2006), RIBEIRO et al. (2008) e RUBIANO et al. (2009) também encontraram em bovinos Nelore números abaixo do observado no presente ensaio (42,5; 52,9; 60,5 e 67,9 cm², respectivamente). Por outro lado, trabalhando com tourinhos Nelore de idade próxima a 24 meses e também terminados em confinamento, FELÍCIO (1997) relatou valor de 72,1 cm² para a AOL.

A relação da AOL com a produção de cortes cárneos é explicada pelo maior crescimento muscular ocasionado por fatores genéticos (seleção de rebanhos para maior crescimento e ganho de peso diário) e ambientes como o oferecimento de dietas ricas e concentradas em nutrientes nas diversas fases de crescimento animal. Animais oriundos de rebanhos Nelore selecionados para o desempenho em crescimento e musculabilidade na carcaça, quando

submetidos a modelos de produção intensiva tendem a apresentar maiores valores de AOL, quase sempre superiores a 70 - 80 cm².

A média encontrada para a espessura de gordura subcutânea (EGS) dos 718 bovinos Nelore foi de 4,2 mm (Tabela 1). Em estudo com animais Nelores macho inteiros, RAZOOK et al. (2002) observaram valores de EGS de 2,9 mm, abaixo do exigido pela indústria frigorífica, o que poderia ocasionar uma pior classificação das carcaças quanto a sua qualidade final. Entretanto, em estudos mais recentes, também com animais machos Nelore, vários trabalhos relatam a obtenção de médias acima de 3,0 mm (mínimo exigido pela indústria frigorífica) para animais com idade próxima a 24 meses (FREITAS et al., 2008; RIBEIRO et al., 2008; RUBIANO et al., 2009). Com médias acima de 5,5 - 6,0 mm, os animais abatidos em trabalho realizado por RUBIANO et al. (2009) obtiveram classificação considerada como uniforme.

Atualmente, o mercado consumidor tem buscado carcaças com cobertura de gordura entre 3,0 a 6,0 mm (PRADO et al., 2008). Valores abaixo de 3,0 mm aumentam as perdas com o resfriamento, devido ao encurtamento celular causado pela maior perda de água, promovendo o escurecimento da parte externa dos músculos que recobrem a carcaça reduzindo o seu valor comercial (PACHECO et al. 2005; RIBEIRO et al., 2004), além de prejudicar o paladar desses cortes cárneos (COSTA et al., 2007). Por outro lado, valores de cobertura de gordura acima de 6,0 mm aumentam consideravelmente as perdas no processo de limpeza das carcaças e cortes cárneos, a toalete (PARDI et al., 2001).

O valor de lipídeos totais na carne livre de gordura subcutânea (% de LT) e o índice de marmorização médio (Tabela 1) foram considerados baixos (0,93 e 2,65, respectivamente). Devido a pouca presença de lipídeos na porção comestível da carne, este tipo de avaliação em animais Nelore jovens, mesmo que submetidos a sistemas intensivos de produção, demonstra-se extremamente subjetiva, podendo-se desta forma incorrer-se em erros de avaliação.

ROBELIN (1986), em estudo sobre o crescimento do tecido adiposo em bovinos de corte, observou que a gordura total da carcaça pode variar de 10 a 25% em relação a um mesmo peso vivo vazio, e que estas diferenças encontram-se principalmente na proporção de gordura subcutânea na carcaça,

uma vez que o tecido adiposo intramuscular é bastante inferior em tamanho dos adipócitos em comparação ao subcutâneo (25 e 135 μm , respectivamente). O mesmo autor conclui ainda que a quantidade de gordura corporal pode ser manipulada pela dieta, porém o local de deposição e a eficiência do processo são características intrínsecas do animal.

Neste mesmo sentido CHARDULO et al. (2013) observam que a raça Nelore possui pouca habilidade em depositar gordura intramuscular e traços de marmorização começam a aparecer na carne a partir de um acúmulo de gordura no tecido subcutâneo bastante significativo. A deposição de tecido adiposo representa alto custo dentro do processo produtivo e quando é acumulado nas regiões pélvica, renal e visceral, acarreta grandes perdas econômicas para o produtor (RUBIANO et al., 2009).

A influência da alimentação animal na maciez da carne está associada principalmente ao grau de acabamento (EGS) e ao teor de gordura intramuscular na carcaça (MALTIN et al. 2003; PACHECO et al. 2005; ANDERSEN et al. 2005; BRONDANI et al. 2006; DESCALZO & SANCHO, 2008).

O valor médio de índice de marmorização, em avaliação subjetiva observada na carne (Figura 1 - Adaptado de USDA - *Quality and Yield Grade*, 2000), de 2,6 foi classificado como ESCASSO. A marmorização da carne representa a quantidade de gordura intramuscular, sendo esta a última a se depositar na carcaça durante a fase de crescimento do animal (HARPER & PETHICK, 2004; LUCHIARI FILHO, 2000), é consideravelmente influenciada pelo grupo racial e também pela maturidade do animal (PETHICK, 2007) e esta intimamente relacionada às características sensoriais da carne (ROTTA et al., 2009).

O aumento da taxa de lipídios no *músculo Longissimus dorsi* em animais da raça Nelore indica maior deposição de gordura de marmorização (FORTES et al., 2009), entretanto estes animais apresentam pouca síntese lipídica no tecido muscular com consequentemente menor porcentagem de lipídeos totais na carne (CHARDULO et al., 2013). Neste sentido ABULARACH et al. (1998), MORALES et al. (2003) e MANÇO (2002; 2006), trabalhando com animais *Bos indicus*, encontraram valores médios de lipídeos totais na carne de 1,7; 1,8; 1,2 e 1,3 %, respectivamente.

Embora exista grande campanha mundial pela redução no consumo de lipídios, em razão dos seus efeitos negativos sobre a saúde humana, estando diretamente relacionada ao sedentarismo e suas consequências, esta característica possui grande importância na qualidade da carne (PACHECO et al., 2005).

Tabela 1 Valores da estatística descritiva para características de qualidade da carne mensuradas em animais Nelore (*Bos indicus*).

Característica	Número de medidas	Média
PT (%)	718	27,7 ± 3,11
AOL (cm ²)	718	72,8 ± 7,35
EGS (mm)	718	4,2 ± 1,40
IM	718	2,6 ± 0,36
L*	718	27,9 ± 2,68
a*	718	12,4 ± 1,86
b*	718	5,5 ± 1,00
FC (kg)	718	5,7 ± 1,31
MFI	718	32,0 ± 15,35
LT (%)	718	0,9 ± 0,50

PT = perdas totais, AOL = área de olho de lombo, EGS = espessura de gordura subcutânea, FC = força de cisalhamento, L* = luminosidade da carne, a* = coloração vermelha da carne, b* = coloração amarela da carne, MFI = índice de fragmentação miofibrilar e LT = lipídeos totais.

A força de cisalhamento (FC) e o índice de fragmentação miofibrilar (MFI) são metodologias de análise utilizadas para avaliação da maciez de carne. Maiores valores de FC correspondem à maiores pesos necessários para o rompimento das fibras musculares, enquanto valores mais elevados de MFI indicam maior fragmentação das proteínas da carne, com consequente aumento da maciez.

No presente ensaio foram encontrados os valores de 5,73 Kg e 32,03 para FC e MFI, respectivamente. Os valores de FC observados por RUBIANO et al. (2009), são considerados abaixo do valor médio comumente encontrados com animais Nelore (2,9 kg), como observado por BALDIN et al. (2013); BIANCHINI et al. (2007) e MANÇO (2006) que obtiveram valores de 4,1; 4,9 e 6,8 kg respectivamente.

A literatura cita diferentes valores de FC como limites entre a carne dura e macia como SHACKELFORD et al. (1991) que consideraram 4,6 kg como valores limítrofes e FELÍCIO (1999) e BIANCHINI et al. (2007) que consideraram 5 kg. Outros autores como KOOHMARAIE (1994), JOHNSON et al. (1990) e MACKETH et al. (1985) consideraram como valores limites pesos acima de 5,5 kg como os encontrados no presente ensaio ($5,73 \pm 1,31$).

Vários estudos relatam que a carne bovina de animais de raça pura Nelore apresentam maior FC, quando comparados a mestiços terminados em confinamento (LAGE et al., 2012; PEREIRA et al., 2009), bem como no pasto (HEINEMANN, 2003). Uma possível explicação para os maiores valores encontrados de FC em animais Nelore pode ser parcialmente atribuída à maior atividade/concentração do inibidor enzimático calpastatina, proteína reguladora da atividade enzimática das calpaínas, o que levaria a diminuição da proteólise miofibrilar com consequente diminuição na maciez da carne (LAGE et al., 2009).

Foram encontrados valores médios de 27,7 % para as perdas totais pelo cozimento (Tabela 1). Durante o cozimento da carne a perda de água altera o rendimento do produto, afetando a palatabilidade e influenciando a sua aceitabilidade (KONDJOYAN, 2013; MODZELEWSKA-KAPITULA, 2012). A proporção de água é maior em animais jovens e diminui em músculos com maiores índices de marmorização e com maior teor de gordura, o que explica o fato de carnes de animais precoces para deposição de gordura apresentar menores perdas totais que carnes de animais precoces para terminação.

Perdas totais na ordem de 27% do peso original do bife podem ser consideradas altas quando comparadas com carnes de animais mestiços *Bos indicus* x *Bos taurus*, como relatado por HADLICH et al. (2006) e MORALES et al. (2006), o que sem dúvida resulta em uma carne com maior perda de água por evaporação e gordura por gotejamento, tornando o produto mais sensível ao cozimento no calor seco a altas temperaturas.

De acordo com RAMOS & GOMIDE (2007), a cor e aparência são dois dos principais atributos indicativos de qualidade dos alimentos, sendo fatores importantes na comercialização, influenciando diretamente na escolha do consumidor. As carnes com colorações mais escuras tendem a inibir a compra

devido à associação com animais mais velhos ou má conservação com conseqüente deterioração do produto (PFLANZER & FELÍCIO, 2011).

Os valores médios encontrados para luminosidade (L^*), coloração vermelha (a^*) e coloração amarela (b^*) foram 27,9; 12,4 e 5,5 respectivamente. Estes parâmetros possuem valores mínimos e máximos na classificação das amostras. De acordo com MUCHENJEA et al. (2009), em bovinos as médias de L^* variam entre 33,2-41,0, a^* entre 11,1-23,6 e b^* entre 6,1-11,3. Em bovinos jovens, ABULARACH et al. (1998) classificaram carnes escuras quando $L^* < 29,6$, e carnes claras quando $L^* > 38,5$; em relação à intensidade de vermelho, consideraram $a^* < 14,8$ como baixa e $a^* > 29,2$ como alta; e para a intensidade de amarelo, $b^* < 3,4$ como baixa e $b^* > 8,2$ como alta.

Os resultados demonstrados no atual ensaio não apresentaram L^* , a^* e b^* dentro da gama de qualidade aceitável, indicando carnes mais escuras, onde o valor de a^* pode ser relacionado com a concentração de mioglobina no músculo, os animais estudados apresentaram menores concentrações de mioglobina por serem animais jovens e não corresponderam a uma cor vermelho-cereja. A média b^* é influenciada pelo teor de gordura que foi relativamente baixo neste ensaio, onde a concentração de LT não ultrapassou o 1% da porção comestível do produto.

Na Tabela 2 estão apresentadas as correlações observadas entre as características de qualidade de carne avaliadas, onde se destaca a correlação entre o maior índice de fragmentação miofibrilar e menor força de cisalhamento, com conseqüentes melhores notas na avaliação sensorial para a maciez (OLSSON & PARRISH, 1977). Força de cisalhamento e MFI apresentaram correlação estatisticamente significativa ($r_p = -0,56$; $p < 0,01$), assim como relatado por LAGE et al. (2012). Trabalhando também com animais *Bos indicus*, LAMETSCH et al. (2007) observaram correlação de menor magnitude ($r_p = -0,35$; $p < 0,05$).

Baseado no fato de CULLER et al. (1978) e CHAMBAZ et al. (2003) encontrarem altas correlações entre estas características, correlações acima de ($r_p = -0,70$; $p < 0,01$), acredita-se que o MFI pode ser considerado um indicador adequado para verificação das variações da maciez através da taxa de extensão da proteólise enzimática, onde carnes que sofreram maior

proteólise possuem miofibrilas mais frágeis e consequentemente consideradas macias (KOOHMARAIE & GEESINK, 2006).

Desta forma a determinação do MFI pode, em várias situações, quantificar os níveis de proteólise enzimática no *postmortem* e a partir daí servir como ferramenta de seleção de indivíduos com comprovada habilidade a produção de carne com maciez, bem como na identificação de variações da maciez inerentes a problemas ocorridos no processo de industrialização da carne e armazenamento pelo frio como, por exemplo, o crio-encurtamento das fibras musculares (MORALES *et al.*, 2003).

Entretanto, como observado no presente ensaio e em outros trabalhos com animais *Bos indicus* os valores de correlação obtidos entre as variáveis FC e MFI tem-se demonstrado inferiores aos apontados por CULLER *et al.* (1978) e CHAMBAZ *et al.* (2003), o que possivelmente denota a menor relação entre estas características quando de valores de FC mais elevados. A Tabela 2 e o Gráfico 2 mostram a relação entre essas características a medida que a carne apresenta maior resistência ao amaciamento com menor atividade proteolítica.

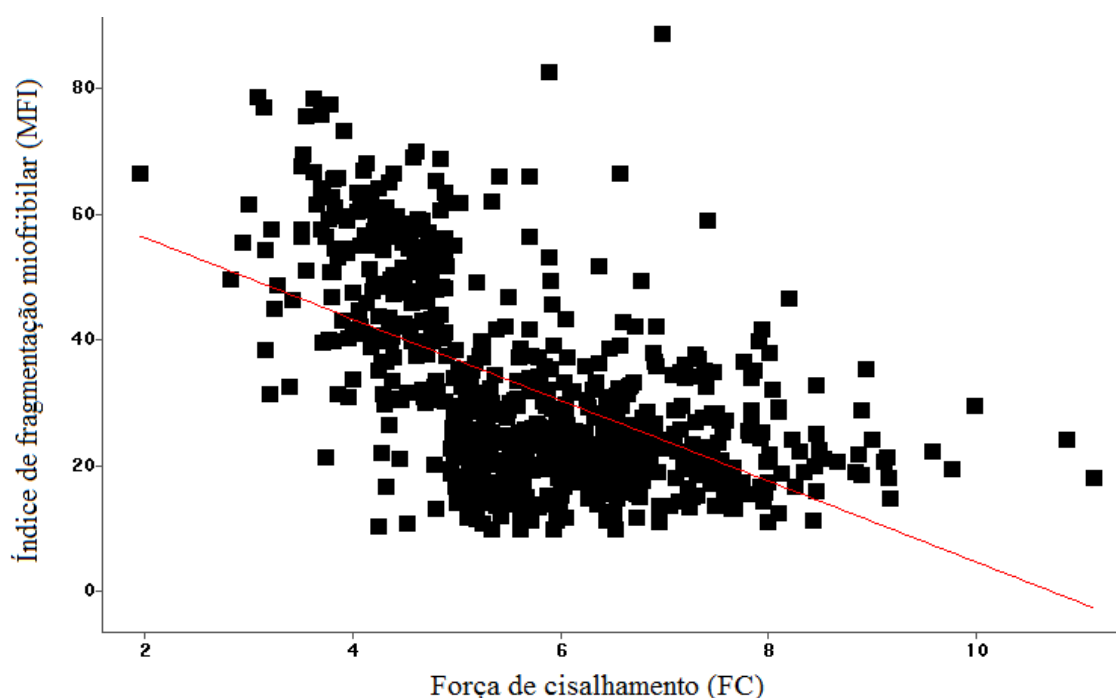


Gráfico 2 Distribuição conjunta obtida entre as análises de força de cisalhamento (FC) e índice de fragmentação miofibrilar (MFI) do músculo *Longissimus dorsi* de animais Nelore (*Bos indicus*) selecionados para a produção.

Nas carnes com FC acima de 6,0 kg observou-se menor relação com o MFI o que de certa forma poderia tornar a metodologia de análise química da maciez menos precisa em animais *Bos indicus*, mais especificamente da raça Nelore, pela maior incidência de carnes duras, com FC acima de 6,0 kg como relatado por MORALES et al. (2006) e HADLICH et al. (2006).

Na análise de correlação entre o índice de marmorização (IM) e a quantidade de lipídeos totais (Tabela 2) observou-se valor bastante pequeno e negativo ($r_p = -0,12$; $p < 0,05$), diferentemente de PACHECO et al. (2005), que trabalhando com animais Nelore relataram correlação maior ($r_p = 0,51$; $p < 0,05$) para as características lipídeos e marmorização. Os mesmos autores encontraram ainda correlação positiva e significativa entre a deposição de gordura intramuscular e a espessura de gordura subcutânea ($r_p = 0,22$; $p < 0,01$), assim como ESPIGOLAN et al. (2011).

Tabela 2 Coeficientes de correlação fenotípica e residual (r_p) para as diferentes características estudadas como área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), força de cisalhamento (FC), parâmetros de coloração instrumental da carne (L^* , a^* e b^*), lipídeos totais (LT), índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e perdas totais (PT) de bovinos Nelore.

Características	AOL	EGS	IM	FC	L^*	a^*	b^*	LT	MFI	PT
AOL	-	0,0483	0,1180*	-0,0923*	-0,0546	0,2234**	0,1240*	-0,0055	0,0124	0,0626
EGS	0,0684	-	0,2314**	0,0154	0,0965*	-0,0229	0,0548	0,0203	-0,0474	0,0481
IM	0,1380*	0,1815**	-	0,0671	0,1133*	-0,0459	0,0633	-0,1308*	-0,1004*	0,0763*
FC	-0,1348*	0,0358	0,0436	-	-0,1040*	0,0020	-0,0388	-0,1029*	-0,5525**	0,2839**
L^*	-0,0294	0,0679	0,0562	-0,0789*	-	-0,2661	0,0980*	0,0110	0,0143	-0,0203
a^*	0,2039*	0,0297	0,0288	-0,0004	-0,2093**	-	0,7183**	0,0955*	-0,0193	0,2578**
b^*	0,1364*	0,0343	0,0371	-0,0261	0,0231	0,7968**	-	0,0671	-0,0056	0,2195**
LT	-0,0011	0,0405	-0,0845*	-0,1043*	0,1084**	0,0557	0,1029*	-	0,0720*	0,0142
MFI	0,0377	-0,0586	-0,0951*	-0,5725**	0,0209	-0,0230	0,0048	0,0635	-	-0,1583**
PT	0,0454	0,0442	0,0811*	0,2466**	0,0604	0,2588**	0,2553**	0,0384	-0,1629**	-

* = $P < (0,05)$; ** = $P < (0,01)$

4. Conclusões

Em rebanhos selecionados para a produção, animais da raça Nelore (*Bos indicus*) demonstram grande habilidade em produzir carne, fato este denotado pelos valores observados de AOL, bem como na deposição de gordura subcutânea (EGS), entretanto, de maneira geral, pela menor síntese lipídica no tecido muscular, pelos altos valores nas perdas por cozimento e de força de cisalhamento, apresentam um produto de menor valor agregado quanto às características de qualidade de carne.

Em animais da raça Nelore a correlação observada entre as variáveis FC e MFI demonstra a menor relação entre a maciez medida pela análise física e a avaliada pela análise química, o que torna o MFI uma ferramenta menos precisa quando utilizada na predição da maciez da carne neste grupo genético.

5. Referências Bibliográficas

- ABULARACH, M. L.; ROCHA, C. E.; FELICIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça nelore. *Ciência e Tecnologia Alimentos*, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.
- ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da Carne bovina - uma revisão. *Revista da FZVA*. Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 193-216, 2007.
- ANDERSEN, H. J.; OKSBJERG, N.; THERKILDSEN, M. Potential quality control tools in the production of fresh pork, beef and lamb demanded by the European society. *Livestock Production Science*, v. 94, p. 105–124, 2005.
- BALDIN, S. R.; MILLEN, D. D.; MARTINS, C. L.; PEREIRA, A. S. C.; BARDUCCI, R. S.; ARRIGOTI, M. B. Feedlot performance, carcass characteristics and meat quality of Nellore and Canchim bulls fed diets supplemented with vitamins D and E. *ActaScientiarum*, v. 35, n. 4, p. 403-410, 2013.
- BIANCHINI, W.; SILVEIRA, A. C.; JORGE, A. M.; ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, L. C.; RODRIGUES, E.; HADLICH, J. C.; ANDRIGHETTO, C. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 6, p. 2109-2117, 2007.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, p. 911, 1959.

BRONDANI, I. L.; SAMPAIO, A. A. M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, L. S.; AMARAL, G. A.; SILVEIRA, M. F.; CEZIMBRA, I. M. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 2034-2042, 2006.

CHAMBAZ, A.; SCHEEDER, M. R. L.; KREUZER, M.; DUFEY, P. A. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, v. 63, p. 491–500, 2003.

CHARDULO, L. A. L.; SILVEIRA, A. C.; VIANELLO, F. Analytical Aspects for Tropical Meat Quality Assessments. In: *Food Quality, Safety and Technology*. Ed. © Springer-Verlag Wien. p. 195, 2013.

COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; SAVASTANO, S.; ARRIGONI, M. B.; SILVEIRA, A. C.; ROÇA, R. O.; MOURÃO, G. B. Efeito da castração sobre a qualidade da carne de bovinos superprecoces. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, p. 115–123, 2007.

COSTA, E. C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; PEROTTONI, J.; FATURI, C.; MENEZES, L. F. G. Composição Física da Carcaça, Qualidade da Carne e Conteúdo de Colesterol no Músculo Longissimus dorsi de Novilhos Red Angus Superprecoces, Terminados em Confinamento e Abatidos com Diferentes Pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, p. 417–428, 2002.

CORRÊA, L. de A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: *Simpósio de forragicultura e pastagens: Temas em Evidência*. 2000, Lavras. Anais. Lavras: UFLA, p. 149-178, 2000.

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

DELGADO, E. F. Fatores bioquímicos que afetam a maciez da carne. In: *1º Congresso Brasileiro de Ciência e tecnologia de Carnes*. Anais. São Pedro. p. 143-159, 2001.

DESCALZO, A. M., & SANCHO, A. M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, v. 79, p. 423–436, 2008.

ESPIGOLAN, R.; BALDI, F.; CHARDULO, L. A. et al. Correlações fenotípicas entre características de carcaça e da carne em bovinos Nelore. In: *47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2011, Salvador. Anais. *48ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2011.

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

FERNANDES; P. C. C.; GRISE, M. M.; ALVES, L. W. R.; SIVEIRA FILHO, A.; DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico e modelagem da integração lavoura-pecuária na região de Paragominas, PA. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental (*Embrapa Amazônia Oriental*. Documentos, 327), p. 33, 2008.

FIGUEIREDO, L. G. G.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S.; OLIVEIRA, F. F.; SHIMBO, M. V.; JUBILEU, J. S. Componentes de Variância para Área de Olho de Lombo e Espessura de Gordura subcutânea. *3º Simpósio Nacional de Melhoramento Animal*, Belo Horizonte, Brazil, 2000.

FORTES, M. R. S.; CURTI, R. A.; CHARDULO, L. A. L. SILVEIRA, A. C.; ASSUMPTÃO, M. E. O. D.; VISINTIN, J. A.; OLIVEIRA, H. N. Bovine gene polymorphisms related to fat deposition and meat tenderness. *Genetics and Molecular Biology*, v. 32, p. 75-82, 2009.

FREITAS, A. K.; RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; PADUA LAGE, M. E.; MIYAGI, E. S.; SILVA, G. F. R. Características de carcaça de bovinos Nelore inteiros vs castrados em duas idades, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, p. 1055–1062, 2008.

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

HADLICH, J. C. Metodologias de análise de maciez como parâmetro de qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos e idades. Botucatu: Universidade Estadual Paulista. *Dissertação (Mestrado em Zootecnia)* - Universidade Estadual Paulista, p. 94, 2004.

HARPER, G. S.; PETHICK, D. W. How might marbling begin? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 44, p. 653–662, 2004.

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

HOPKINS, D. L.; LITTLEFIELD, P. J.; THOMPSON, J. M. A. Research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Science*, v. 56, p. 19-22, 2000.

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

KOOHMARAIE, M.; VEISETH E.; KENT M. P.; SCHACKELFORD S. D. Understanding and managing variation in meat tenderness. 40a Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. In: *Anais. Santa Maria: Sociedade brasileira de zootecnia*, 2003. (CD ROM).

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, v. 74, p. 34-43, 2006.

KONDJOYAN, A.; OILLIC, S.; PORTANGUEN, S.; GROS, J. B. Combined heat transfer and kinetics model to predict cooking loss during heat treatment of beef meat. *Meat Science*, v. 95, p. 336–344, 2013.

LAGE, J. F.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SOUZA, E. J. O.; DUARTE, M. S.; BENEDETI, P. D. B.; SOUZA, N. K. P.; COX, R. B. Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Science*, v. 90, p. 770-774, 2012.

LAMETSCH, R.; KNUDSEN, J. C.; ERTBJERG, P.; OKSBJERG, N.; THERKILDSEN, M. Novel method for the determination of myofibril fragmentation post-mortem. *Meat Science*, v. 75, p. 719–724, 2007.

MACKETH, F. K.; DEVOL, D. L.; MILES, R. S.; BECHTEL, J. P.; CARR, R. T. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscle. *Journal of Animal Science*, v. 50, p. 869-872, 1985.

MODZELEWSKA-KAPITULA, M.; DABROWSKA, E.; JANKOWSKA, B.; KWIAŁKOWSKA, A.; CIERACH, M. The effect of muscle, cooking method and final internal temperature on quality parameters of beef roast. *Meat Science*, v. 91, p. 195–202, 2012.

MALTIN, C.; BALCERZAK, D.; TILLEY, R.; DELDAY, M. Determinants of meat quality: Tenderness. *The Proceedings of the Nutrition Society*, v. 62, p. 337–347, 2003.

MANÇO M. C. W. Características físico-químicas, sensoriais e higiênicas da carne bovina em duas classes de maturidade e sob influência da maturação. 124f. Tese (Doutorado em Nutrição/Produção Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

MANÇO, M. C. W.; ROÇA, R. O. Efeito da idade de abate em parâmetros qualitativos da carne de bovinos da raça Nelore. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, p. 361-364, 2002.

MORALES, D. C.; CHARDULO, L. A. L.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N.; ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; CERVIERI, R. C. Avaliação da qualidade da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 25, n. 1, p. 171-175, 2003.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry*, v. 112, p. 279–289, 2009.

NAM, Y. J.; CHOI, Y. M.; LEE, S. H.; CHOE, J. H.; JEONG, D. W.; KIM, Y. Y.; KIM, B. C. Sensory evaluations of porcine *longissimus dorsi* muscle: Relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics. *Meat Science*, New York, v. 83, p. 731–736, 2009.

OLSSON, D. G.; PARRISH J. R. F. C. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. *Journal of Food Science*, v. 42, p. 506–509, 1977.

PRADO, I. N.; ROTTA, P. P.; PRADO, R. M.; VISENTAINER, J. V.; MOLETTA, J. L.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Purunã and 1/2 Puruna vs. 1/2 Canchin bulls. Asian-Australas. *Journal of Animal Science*, v. 21, p. 1296–1302, 2008.

PACHECO, P. S.; DA SILVA, J. H. S.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, L. I.; ALVES FILHO, D. C.; FREITAS, A. K. Desempenho de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos raciais em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 5, p. 1666–1667, 2005.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. Ciência, higiene e tecnologia da carne. 2. ed. Goiânia: Universidade Federal de Santa Goiás, 2001.

PEREIRA, P. M. R. C.; PINTO, M. F.; ABREU, U. G. P.; LARA, J. A. F. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p. 1520–1527, 2009.

PETHICK, D. W.; BARENDSE, W.; HOCQUETTE, J. F.; THOMPSON, J. M.; WANG, Y. H. Marbling biology—Growth and development, gene markers and nutritional biochemistry. *Energy and Protein Metabolism and Nutrition*. In I. Ortigues-Marty (Ed.), EAAP publication. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Academic Publishers, v. 124, p. 75–88, 2007.

PFLANZER, S. B.; DE FELÍCIO, P. E. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Science*, v. 87, p. 7–11, 2011.

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

RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; RUGGIERI, A. C.; NARDON, F. R.; CYRILLO, J. N. S. G. Desempenho em pastagens e características de carcaça da 16ª progênie dos rebanhos Nelore, Guzerá e Caracu de Sertãozinho (SP). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 3, p. 1367–1377, 2002.

RENAND, G.; PICARD, B.; TOURAILLE, C.; BERGE, P.; LEPETIT, J. Relationship between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, v. 59, p. 49-60, 2001.

RENERRE, M. La couleur de la viande et sa mesure. *Bulletin Technique.C.R.V.Z., Theix, I.N.R.A.* p. 41-47, 1982.

RIBEIRO, E. L. A.; HERNANDEZ, J. A.; ZANELLA, E. L.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; REEVES, J. J. Desempenho e características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 37, n. 9, p. 1669-1673, 2008.

RIBEIRO, E. L. DEA.; HERNANDEZ, J. A.; ZANELLA, E. L.; SHIMOKOMAKI, M.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; YOUSSEF, E.; RIBEIRO, H. J. S. S.; BOGDEN, R.; REEVES, J. J. Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact Bosindicus bulls. *Meat Science*, v. 68, p. 285–290, 2004.

ROBELIN, J. Growth of adipose tissue in cattle, partitioning between depots, chemical composition and cellularity, a review. *Livestock Production Science*, v. 14, p. 349-364, 1986.

ROTTA, P. P., PRADO, R. M., PRADO, I. N., VALERO, M. V., VISENATINER, J. V., SILVA, R. R. The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*, n. 22, p. 1718–1734, 2009.

RÜBENSAM, J. M.; MONTEIRO, E. M. Maciez e atividade da calpastatina em carne bovina. *Documentos CPP Sul/EMBRAPA*. p. 28:53, 2000.

RUBIANO, G. A. G.; ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; RODRIGUES, E.; GONÇALVES H. C.; ANGERAMI, C. N. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 38, n. 12, p. 2490-2498, 2009.

SAS – *Statistical Analysis System*. User's guide. Version 9.0. Cary: Statistical Analysis System Institute Inc., 2011.

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 Herdford versus Brahman crossbred heifers. *Journal of Animal Science*, v. 69, p. 171-177, 1991.

USDA. United States Standards for Grades of Feeder Cattle. *Agricultural Marketing Service*. Livestock and Seed Program, USDA. Washington, DC. 2000.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D. Standardized Warner-Bratzler Shear Force Procedures for Meat Tenderness Measurement. *Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center*. USDA, Clay Center, NE, 1995.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS MyHC E SUA ASSOCIAÇÃO COM A QUALIDADE DA CARNE DE BOVINOS NELORE

Resumo - O presente trabalho teve como objetivo aprofundar os estudos sobre quantificação de proteínas miofibrilares e identificação dos tipos de fibras musculares esqueléticas a partir das isoformas da *MyHC*, e sua relação com as características de qualidade da carne. Um total de 718 animais foi utilizado para a seleção dos grupos experimentais: (1) Grupo de carne macia (n=15) e (2) Grupo de carne dura (n=15), de forma a obter-se dois grupos contrastantes quanto à maciez através da análise de FC. Utilizando como efeitos fixos a fazenda de origem, AOL e MFI para a identificação de possíveis interferentes nos fenótipos de maciez da carne. Após a separação dos grupos foi realizada a extração das proteínas, identificação e quantificação das isoformas de cadeia pesada de miosina (*MyHC*), troponina e desmina através da eletroforese (*SDS-PAGE*) e fotodocumentação dos géis. Através do Índice de Densidade Óptica (IOD) mensurado para a troponina e desmina, não foram encontradas diferenças para ambos os grupos ($p>0,05$). Para as *MyHC* foi identificado e quantificado três isoformas (I, IIa e IIx), não demonstrando diferenças ($p>0,05$) entre os grupos contrastantes do tipo I (*slow*) e IIx, ao contrário do que foi analisado para isoforma IIa ($p<0,05$), que apresentou maior porcentagem relativa no grupo de carne macia e relatou uma associação negativa significativa entre a isoforma IIa e a força de cisalhamento ($r_p = -0,34$; $p<0,05$). A isoforma I (*slow*) obteve associação com o índice de marmorização ($r_p = -0,38$; $p<0,05$). Conclui-se a partir dos resultados que a identificação e quantificação das isoformas da *MyHC* possui correlação com a maciez da carne em animais *Bos indicus*.

Palavras-chave: *MyHC*, qualidade da carne bovina, tecido muscular esquelético, Nelore

CHARACTERIZATION AND IDENTIFICATION OF *MyHC* AND THEIR ASSOCIATION WITH QUALITY BEEF CATTLE NELORE

Abstract - The present study aimed to further study of myofibrillar protein quantification and identification of the types of skeletal muscle fibers from the *MyHC* isoforms, and its relation to the quality of the meat. A total of 718 animals were used for selection of the experimental groups: (1) tender meat group ($n = 15$) and group (2) of tough meat ($n = 15$), so as to obtain two groups for quite contrasting characteristic of softness. Using as parameters the farms, SF, REA and MFI to identify possible interferences in the phenotypes of meat tenderness. After separating the extraction of proteins, identification and quantification of the isoforms of myosin heavy chain (*MyHC*) troponin and desmin was performed by electrophoresis (SDS-PAGE) gels and photo documentation. Through the Index Optical Density (IOD) measured for troponin and desmin, no different results for both groups ($p > 0.05$) were found. For *MyHC* was identified and quantified three isoforms (I, IIa and IIx) that showed no differences ($p > 0.05$) between groups contrasting type I (slow) and IIx, contrary to what was analyzed for isoform IIa ($p < 0.05$), which showed higher relative percentage in the group of soft flesh and reported a significant negative association between isoform IIa and shear force ($r_p = -0.34$; $p < 0.05$). The isoform I (slow) had association with the index of marbling ($r_p = -0.38$; $p < 0.05$). It is concluded from the results that the identification and quantification of the *MyHC* isoforms has correlation with meat tenderness in *Bos indicus*.

Key words: *MyHC*, Nellore, quality beef cattle, skeletal muscle,

1. Introdução

A maciez é a característica sensorial de maior influência em relação aos atributos de qualidade, afeta a satisfação dos consumidores e conseqüentemente o aumento do consumo (ALVES & MANCIO, 2007). Porém, a inconsistência na maciez é um dos maiores problemas da indústria da carne (JAYASOORIYA et al., 2007), tendo como principais metas na produção de carne de qualidade a melhora da satisfação dos consumidores e assim, o retorno para a cadeia de produção (SAWDY et al., 2004).

Na produção animal, a evolução do tecido muscular caracteriza o processo de desenvolvimento corporal, onde as diferenças na taxa de crescimento podem ser explicadas por um tipo de fibra específico, influenciando na qualidade da carne e associando-se à eficiência econômica produtiva (MALTIN et al., 2001; HADLICH, 2007).

A associação entre a maciez da carne bovina e as características dos tipos de fibras musculares, tem sido observadas (OCKERMAN et al., 1984; KARLSSON et al., 1993; MALTIN et al., 2001; CHANG et al., 2003; RYU & KIM, 2005). As fibras musculares são classificadas de acordo com suas propriedades histoquímicas, como *slow-oxidative* (SO ou tipo I), possuindo pequena área, contração lenta e metabolismo aeróbico; as fibras *fast glycolytic* (FG ou tipo IIx/IIb), com a maior área, contração rápida e metabolismo anaeróbico; e as fibras *fast oxidative-glycolytic* (FOG ou tipo IIa), contêm área intermediária, contração rápida e metabolismo aeróbico e glicolítico (MORALES, 2007). As fibras SO, FG e FOG recebem as denominações vermelha, branca e intermediária, respectivamente (FRANCISCO, 2011; PETER et al., 1972).

Outro fator atualmente relevante é o estudo da proteína mais abundante no músculo, a miosina, envolvida na maciez da carne, no crescimento, desenvolvimento e contração muscular, sendo expressa por diferentes isoformas. Nos músculos de bovinos foram identificados genes específicos que

codificam as diferentes isoformas de cadeia pesada de miosina (*MyHC*), incluindo os tipos, I (slow), IIa, IIb e IIx/d (PICARD & CASSARMALEK, 2009).

A quantificação das isoformas da *MyHC* é considerada uma eficiente ferramenta na avaliação da maciez visto que, a quantidade e a sua forma de atuação possuem grande influência na qualidade da carne. No entanto, estas associações ainda não são totalmente conhecidas e necessitam da contribuição de mais estudos abrangendo a relação de cada isoforma com a maciez da carne bovina (CASTAN, 2010).

O presente trabalho teve como propósito relacionar a maciez da carne, de animais Nelore selecionados para a produção através da separação de dois grupos contrastantes, através da caracterização do músculo esquelético por meio da identificação e quantificação das proteínas miofibrilares (troponina T, troponina I e desmina), bem como, das isoformas da cadeia pesada de miosina (*slow*, IIa, IIx, IIb).

2. Material e Métodos

2.1 Seleção dos Grupos Experimentais

Dados de análises físico-químicas da qualidade da carne de 718 animais Nelore foram utilizados para criar dois grupos contrastantes (carne macia e carne dura) com base na força de cisalhamento (FC). Análise estatística pelo procedimento GLM do SAS (*Statistical Analysis System*, 2011) foi utilizado para identificar as variáveis com efeitos significativos na FC, sendo identificados as variáveis fazenda, área de olho de lombo (AOL) e índice de fragmentação miofibrilar (MFI).

Em análise pelo PROC GLM e utilizando os efeitos significativos foram estimados os valores preditos da FC, que classificados em ordem crescente, foram retirados os 15 menores valores preditos e os 15 maiores valores, desta forma criando os grupos contrastantes.

2.2 Separação Eletroforética das Proteínas

2.2.1 Preparação das amostras

Os ensaios e análises de separação, identificação e quantificação das proteínas miofibrilares e isoformas da Cadeia Pesada de Miosina (*MyHC*) foram realizados no Laboratório de Biologia do Músculo Estriado do Instituto de Biociências de Botucatu (LBME).

Foram utilizados doze cortes transversais do músculo *L. dorsi* (12 µm de espessura) em micrótomo criostato de cada amostra. Os cortes foram homogeneizados em 0,5mL de uma solução contendo glicerol 10 % (w/vol), 2-mercaptoetanol 5 % (vol/vol), SDS 2,3 % (w/vol) e Tris HCl 0.9 % (pH 6,8) (w/vol). Em seguida o homogeneizado foi colocado em banho-maria a por 60 °C durante 10 minutos, após a retirada do banho, foram acrescentadas três gotas de glicerol. Após a homogeneização do glicerol as amostras foram rapidamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer - 20°C.

2.2.2 Eletroforese da *MyHC*, Troponina e Desmina

A eletroforese de pequenas quantidades dos extratos (25µl) foi realizada em gel de poliacríamida 7% (VESCOVO et al., 1998), com um gel de empacotamento a 4%, com 26 horas de corrida a 185 V. Em seguida, os géis foram corados com Coomassie Blue, posteriormente as cadeias pesadas de miosina foram identificadas de acordo com seus pesos moleculares, os géis foram inseridos no sistema de fotodocumentação, onde as imagens foram capturadas por VDS Software (Pharmacia Biotech) e a porcentagem relativa quantificada por densitometria (densidade óptica integrada - ODI) utilizando o Image Master VDS Software (version 3.0).

2.3 Análise Estatística dos Resultados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento GLM do programa computacional *Statistical Analysis System* (SAS, 2011). Os coeficientes de correlação de Pearson foram estimados utilizando-se o procedimento CORR. As correlações entre as características estudadas foram obtidas para os dados observados e as médias comparadas através do teste de *Tukey*.

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os valores referentes às características de qualidade da carne de bovinos Nelore (*Bos indicus*) separados em dois grupos contrastantes referentes à maciez da carne mensurada pela FC, classificados como grupo de carne macia (3,8 kg) e carne dura (6,8 kg).

Tabela 1 Valores médios de perdas totais (PT), área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS), índice de marmorização (IM), luminosidade da carne (L*), coloração vermelha (a*), coloração amarela (b*), força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (MFI) e lipídeos totais (LT) mensurados em dois grupos experimentais contrastantes.

	Grupo	
	Macia (15)	Dura (15)
PT (%)	24,2 ± 3,02 ^a	28,8 ± 3,81 ^b
AOL (cm ²)	74,8 ± 8,52 ^a	62,6 ± 6,55 ^b
EGS (mm)	3,4 ± 1,11	3,6 ± 0,73
IM	2,5 ± 0,24	2,5 ± 0,36
L*	27,7 ± 3,07	28,4 ± 2,46
a*	11,9 ± 2,48	10,9 ± 1,86
b*	4,9 ± 1,68	4,9 ± 0,91
FC (kg)	3,8 ± 1,17 ^a	6,8 ± 1,40 ^b
LT	1,0 ± 0,57	0,9 ± 0,67

^{a,b} Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na mesma linha, diferem entre si ($p < 0,01$) pelo teste *Tukey*.

A análise dos valores médios das características de qualidade de carne entre os grupos contrastantes para maciez denota algumas diferenças entre os fenótipos observados. As amostras selecionadas para o Grupo Macia apresentaram maiores valores ($p < 0,01$) de área de olho de lombo (AOL) e menores para as perdas totais após o cozimento (PT).

A área de olho de lombo (AOL) é uma característica avaliada no músculo *Longissimus dorsi* que apresenta boa relação com a quantidade de músculos presentes na carcaça e, desta forma, contribui sobremaneira para a predição do rendimento de cortes cárneos, mostrando alta correlação com a quantidade de tecido comestível (COSTA et al., 2002; RIBEIRO et al., 2004; PEREIRA et al., 2009). O maior crescimento animal, traduzido pelo aumento significativo na quantidade de carne produzida, é considerado um dos principais alicerces econômicos da moderna pecuária de corte (SILVEIRA, et al., 2010). Carnes com valores de força de cisalhamento (FC) abaixo de 5,5 kg podem ser consideradas potencialmente macias após o cozimento (KOOHMARAIE (1994) e valores médios de FC abaixo de 3,5 kg podem demonstrar a capacidade de todos os indivíduos em produzir carne com valores de FC abaixo de 5,5 kg (CHARDULO et al., 2013), ou seja rebanhos com carne 100% macia.

A obtenção de carnes mais macias confere ao produto maior potencial de venda em mercados mais exigentes e que, conseqüentemente, remuneram melhor o produto (SILVEIRA et al., 2010). Mesmo considerando que a diferença observada para a AOL ($p < 0,01$) tenha sido entre grupos previamente selecionados para a maciez da carne, a existência desta relação entre estas características de crescimento e de qualidade de carne demonstra a possibilidade de se obter animais Nelores com maior eficiência em produção aliada à obtenção de produtos superiores, o elo forte da cadeia pecuária de corte.

Ainda na comparação entre os grupos contrastantes, observa-se uma maior perda total pelo cozimento nas carnes ($p < 0,01$) oriundas dos animais do Grupo Dura. Assim como a variável AOL, esta diferença demonstra mais uma vez a relação existente entre algumas características de qualidade de carne

dentro da raça Nelore, exaltando desta vez o fato de que carnes com maior maciez podem representar produtos com maior potencial de preservação das características desejáveis de consumo após o preparo, principalmente quando submetidas ao calor seco.

Na Tabela 2, são apresentadas as porcentagens relativas das três isoformas de *MyHC* encontradas nos dois grupos experimentais contrastantes. A identificação da cadeia pesada de miosina (*MyHC*) foi determinada pela presença das bandas nos géis de *SDS-PAGE*. Foram observados três bandas de intensidades variáveis, caracterizadas como isoformas da *MyHC* (I, IIa e IIx) a partir da comparação com o Padrão Protéico (Protein Ladder 10 - 250 kDa *BioLabs*).

As isoformas *slow* (I) e *fast* (IIa, IIx/IIc e IIb) de *MyHC* foram detectadas em roedores (WEYDERT et al., 1983), iniciando a hipótese de que a isoforma IIb não seria expressa em mamíferos de grande porte (HÄMÄLÄINEN & PETTE, 1995). No entanto, a expressão desta foi observada em músculos de humanos (WEISS et al., 1999) e suínos (CHANG & FERNANDES, 1997; LEFAUCHEUR et al., 1998). MACCATROZZO et al. (2004) observou o gene *MyHC-IIb* presente no genoma bovino (cromossoma 19), mas a sua expressão é restrita a certos músculos oculares. Além disso, estudos relataram nos músculos esqueléticos de bovinos adultos expressando *MyHC-I*, *MyHC-IIa* e *MyHC-IIx* mas não a IIb (CHIKUNI et al., 2004a; TONIOLO et al., 2005; PICARD et al., 1998).

Tabela 2 Valores médios do índice de densidade óptica (IOD) em porcentagem relativa das isoformas da cadeia pesada de miosina (*MyHC*) I (*slow*), IIa e IIx de animais Nelore selecionados para produção.

	Variáveis		
	<i>MyHC I</i>	<i>MyHC IIa</i>	<i>MyHC IIx</i>
Grupo Macia (15)	18,2 ± 3,54	16,7 ± 3,09 ^a	64,9 ± 3,79
Grupo Dura (15)	16,9 ± 3,14	14,0 ± 3,38 ^b	66,3 ± 5,05

^{a,b} Médias seguidas por letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste *Tukey*.

Ainda na Tabela 2 pode-se observar uma maior quantidade da isoforma do tipo II (*fast*) em relação à isoforma do tipo I (*slow*) mensurado pelo Índice de

Densidade Óptica (IOD), como relatado por MORALES (2007) em amostras coletadas em biópsia ou no abate de animais Nelore e por FRANCISCO (2011) trabalhando com músculo *Longissimus dorsi* de búfalos.

Os músculos compostos principalmente por fibras do tipo II (*fast*) são mais susceptíveis a degradação proteolítica no *postmortem* do que os compostos principalmente por fibras tipo I (XIONG et al., 2007). OUALI & TALMANT (1990) relataram maior proporção de calpaína/calpastatina em músculos de contração rápida (glicolítica) comparado a músculos de contração lenta (oxidativo) em bovinos, suínos e ovinos. No entanto, estudos em suínos e bovinos têm demonstrado que a frequência de fibras glicolíticas (tipo II) está correlacionada negativamente com a maciez (SAZILI et al., 2005), e o aumento da proporção de fibras do tipo I foi relacionado positivamente à maciez em bovinos (MALTIN et al., 1998) e búfalos (RENAND et al., 2001).

Ao contrário dos resultados obtidos no presente estudo, onde observou-se a diferença significativa da isoforma IIa em relação aos dois grupos contrastantes ($p < 0,05$), a maior analogia comprovada ocorreu com o grupo de carne macia. A isoforma IIa foi correlacionada com a medida de força de cisalhamento ($r_p = -0,34$; $p < 0,05$), demonstrando a diminuição deste parâmetro (carnes mais duras) ocasionado pelo aumento na porcentagem relativa da isoforma IIa.

A isoforma I (*slow*) obteve associação com o índice de marmorização ($r_p = -0,38$; $p < 0,05$). Tal fato pode estar associado ao fato de que a deposição de tecido adiposo intramuscular inicia-se normalmente no momento em que o tecido muscular esquelético diminui suas exigências no aporte de substratos nutrientes para o crescimento hipertrófico, com consequente diminuição do *turnover* protéico (BERG et al., 1978).

Trabalhando com animais Nelore e Brangus de diferentes taxas de crescimento, HADLICH (2007) também encontrou correlação semelhante, o que levou o autor a concluir que a diminuição das fibras oxidativas (SO - MyHC I) com concomitante aumento das glicolíticas (FG/FOG - MyHC IIa/IIb) no músculo *L. dorsi* ao abate, tende a melhorar a qualidade da carne em bovinos da raça Nelore e seus mestiços.

CHANG et al. (2003), observaram uma relação superior da qualidade do músculo *psoas* de suínos e a abundância relativa das fibras MyHC IIa e IIx. Por

outro lado, a inferior qualidade do músculo *L. dorsi* foi associada com as fibras *MyHC* IIb. As *slow* sofreram pouca modificação entre os músculos e não foi utilizada na relação com a maciez.

Por conseguinte, a relação entre o tipo de fibra muscular e maciez da carne ainda não é muito evidente (CHANG et al., 2003; MALTIN et al., 2003), pois existe um conjunto de fatores que podem influenciar na textura da carne e consequentemente na suavidade e maciez.

A presença da isoforma *MyHC* IIb não foi identificada nos animais experimentais de ambos grupos analisados. Entretanto, trabalhando com bovinos machos inteiros da raça Blonde d'Aquitaine (*Bos taurus*), PICARD et al. (2009) observaram a presença, bem como quantificaram a expressão gênica pela determinação do mRNA, das isoformas de *MyHC* em músculos *Semitendinosus* e *Longissimus thoracis*. As características específicas de desenvolvimento do tecido muscular, observado em animais do respectivo grupo genético (*Bos taurus*), permitiram aos autores realizar algumas implicações a respeito da presença da isoforma IIb e sua relação com o desenvolvimento hipertrófico das fibras musculares, encontrando contradições entre seu estudo e os relatados por MACCATROZZO et al. (2004), CHIKUNI et al. (2004a, 2004b) para a expressão de *MyHC*-IIb, podendo ser explicada por diferenças na raça Holandesa (CHIKUNI et al., 2004a) e raça comercial (MACCATROZZO et al., 2004).

Blonde d'Aquitaine é uma raça de carne francesa caracterizada por um elevado potencial de crescimento muscular, além de seus músculos possuírem propriedades específicas, tais como alta atividade glicolítica e baixa oxidativa (LISTRAT et al., 2001). A *MyHC*-IIb é a mais glicolítica dentre as isoformas (SCHIAFFINO & REGIANI, 1996), facilitando sua localização nestes animais. O crescimento moderado dos animais do presente ensaio, característica esta da própria raça Nelore, confere ao tecido muscular um desenvolvimento menor quando comparado a raças européias selecionadas para a produção de carne e assim a ausência da isoforma IIb parece algo compreensível neste grupo genético.

A observação da isoforma IIb em outras espécies, como suínos está associada com o desenvolvimento muscular elevado (DEPREUX et al., 2002). Assim, a seleção de bovinos para produção de carne, como a raça Blonde

d'Aquitaine, pode ter favorecido expressão da isoforma *MyHC-IIb* como observado em suínos.

A aparente ausência da isoforma *IIb* no músculo esquelético de bovinos e bubalinos parece ser a responsável pelo desenvolvimento do *rigor mortis* mais lento, quando comparado ao músculo esquelético de suínos. Assim, as diferenças nas isoformas da *MyHC*, podem explicar algumas alterações na qualidade da carne de diferentes espécies (CHIKNUI et al., 2004a; BOWKER et al., 2004). Portanto, identificar os mecanismos necessários relacionados ao crescimento muscular, as isoformas de *MyHC* e a qualidade da carne de animais zebuínos e seus mestiços são importantes para o processo de amaciamento e produção da carne bovina.

No caso dos animais Nelore experimentais uma relação negativa entre a concentração da isoforma *MyHC IIa* encontrada no músculo *L. dorsi* ao abate e a força de cisalhamento (FC) foi observada ($r_p = -0,34$; $p < 0,05$) demonstrando ser o desempenho em crescimento do tecido muscular em animais Nelore como uma boa ferramenta de predição da qualidade da carne, mais especificamente da maciez, como observado também por MORALES (2007) e HADLICH (2007).

Na Tabela 3, são apresentados os valores de IOD para as proteínas troponina T, troponina I e desmina nos grupos de carne macia e dura respectivamente.

Tabela 3 Valores médios do índice de densidade óptica (IOD) das proteínas troponina T, troponina I e desmina de animais Nelore selecionados para produção.

	Variáveis		
	Troponina T	Troponina I	Desmina
Grupo Macia (15)	114,7 ± 7,74	160,9 ± 8,19	224,7 ± 20, 98
Grupo Dura (15)	106,5 ± 9,09	146,8 ± 9,38	191,8 ± 25,23

Titina, nebulina, troponina e desmina são algumas proteínas componentes da miofibrila que sofrem modificações durante o *post mortem* dos animais, resultando muitas vezes no desaparecimento de determinadas frações das proteínas ou o aparecimento de produtos de degradação à medida que se

aumenta o tempo de maturação da carne (NEGISH et al., 1996). Com o intuito de observar a atuação destas proteínas sem submetê-las a maturação no presente estudo, não foi identificada diferença estatística significativa ($p>0,05$) entre os dois grupos de animais Nelore (*Bos indicus*) selecionados para a produção. Segundo GEORGE et al., (1980); OUALI, (1990) é pouco provável que a degradação da Troponina, a qual não possui papel estrutural na estabilização das miofibrilas, tenha reflexos na maciez da carne. Entretanto, a desmina é uma proteína responsável pela sustentação das miofibrilas dentro da fibra muscular também não demonstrou diminuição da rigidez e aumento gradativo da qualidade da carne, mais precisamente na maciez.

4. Conclusões

Não foi identificada a isoforma *MyHC* IIb nos animais experimentais.

Os animais Nelore apresentam boa relação entre a hipertrofia do músculo *Longissimus dorsi*, medida pelo aumento da concentração de *MyHC* IIa, e a maciez da carne, mensurada pela força de cisalhamento, bem como com o MFI, demonstrando a estreita relação entre o crescimento animal e a qualidade da carne em *Bos indicus*.

O estudo das isoformas da *MyHC* é uma boa ferramenta de identificação dos tipos de fibras musculares possuindo boa correlação com as características de crescimento animal e de mensuração da maciez da carne em animais *Bos indicus*.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da Carne bovina - uma revisão. *Revista da FZVA*. Uruguiana, v. 14, n. 1, p. 193-216, 2007.

BERG, R. T.; ANDERSEN, B. B.; LIBORIUSSEN, T. Growth of bovine tissues. I. Genetics influences on growth patterns of muscle, fat and bone in young bulls. *Animal Production*, v. 26, p. 245-248, 1978.

BOWKER, B. C.; BOTREL, C.; SWARTZ, D. R.; GRANT, A. L.; GERRARD, D. E. Influence of myosin heavy chain isoform expression and postmortem metabolism on the ATPase activity of muscle fibers. *Meat Science*, v. 68, p. 587 – 594, 2004.

CASTAN, E. P. Expressão gênica e protéica de isoformas de cadeia pesada de miosina e maciez da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos. Tese FCAV- Jaboticabal, SP. p. 54, 2010.

CHANG, K. C. & FERNANDES, K. Developmental expression and 50 end cDNA cloning of the porcine 2x and 2b myosin heavy chain genes. *DNA and Cell Biology*, v. 16, p. 1429–1437, 1997.

CHANG, K. C.; COSTA, N.; BLACKLEY, R.; SOUTHWOOD, O.; EVANS, G.; PLASTOW, G.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs, *Meat Science*, Barking, v. 64, p. 93–103, 2003.

CHARDULO, L. A. L.; SILVEIRA, A. C.; VIANELLO, F. Analytical Aspects for Tropical Meat Quality Assessments. In: *Food Quality, Safety and Technology*. Ed. © Springer-Verlag Wien. p. 195, 2013.

CHIKUNI, K.; MUROYA, S.; NAKAJIMA, I. Myosin heavy chain isoforms expressed in bovine skeletal muscles. *Meat Science*, v. 67; p. 87-84. 2004a.

CHIKUNI, K.; MUROYA, S.; NAKAJIMA, I. Absence of the functional Myosin heavy chain 2b. Isoform in equine skeletal muscles. *Zoological Science*, v. 21, p. 589–596, 2004b.

COSTA, E. C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; PEROTTONI, J.; FATURI, C.; MENEZES, L. F. G. Composição Física da Carcaça, Qualidade da Carne e Conteúdo de Colesterol no Músculo Longissimus dorsi de Novilhos Red Angus Superprecoces, Terminados em Confinamento e Abatidos com Diferentes Pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, p. 417–428, 2002.

DEPREUX, F. F. S.; GRANT, A. L.; GERRARD, D. E. Influence of halothane genotype and body-weight on myosin heavy chain composition in pig muscle as related to meat quality. *Livestock Production Science*, v. 73, p. 265–273, 2002.

FRANCISCO, C. L.; JORGE, A. M.; DAL-PAI-SILVA, M.; CARANI, F. R.; CABEÇO, L. C.; SILVA, S. R. Muscle fiber type characterization and myosin heavy chain (MyHC) isoform expression in Mediterranean buffaloes. *Meat Science*, p. 535:541, 2011.

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

HADLICH, J. C. Características do crescimento animal, do tecido muscular esquelético e da maciez da carne de bovinos Nelore e mestiços no modelo biológico superprecoces. 2007. 90 f. Tese Doutorado - FMVZ, Botucatu, 2007.

HÄMÄLÄINEN, N., & PETTE, D. Patterns of myosin isoforms in mammalian skeletal fibres. *Microscopy Research Technique*, v. 30, p. 381–389, 1995.

JAYASOORIYA, S. D.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B. R.; BHANDARI, B. R. Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscles. *Meat Science*, v.75, p. 628-639, 2007.

KARLSSON, A.; ENFALT, A. C.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; LUNDSTROM, K.; RYDHMER, L.; STERN, S. 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, 930-938, 1993.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36:93. 1994.

LISTRAT, B.; PICARD, R.; JAILLER, H.; COLLIGNON, J.-R.; PECCATTE, D.; MICOL, D.; GEAY, Y.; DOZIAS, D. Grass valorisation and muscular characteristics of blonde d'Aquitaine steers, *Animal Research*, v.50, p. 105–118, 2001.

LEFAUCHEUR, L.; HOFFMAN, R. K.; GERRARD, D. E.; OKAMURA, C. S.; RUBINSTEIN, N.; KELLY, A. Evidence for three adult fast myosin heavy chain isoforms in type II skeletal muscle fibers in pigs. *Journal of Animal Science*, v. 76, p. 1584–1593, 1998.

MALTIN, C. A., SINCLAIR, K. D., WARRISS, P. D., GRANT, C. M., PORTER, A. D., DELDAY, M. I. 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, p.341–348, 1998.

MALTIN, C. A.; LOBLEY, G. E.; GRANT, C. M.; MILLER, L. A.; KYLE, D. J.; HORGAN, G. W.; MATTHEWS, K. R.; SINCLAIR, K. D. Factors influencing beef eating quality 2. Effects of nutritional regimen and genotype on muscle fibre characteristics. *Animal Science*, v. 72, p. 279-287, 2001.

MALTIN, C.; BALCERZAK, D.; TILLEY, R.; DELDAY, M. Determinants of meat quality: Tenderness. *The Proceedings of the Nutrition Society*, v.62, p.337–347, 2003.

MACCATROZZO, L.; PATRUNO, M.; TONIOLO, L.; REGGIANI, C.; MASCARELLO, F. Myosin heavy chain 2B isoform is expressed in specialized eye muscles but not in trunk and limb muscles of cattle. *European Journal of Histochem.* v. 49, 357 -366, 2004.

MORALES, D. C. Caracterização dos tipos de fibras musculares e isoformas da cadeia pesada de miosina (MyHC) no tecido muscular e suas implicações na

qualidade da carne de bovinos nelore (*Bos indicus*). Tese. FMVZ - Jaboticabal, SP. 81f. 2007.

NEGISH, H.; YAMAMOTO, E.; KUTAWA, T. The origin of the 30 kDa component appearing during post-mortem ageing of bovine muscle. *Meat Science*, v. 42, p. 289-303, 1996.

OCKERMAN, H. W.; JAWOREK, D.; VANSTAVERN, B.; PARRETT, N.; PIERSON, C. J. Castration and sires effects carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, v.59, n.4, p.981-990, 1984.

OUALI, A. & TALMANT, A. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. *Meat Science*, v.28(4), p.331–348, 1990.

PEREIRA, P. M. R. C.; PINTO, M. F.; ABREU, U. G. P.; LARA, J. A. F. Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, p. 1520–1527, 2009.

PETER, J. B.; BARNARD, R. J.; EDGERTON, V. R. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. *Biochemistry*, v.11; p. 2633-2672, 1972.

PICARD, B.; LEFAUCHEUR, L.; FAUCONNEAU, B.; REMIGNON, H.; CHEREL, Y.; BARREY, E.; NEDELEC, J. Caractérisation des différents types de fibres musculaires dans plusieurs espèces: Production et utilisation d'anticorps monoclonaux dirigés contre les chaînes lourdes de myosine rapide IIa et IIb. *INRA Productions Animales*, v. 11, p. 145–163, 1998.

PICARD, B.; CASSAR-MALEK, I. Evidence for expression of IIb myosin heavy chain isoform in some skeletal muscles of Blonde d'Aquitaine bulls. *Meat Science*, v.82, p.30-36, 2009.

RENAND, G.; PICARD, B.; TOURALLE, C.; BERGE, P.; LEPETIT, J. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Science*, v. 59; p. 49-60. 2001.

RIBEIRO, E. L. DEA.; HERNANDEZ, J. A.; ZANELLA, E. L.; SHIMOKOMAKI, M.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; YOUSSEF, E.; RIBEIRO, H. J. S. S.; BOGDEN, R.; REEVES, J. J. Growth and carcass characteristics of pasture fed LHRH immunocastrated, castrated and intact *Bos indicus* bulls. *Meat Science*, v. 68, p. 285–290, 2004.

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*, Barking, v. 71, p. 351–357, 2005.

SAS – *Statistical Analysis System*. User's guide. Version 9.0. Cary: Statistical Analysis System Institute Inc., 2011.

SAWDY, J.C.; KAISER, S. A.; ST-PIERRE, N. R.; WICK, M. P. Myofibrillar 1-D fingerprints and myosin heavy chain MS analyses of beef loin at 36 h postmortem correlate with tenderness at 7 days. *Meat Science*, v. 67, p. 421. 2004.

SAZILI, A. Q.; PARR, T.; SENSKY, P. L.; JONES, S. W.; BARDSLEY, R. G.; BUTTERY, P. J. The relationship between slow and fast myosin heavy chain content, calpastatin and meat tenderness in different ovine skeletal muscles. *Meat Science*, v. 69, p.17-25, 2005.

SILVEIRA, A. C.; ARRIGONI, M. B; MARTINS, C. L.; CHARDULO, L. A. L. Produção de bovino superprecoce no Brasil. In: PIRES A.V. *Bovinocultura de Corte. FEALQ*, v. 2, p. 1353-1369, 2010.

SCHIAFFINO, S., & REGIANI, C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. *Physiological Review*, v. 76, p. 371–423, 1996.

TONIOLO, L.; MACCATROZZO, L.; PATRUNO, M.; CALIARO, F.; MASCARELLO, F.; REGGIANI, C. Expression of eight distinct MHC isoforms in bovine striated muscles: evidence for MHC-2B presence only in extraocular muscles. *Journal of Experimental Biology*, v. 208, p. 4243–4253, 2005.

VESCOVO, G.; SERAFINI, F.; DALLA LIBERA, L.; LEPROTTI, C.; FACCHIN, L.; TENDERINI, P.; AMBROSIO, G. B. Skeletal muscle myosin heavy chains in heart failure: correlation between magnitude of the isozyme shift, exercise capacity, and gas exchange measurements. *American Heart Journal*, v. 135, n.1, p.130-137, 1998.

WEISS, A.; SCHIAFFINO, S.; LEINWAND, L. A. Comparative sequence analysis of the complete human sarcomeric myosin heavy chain family: Implications for functional diversity. *Journal of Molecular Biology*, v. 290, p. 61–75, 1999.

WEYDERT, A.; DAUBAS, P.; CAERAVETTI, M.; MINTY, A.; BUGAISKY, G.; COHEN, A.; ROBERT, B.; BUCKINGHAM, M. Sequential accumulation of mRNAs encoding different myosin heavy chain isoforms during skeletal muscle development in vivo detected with a recombinant plasmid identified as coding for an adult fast myosin heavy chain from mouse skeletal muscle. *Journal of Biology and Chemistry*, v. 258, p. 13867–13874, 1983.

XIONG, Y. L.; MULLINS, O. E.; STIKA, J. F.; CHEN, J.; BLANCHARD, S. P.; MOODY, W. G. Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Science*, v. 77, p. 105–113, 2007.