

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ÓLEO DE LINHAÇA NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS
NELORE: QUALIDADE DA CARNE**

Thiago Martins Pivaro
Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ÓLEO DE LINHAÇA NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS
NELORE: QUALIDADE DA CARNE**

Thiago Martins Pivaro

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Wignez Henrique

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia**

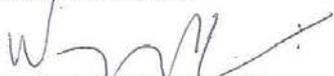
2014

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ÓLEO DE LINHAÇA NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS NELORE: QUALIDADE DA CARNE

AUTOR: THIAGO MARTINS PIVARO
ORIENTADORA: Profa. Dra. WIGNEZ HENRIQUE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. WIGNEZ HENRIQUE
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP



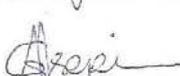
Prof. Dr. AMÉRICO GARCIA DA SILVA SOBRINHO
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. CLÁUDIA CRISTINA PAÇO DE PAZ
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP



Profa. Dra. ANGÉLICA SIMONE CRAVO PEREIRA
Universidade de São Paulo / Pirassununga/SP



Profa. Dra. GABRIELA AFERRI
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Jaú/SP

Data da realização: 07 de março de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THIAGO MARTINS PIVARO – Filho de Sergio Luiz Pivaro e Maria de Lourdes Ayusso Martins Pivaro, nascido em 9 de novembro de 1984, natural da cidade de São José do Rio Preto, São Paulo. Em Agosto de 2008 graduou-se em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Unesp – Câmpus de Jaboticabal. Em 2008 foi aprovado para ingresso no curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Zootecnia desta mesma Instituição, com início em março de 2009. Em maio de 2009, lhe foi concedida, pelo CNPq, uma bolsa de estudos na modalidade Mestrado. Em outubro de 2010, foi selecionado para o curso de doutorado, com início em março de 2011 e lhe foi concedida, pelo CNPq, uma bolsa de estudos na modalidade Doutorado, até fevereiro de 2014. Em março de 2014, o autor pretende iniciar o pós-doutorado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA localizada em São José do Rio Preto. Participa do grupo de pesquisa **“Qualidade da Carne Bovina em Modelos Auto-Sustentáveis”** certificado pelo CNPq.

DEDICO

Aos meus pais, Sergio e Lourdes, que sempre estiveram do meu lado, participando e principalmente me apoiando, nunca me deixaram desistir, por mais difíceis que fossem os caminhos. Agradeço a eles, pela oportunidade que me proporcionaram, pela pessoa que me fizeram ser e pelo amor incondicional demonstrado.

A minha irmã Fernanda, que sempre esteve presente, me apoiando, sendo uma incentivadora, excelente companheira e uma grande amiga.

A minha amada esposa Amanda, companheira de todas as horas, pelo amor, carinho, incentivo, apoio, paciência e dedicação. Agradeço por fazer parte da minha vida, pois sem você nada valeria a pena.

Ao meu filho Leonardo, razão de viver e alegria de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À minha orientadora Prof. Dra. Wignez Henrique

Ser Orientador é ser presença amiga, que estende a mão nas horas de desencantos;

Ser Orientador é saber colocar-se no lugar do outro e torna-se sensível aos sofrimentos alheios, para enxugar uma lágrima, ouvir um lamento, com compreensão, ternura e carinho;

Ser Orientador é ser exemplo de doação e equilíbrio, estar disposto a dar mais, do que receber;

Ser Orientador é ser democrático para ter o discernimento de saber ouvir e falar na hora certa;

Ser Orientador é saber buscar a verdade com honestidade e sinceridade. Sendo firme e justo nos momentos incertos;

Ser Orientador é ter sede de saber, estudar sempre, para almejar novos conhecimentos científicos e ajudar a progredirem todos aqueles que dele dependem;

Ser Orientador é estar sempre mais na condição de compreender do que ser compreendido;

Ser Orientador é trabalhar com dedicação, amor e com fé na força infinita de Deus, compreender que o ser humano é capaz de superar suas dificuldades ou limitações, acreditar em sua transformação, estar convencido de que todos possuem um grande potencial para aprender;

Ser Orientador é estar persuadido de que possui a nobre missão, a de ser “educador”, estar convicto de que é importante para ajudar a ser importante àqueles que dele necessita, para desabrochar em criatividade, bom senso e equilíbrio com liberdade e responsabilidade;

Lembre-se “é bom ser importante, porém o mais importante é ser bom”, se você consegue reunir esses atributos, então pode tranquilamente dizer eu sou importante, pois “eu sou Orientador”.

Muito Obrigada Wignez!!!!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me ter proporcionado o dom da vida e sempre ter me guiado pelos caminhos certos.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp - Jaboticabal. Sinto imenso orgulho em ser parte deste Câmpus. Obrigado a todos os que tão gentilmente me receberam e auxiliaram nesse período.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade oferecida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e Bellman Nutrição Animal- Ltda, pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa em nosso país.

Ao Dr. Marco Antonio Alvares Balsalobre, pelo incentivo e por acreditar em nosso trabalho.

Ao Laboratório de Análises Bromatológicas da Bellman Nutrição Animal - Ltda, em especial ao seu químico Roberto, pelo auxílio na produção do óleo de linhaça protegido.

Ao Prof. Dr. Alexandre Amstalden Moraes Sampaio pela oportunidade e ensinamentos oferecidos.

Aos membros da banca examinadora, Prof^a. Dr^a Hirasilva Borba, Prof. Dr. Pedro Alvez de Souza, Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende e Prof. Dr. Emanuel Almeida de Oliveira, pelas importantes contribuições no exame de qualificação.

Aos membros da banca, Prof^a. Dr^a. Angélica Simone Cravo Pereira, Prof^a. Dr^a. Claudia Cristina Paro de Paz, Dr^a Gabriela Aferri e Prof. Dr. Américo Garcia da Silva Sobrinho, pelas importantes contribuições na defesa da tese.

Aos companheiros de trabalho diário no confinamento M.Sc. José Luiz Coutinho Filho e Victor Galli Carvalho.

À Fazenda Experimental de São José do Rio Preto - APTA pelo empréstimo de equipamentos e a liberação de funcionários para o auxílio diário.

Aos funcionários da Fazenda Experimental pelo auxílio na condução do experimento : Célia, Cecília, Walter, Felipe, Júlio, Luis, Kita, Hélio, Rogério.

Aos funcionários do setor de Bovinocultura de Corte, Ademir Servidone, Renato Oliveira da Cruz.

Ao Professores Dra. Cláudia Cristina Paro Paz, Dr. Dilermando Perecin e Dr. Euclides Braga Malheiros, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Sr. Sergio Beraldo, técnico do Laboratório de Ruminantes, pelas inúmeras análises realizadas.

À técnica do Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal Tânia Mara Azevedo Lima e aos pós-graduandos pela ajuda nas análises laboratoriais.

Ao Laboratório de Bioquímica de Microorganismos e Plantas, em especial ao técnico de Laboratório João Carlos, pelas análises dos ácidos graxos

Aos meus amigos Emanuel Almeida de Oliveira e Bruna Laurindo Rosa, pelos ensinamentos, convivência enriquecedora e pelo constante auxílio no desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas.....	iii
Lista de Figuras	v
Lista de Abreviaturas.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1. Introdução.....	1
2. Utilização do óleo de linhaça na alimentação de bovinos.....	2
3. Transformação do músculo em carne.....	3
4. Qualidade da carne bovina.....	5
4.1 Aspectos qualitativos dos músculos.....	11
5. Objetivos.....	14
6. Referências bibliográficas.....	14
 CAPÍTULO 2. QUALIDADE DA CARNE DE NOVILHOS NELORE ALIMENTADOS COM ÓLEO DE LINHAÇA PROTEGIDO DURANTE DIFERENTES PERÍODOS ANTES DO ABATE OU DESSE ÓLEO NA FORMA <i>IN NATURA</i>.....	 19
Resumo.....	19
1. Introdução.....	19
2. Material e métodos.....	21
3. Resultados.....	26
3.1 Características físicas e químicas.....	26
3.2 Composição em ácidos graxos.....	28
3.3 Classificação e relações entre ácidos graxos.....	31
3.4 Índice de qualidade dos ácidos graxos e atividade enzimática.....	33
4. Discussão.....	33
4.1 Dietas com e sem adição de óleo de linhaça.....	33
4.2 Formas do óleo de linhaça.....	38
4.3 Tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido.....	39
5. Conclusões.....	42
Agradecimentos	42
Referências bibliográficas.....	43
 CAPÍTULO 3. QUALIDADE DO <i>LONGISSIMUS</i> E DO <i>TRICEPS BRACHII</i> DE NOVILHOS ALIMENTADOS COM ÓLEO DE LINHAÇA PROTEGIDO DURANTE DIFERENTES PERÍODOS ANTES DO ABATE OU ESSE ÓLEO <i>IN NATURA</i>.....	 48
Resumo.....	48
1. Introdução.....	49
2. Material e métodos.....	50

3. Resultados.....	55
4. Discussão.....	60
5. Conclusões.....	64
Agradecimentos.....	65
Referências bibliográficas.....	65

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 2.	
Tabela 1. Características nutricionais, composição percentual e em ácidos graxos das dietas fornecidas para novilhos Nelore confinados...	23
Tabela 2. Características físicas e químicas do músculo <i>Longissimus</i> de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça <i>in natura</i> (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate.....	27
Tabela 3. Composição em ácidos graxos, como porcentagem do total dos ácidos graxos identificados, no músculo <i>Longissimus</i> de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça <i>in natura</i> (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate.....	30
Tabela 4. Somatória, relações e índice qualitativos dos ácidos graxos e atividade das enzimas no músculo <i>Longissimus</i> de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça <i>in natura</i> (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate.....	32
CAPÍTULO 3.	
Tabela 1. Características nutricionais, composição percentual e em ácidos graxos das dietas fornecidas para novilhos Nelore confinados...	52
Tabela 2. Características físicas e químicas dos músculos <i>Longissimus</i> (<i>Long</i>) e <i>Triceps brachii</i> (<i>Tric</i>) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo, com óleo de linhaça <i>in natura</i> durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento, nos últimos 70 ou 35 dias antes do abate.....	56
Tabela 3. Desdobramento da interação (P=0,0481) entre tratamentos e músculos para perdas totais no cozimento (%) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça <i>in natura</i> (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate.....	57

Tabela 4. Composição em ácidos graxos, como porcentagem total dos ácidos graxos identificados, nos músculos *Longissimus (Long)* e *Triceps brachii (Tric)* de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo, com óleo de linhaça *in natura* durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento, nos últimos 70 ou 35 dias antes do abate..... 58

Tabela 5. Somatória, relações e índice qualitativos dos ácidos graxos e atividade das enzimas nos músculos *Longissimus (Long)* e *Triceps brachii (Tric)* de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo, com óleo de linhaça *in natura* durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento, nos últimos 70 ou 35 dias antes do abate..... 59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desdobramento da interação ($P=0,0481$) entre tratamentos e músculos para perdas totais no cozimento (%) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça <i>in natura</i> (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate.....	57
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Adenosina Trifosfato
ADP	Adenosina Difosfato
a*	Intensidade da cor vermelha
b*	Intensidade da cor amarela
CLA	Ácido linoleico conjugado
CRA	Capacidade de retenção de água
DFD	Dark-firm-dry
DHA	Ácido docosahexaenoico
DTA	Ácido docosatetraenoico
EPA	Ácido eicosapentaenoico
FC	Força de cisalhamento
L*	Luminosidade
MS	Matéria seca
ω 3	Ômega 3
ω 6	Ômega 6
ω 6: ω 3	Ômega6:Ômega3
Δ 9	Delta 9 dessaturase

ÓLEO DE LINHAÇA NA TERMINAÇÃO DE NOVILHOS NELORE: QUALIDADE DA CARNE

RESUMO – Objetivou-se avaliar as características físico-químicas, atividade enzimática, relações e índices de qualidade dos ácidos graxos do *Longissimus* e *Triceps brachii* de 35 novilhos Nelore alimentados com óleo de linhaça protegido durante 35, 70 ou 105 dias antes do abate, esse óleo na forma *in natura* ou sem adição de óleo durante 105 dias. O volumoso utilizado foi silagem de milho (40% da MS) e as dietas com adição de óleo eram isoenergéticas (76,0% NDT e 6,1% EE). Os animais foram confinados em baias individuais e abatidos com $522,71 \pm 27,99$ kg de peso corporal. A adição de óleo de linhaça na dieta determinou maiores ($P < 0,10$) teores de ácidos graxos saturados e hipercolesterolêmicos, índices de trombogenicidade e aterogenicidade e menor atividade das enzimas $\Delta 9$ dessaturases na carne do que a dos animais que não receberam óleo. Por outro lado, aumentou a concentração do ácido linoleico conjugado e $\omega 3$, e reduziu a relação $\omega 6:\omega 3$ mas o óleo *in natura* foi mais eficiente do que a forma protegida. O aumento do tempo de fornecimento do óleo protegido reduziu ($P < 0,10$) linearmente o teor de colesterol e a relação $\omega 6:\omega 3$, e aumentou os ácidos $\omega 3$ e linoleico conjugado. Quanto à comparação entre os músculos, o *Longissimus* obteve maior força de cisalhamento, menor porcentagem de perdas no cozimento, teor de colágeno total e oxidação lipídica comparado ao *Triceps brachii*. Maiores concentrações dos ácidos C14:0, C14:1, C16:0, C18:2 cis 9 trans 11, C18:3 $\omega 6$ e C20:0 foram encontradas no *Longissimus*. Entretanto, o músculo *Triceps brachii* acumulou maiores teores dos ácidos C17:1, C18:2 $\omega 6$, C18:3 $\omega 3$, C20:1 $\omega 9$, C20:3 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$, C20:5 $\omega 3$, C22:4 $\omega 6$, C22:6 $\omega 3$ e C24:1 $\omega 9$. Portanto, o músculo *Triceps brachii* apresentou maiores relações entre os ácidos graxos insaturados:saturados e poli-insaturados:saturados, e também foi observada maior atividade da enzima elongase do que no *Longissimus*. Acrescentar na dieta de novilhos Nelore óleo de linhaça durante 105 dias antes do abate é benéfico para obtenção de uma carne mais equilibrada do ponto de vista da saúde humana, mesmo que alguns índices qualitativos dos ácidos graxos tenham piorado. O óleo de linhaça *in natura* mostra-se mais eficiente que esse mesmo óleo na forma protegida. O fornecimento pré abate de óleo de

linhaça protegido de 35 até 105 dias antes do abate de novilhos Nelore é benéfico para obtenção de carne bovina de melhor qualidade, apesar de alguns índices de qualidade dos ácidos graxos terem piorado. Os músculos *Triceps brachii* e *Longissimus* apresentam metabolismo diferente e respondem de formas distintas à adição de óleo de linhaça na dieta de novilhos Nelore em terminação. Apesar do preconceito cultural quanto a cortes cárneos do dianteiro, o *Triceps brachii* (paleta) mostrou-se uma carne de melhor qualidade do ponto de vista da saúde humana do que o *Longissimus* (contrafilé).

Palavras-chave:, atividade enzimática, colesterol, *Longissimus*, lipídeo protegido, perfil de ácidos graxos, *Triceps brachii*

LINSEED OIL TO FATTENING NELLORE STEERS: QUALITY OF MEAT

ABSTRACT - The objective was to evaluate the physics and chemical characteristics, enzymatic activity, fatty acids ratio and quality indexes of the *Longissimus* and the *Triceps brachii* of 35 Nellore steers fed protected linseed oil for 35, 70 or 105 days before slaughter, *in natura* oil or without oil addition for 105 days. The roughage was corn silage (40% DM) and diets with added oil were isocaloric (76.1% TDN and 6.1% EE). The animals were confined in individual pens and slaughtered with 522.71 ± 27.99 kg of body weight. The diet addition of linseed oil resulted in increased ($P < 0.10$) levels of saturated and hypercholesterolemic fatty acids, thrombogenicity and atherogenicity indices, and lower $\Delta 9$ desaturases enzymes activity on meat compared to the treatment with no oil; on the other hand, increased the concentration of conjugated linoleic acid and $\omega 3$ fatty acids, and the ratio $\omega 6:\omega 3$ reduced, but *in natura* linseed oil was more efficient than the protected form. Increasing the duration time of protected oil supplementation decreased ($P < 0.10$) linearly the cholesterol content and the fatty acids ratio $\omega 6:\omega 3$, and increased conjugated linoleic acid and $\omega 3$. The comparison between muscles showed that the *Longissimus* had higher shear force, lower percentage of cooking losses, total collagen and lipid oxidation compared to *Triceps brachii*. Higher concentrations of the acids C14:0, C14:1, C16:0, C18:2 cis 9 trans 11, C18:3 $\omega 6$ and C20:0 were found on *Longissimus*, however, the *Triceps brachii* accumulated highest levels of C17:1, C18:2 $\omega 6$, C18:3 $\omega 3$, C20:1 $\omega 9$, C20:3 $\omega 6$, C20:4 $\omega 6$, C20:5 $\omega 3$, C22:4 $\omega 6$, C22:6 $\omega 3$ and C24:1 $\omega 9$ acids, showing greater correlation between unsaturated:saturated and polyunsaturated:saturated fatty acid, and we also observed increased elongase activity on shoulder clod than sirloin. Beef incorporates the beneficial aspects for human health of linseed oil fed to fattening steers, even some quality indices were worse. *In natura* linseed oil is more efficient than the protected form of this oil. Add linseed oil on the Nellore steers diet from 35 to 105 days before slaughter is beneficial for obtaining a more balanced meat from the standpoint of human health, although some quantitative indices of fatty acids get worse. The *Triceps brachii* and *Longissimus* muscles show distinct metabolism and incorporate differently the

beneficial aspects of linseed oil fed to fattening Nellore steers. The *Triceps brachii* provides a better quality of meat for human than the *Longissimus*.

Keywords: cholesterol, enzymatic activity, fatty acids profile, lipid, *Longissimus*,
Triceps brachii

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

O Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com aproximadamente 212 milhões de cabeças (ABIEC, 2012). No ano de 2012, foram abatidos aproximadamente 44,4 milhões de animais, sendo produzidos 9,4 milhões de toneladas em equivalente carcaça e 18% deste total, ou seja, 1,7 milhões de toneladas, foi exportado (ABIEC, 2012).

De janeiro a dezembro de 2013, o faturamento das exportações de carne bovina registrou um crescimento de 13,9% na comparação com o mesmo período do ano anterior, chegando a US\$ 6,6 bilhões. O total de toneladas exportadas cresceu 19,4% nesse período, chegando num total de 1,5 milhões de toneladas em equivalente carcaça. Dentre os países importadores de carne bovina brasileira em 2013, Hong Kong manteve o posto de principal comprador, seguido da Rússia e União Européia (ABIEC, 2014).

Apesar do crescimento nas exportações, 82% é destinado ao mercado interno (ABIEC, 2012), neste sentido é necessária a adequação às pretensões dos consumidores nacionais, cada vez mais exigentes quanto a aspectos de qualidade tais como, maciez, sabor, quantidade e qualidade da gordura; e também dos importadores, no que se refere à padronização de cortes, segurança alimentar e características qualitativas, que podem ser determinantes na decisão de compra, abertura de novos mercados e na consolidação daqueles já existentes.

A qualidade da carne vermelha sempre foi relacionada principalmente às percepções visuais e sensoriais pelo consumidor; mais recentemente, também tem sido associada com aspectos sanitários, nutritivos e funcionais à saúde humana, além da preocupação com o bem-estar dos animais. Nos diferentes meios de comunicação, o consumo de carne bovina não tem sido recomendado para os seres humanos devido o teor de gordura e colesterol; no entanto, esse alimento é uma rica fonte de proteínas, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais (JOO et al., 2013). Para alterar essas características desfavoráveis, a busca por novos alimentos que possam ser oferecidos aos bovinos e que modifiquem de forma significativa a qualidade da carne tem sido

alvo de inúmeros projetos de pesquisa desenvolvidos (MIR et al., 2003). A inclusão de óleos vegetais na dieta está em evidência pela efetiva modificação na composição da gordura intramuscular dos bovinos (JOO et al., 2013).

2. Utilização do óleo de linhaça na alimentação de bovinos

Entre os óleos vegetais utilizados na alimentação de bovinos e que podem alterar a composição em ácidos graxos da carne de forma benéfica, o óleo de linhaça é uma das fontes mais ricas em ácidos graxos da família $\omega 3$, cerca de 50%, além de 16% da família $\omega 6$. O consumo desses ácidos graxos é relacionado à prevenção da ocorrência de trombose e gangrena, à diminuição do colesterol total e do colesterol de baixa densidade (LDL), redução de tumores e ações anti-inflamatória, antioxidante e antialérgica (HENRIQUE e PIVARO, 2012).

O óleo de linhaça é produzido a partir das sementes do linho (*Linum usitatissimum L.*), que é uma planta utilizada para extração de fibras longas, empregadas na fabricação de tecidos. No Brasil, o cultivo dessas plantas ocorre principalmente na região sul do país, já que essas são plantas de clima temperado. O óleo é obtido a partir da prensagem a frio ou por solventes e o tipo de extração varia de acordo com a finalidade do uso desse óleo. Geralmente, o óleo utilizado na alimentação animal é extraído por prensagem a frio e não sofre refinamento (HENRIQUE E PIVARO, 2012).

Por outro lado, a adição de óleos vegetais na dieta de bovinos pode causar impacto negativo na fermentação ruminal e na digestão das fibras, além de ocasionar problemas metabólicos, uma vez que inibe o crescimento dos microrganismos ruminais pela ação dos ácidos graxos insaturados (HENDERSON, 1973). Para diminuir o efeito deletério sobre bactérias e protozoários, têm-se estudado o uso desses óleos na forma protegida, ou seja, o óleo passa por um processamento com sais de cálcio, e assim, os ácidos graxos presentes no óleo são pouco dissociados no rúmen passando por ele quase de forma inerte (PALMIQUIST e MATTOS, 2011). Tanto assim que Oliveira et al. (2012) demonstraram que a adição do óleo de linhaça protegido da degradação ruminal na dieta de bovinos confinados melhorou o desempenho e a qualidade da carne, especialmente a composição em ácidos

graxos. Além disso, com esse processamento, o óleo passa para o estado sólido, o que é uma grande vantagem para a sua mistura com os outros ingredientes da ração, permitindo a homogeneização e facilitando sua manipulação nas indústrias de ração animal.

Nos últimos anos, após ampla divulgação dos efeitos benéficos proporcionado pelo consumo do óleo de linhaça, os preços praticados pelo mesmo subiram em torno de 70% no mercado brasileiro, principalmente após o aumento do seu consumo pela população. Esse aumento nos preços também se estendeu ao óleo bruto. Conseqüentemente, a adição do óleo de linhaça na alimentação de bovinos encarece o custo de produção. Assim, a preocupação passou a ser qual seria o tempo necessário de fornecimento desse óleo de linhaça protegido antes do abate dos animais para que a composição em ácidos graxos da carne bovina sofresse alteração lipídica.

A composição em ácidos graxos é um dos aspectos da qualidade da carne bovina, mas a definição dessa qualidade é complexa (JOO et al., 2013), já que envolve vários atributos entre eles maciez, cor e sabor. Outros fatores são diretamente relacionados com a estrutura muscular, a composição química, a interação dos componentes químicos e as alterações *post mortem* dos tecidos musculares. Portanto, é importante que se conheça o processo de conversão do músculo em carne.

3. Transformação do músculo em carne

Nos bovinos o processo de conversão do músculo esquelético em carne é complexo, pois envolve modificações metabólicas, físicas e estruturais (MANTENSE, 2002). De acordo com Roça (2000), essas mudanças musculares que ocorrem no *post mortem* podem ser separadas em dois processos distintos: a contração e o *rigor mortis*.

No músculo vivo, a contração muscular ocorre devido a uma neuroestimulação da placa motora terminal, que libera cálcio do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma. O cálcio inativa o sistema troponina-tropomiosina por ligação do cálcio à troponina C, e, conseqüentemente, há a reação entre a actina e a miosina, que resulta na contração muscular. Durante a fase de contração, os filamentos de actina deslizam ao longo dos filamentos

de miosina por meio de uma série de interações rápidas entre os filamentos, e o comprimento do sarcômero, que é a unidade contráctil do músculo diminui. A presença de adenosina trifosfato (ATP) é necessária para a contração e o relaxamento, porque a energia utilizada para o processo de deslizamento é derivada da desfosforilação do ATP em adenosina difosfato (ADP). Quando finaliza o estímulo nervoso, os íons cálcio são transportados novamente para o retículo sarcoplasmático através de uma bomba iônica denominada de bomba de cálcio, que também requer energia na forma de ATP (ROÇA, 2000).

No momento da sangria do animal, o músculo continua realizando a contração, pois a célula muscular ainda respira, ou seja, há produção e consumo de ATP. Além dessa, as fontes de energia muscular *post mortem* são poucas, restringindo-se basicamente às reservas de glicogênio, ADP residuais e fosfocreatina. Como a concentração de ADP residuais encontra-se relativamente alta, a reposição do ATP pela refosforilação do ADP é conduzida na presença da fosfocreatina, a qual, no entanto, está presente em concentrações insuficientes (13 a 23 $\mu\text{mol/g}$) para manter o metabolismo muscular por tempo prolongado (GREASER 1986, citado por GOMIDE, RAMOS e FONTES 2006). No momento que essa reserva cessa, a ressíntese de ATP é realizada pela glicólise muscular.

Com a parada da circulação sanguínea, todo o metabolismo aeróbio da célula torna-se dependente do oxigênio muscular estocado na mioglobina; quando este é esgotado, a célula passa a depender apenas do mecanismo glicolítico, que é anaeróbio, para suprir sua demanda energética. À medida que as reservas de glicogênio são consumidas, ocorre acúmulo de ácido láctico, produto final do metabolismo anaeróbio no músculo. Esse acúmulo de ácido láctico se deve à falta do sistema circulatório para removê-lo e é responsável pela queda de pH *post mortem* a níveis tão baixos que inativa as enzimas envolvidas no processo de glicólise, cessando a refosforilação do ATP. Na ausência de ATP, as moléculas de actina e miosina combinam-se, formando cadeias rígidas de actomiosina. A formação do complexo de actomiosina responde pela natureza rígida e inextensível do músculo em rigor (GOMIDE, RAMOS e FONTES, 2006). Esse *rigor mortis* começa a aparecer em torno de 9

a 12 horas após o abate (sangria), atingindo um máximo em 20 a 24 horas (ROÇA, 2000).

Assim, o valor final do pH da carne influi na conservação e em propriedades tecnológicas da mesma, sendo que uma acidificação adequada corresponde a valores de pH entre 5,4 e 5,8, e, neste intervalo, muitos microrganismos são inibidos (GOMIDE, RAMOS e FONTES, 2013). Além do valor final do pH, também é importante a velocidade de queda desse pH, uma vez que a aceleração do processo de degradação do glicogênio por causas endógenas ou exógenas torna a carne conhecida como DFD (*dark-firm-dry*). Outro fator importante na taxa de declínio do pH é a temperatura das câmaras frigoríficas, ou seja, temperaturas elevadas aceleram a queda do pH, enquanto temperaturas menores retardam esse decréscimo (GOMIDE, RAMOS e FONTES, 2013). Assim sendo, o valor final e a velocidade de queda do pH estão diretamente relacionados com a qualidade final da carne (MANTENSE, 2002).

De acordo com Gregory (1998), animais submetidos a condições de estresse apresentam maior consumo do glicogênio muscular antes do abate e, dessa forma, a produção de ácido lático pela degradação do glicogênio, responsável pela redução do pH, é menor. Ainda de acordo com Luchiari Filho (2002), em animais bem alimentados e descansados pré-abate, a concentração de glicogênio no músculo é de 0,8 a 1,0%, ao passo que, se esta concentração diminui para valores inferiores a 0,6%, não ocorre declínio completo do pH da carne, permanecendo acima de 6,0, o que implicará no aparecimento da carne DFD, que é de cor escura e de alta capacidade de retenção de água. Nesse caso, a glicose e os metabólitos intermediários também são acumulados (ROÇA, 2000).

4. Qualidade da carne bovina

O termo qualidade da carne fresca pode ser definido de várias formas, uma delas é considerando-se as preferências do consumidor, que são determinadas principalmente pelas características de aparência, alimentares e segurança. A aparência engloba principalmente cor, quantidade de gordura e gotejamento da carne; as alimentares incluem maciez, sabor e suculência; e

nas características de segurança são observados os aspectos sanitários, valor nutricional, bem-estar animal e ética (JOO et al., 2013). A qualidade da carne fresca também pode ser definida por outros fatores incluindo composição, nutrientes, substâncias exógenas (medicamentos, corantes, etc.), capacidade de retenção de água, dentre outras. A seguir, serão abordadas as principais características que indicam a qualidade da carne.

A cor da carne é a primeira característica observada pelo consumidor no momento da compra, sendo utilizada como indicação do frescor e integridade. Essa característica é dependente principalmente da espécie, idade do animal e do tipo do músculo, ou seja, da sua função no animal e localização anatômica. As diferenças de cor entre cortes cárneos são devidas principalmente ao teor de mioglobina no músculo, sendo este conteúdo afetado por fatores como exercício e dieta do animal, além de fatores genéticos e ambientais (JOO et al., 2013). Segundo MacDougall (1994), a cor da carne pode valorizá-la quando é observado um vermelho intenso, mas também depreciá-la quando apresenta coloração mais escura.

A qualidade e aceitabilidade das carnes e produtos cárneos também são influenciadas pela oxidação lipídica, uma vez que essa característica afeta atributos como sabor, cor, textura e valor nutritivo. A oxidação lipídica quantifica a possibilidade de ocorrência do processo de rancidez, que, quando acontece, causa o desenvolvimento de sabores indesejáveis, descoloração, produção de substâncias potencialmente tóxicas, como o malonaldeído e óxidos de colesterol, e também perda do valor nutricional devido à destruição de vitaminas e ácidos graxos essenciais (GRAY et al., 1996). Segundo Moloney et al. (2012), um dos desafios seria modificar a composição nutricional da carne bovina, principalmente aumentar a concentração de ácidos graxos da família ω_3 , e, ao mesmo tempo, manter a estabilidade dos lipídios e a cor vermelha brilhante de carne fresca, desejada pelos consumidores. O fornecimento de óleos vegetais na dieta de bovinos pode também ser benéfico nesse aspecto, pois indiretamente atenua essa oxidação lipídica, já que os óleos vegetais são ricos em vitaminas A e E, e essas têm efeitos antioxidantes naturais (BIANCHI e ANTUNES, 2002), podendo protelar o processo de rancificação da carne, já que essas vitaminas são antioxidantes naturais.

A capacidade de retenção de água também é uma característica muito importante, pois ela pode influenciar tanto na qualidade da carne destinada ao consumo direto, quanto na destinada para o processamento. Esta característica pode ser definida como a capacidade da carne reter água mediante a aplicação de forças externas, como cocção, corte, prensagem, centrifugação e trituração. Ainda segundo Gomide, Ramos e Fontes (2013) um dos fatores que afetam a capacidade de retenção de água é o valor do pH, ou seja, a formação do ácido láctico e a conseqüente queda do pH reduz a capacidade de retenção de água. Ainda, segundo estes autores, quanto maior a capacidade de retenção de água, menor será a perda de água durante armazenamento, transporte e comercialização e conseqüentemente a carne irá se apresentar mais suculenta, ou seja, com aumento da percepção sensorial de maciez.

Outro fator importante na qualidade da carne é a maciez, e esse atributo pode ser influenciado por diversos fatores, como composição genética, sexo, maturidade e acabamento dos animais; velocidade de resfriamento e taxa de queda de pH da carcaça; além do pH final e tempo de maturação da carne (FELÍCIO, 1999). De acordo com Vaz e Restle (2005), a correlação entre maciez da carne e medidas que expressam a deposição de gordura na carcaça, como espessura de gordura de cobertura e percentual de gordura na carcaça, é alta e positiva. Além desses, a maciez também pode ser afetada pela quantidade e solubilidade do tecido conjuntivo, composição e estado contrátil das fibras musculares que varia em função do tipo e localização anatômica do músculo (JOO et al., 2013).

Ao avaliar a maciez por meio da força de cisalhamento da carne bovina de animais Nelore terminados em confinamento e alimentados com dietas sem ou com óleo de linhaça e soja, protegidos ou não da degradação ruminal, Oliveira et al. (2012) não observaram diferenças entre os tratamentos para essa característica e nem para os teores de umidade, proteína, extrato etéreo e minerais da carne.

A carne bovina possui em sua composição química de 65 a 80% de água; 16 a 22% de proteína; 1,5 a 13% de gordura e aproximadamente 1% de minerais (LAWRIE, 2005). Essa composição pode ser influenciada

principalmente por fatores genéticos, alimentares, sexo, idade, condições de manejo e criação do animal, além do tipo e função do músculo analisado (GOMIDE, RAMOS e FONTES, 2013).

Outro componente químico da carne que deve ser analisado cuidadosamente é o teor de colesterol. O colesterol é uma substância pertencente ao grupo dos lipídios que desempenha funções importantes no organismo humano, sendo constituinte normal de todas as células do corpo, chave intermediária na produção de ácidos biliares, precursor de hormônios, além de participar da síntese da vitamina D3. A maior parte do colesterol do organismo humano, aproximadamente 70%, é proveniente da síntese biológica, sendo que apenas 30% são fornecidos pela dieta (BRAGAGNOLO, 2001). Apesar disso, têm-se recomendado a diminuição da ingestão de gordura e colesterol por humanos como medidas importantes para prevenir a obesidade, hipercolesterolemia e doenças cardiovasculares (CHIZZOLINI et al., 1999). Oliveira et al. (2012) observaram menores teores de colesterol na carne dos animais que receberam óleo de linhaça (31,37 mg/100 g de músculo), comparado aos animais que receberam óleo de soja; a forma protegida do óleo de linhaça resultou em menor teor (30,76 mg/100 g de músculo) do que o *in natura*; ou seja, o óleo de linhaça protegido foi importante na diminuição dos teores de colesterol da carne bovina. As recomendações de ingestão de colesterol diário nos alimentos para homens não deve ultrapassar 300 mg por dia (CHIZZOLINI et al., 1999).

Além disso, outros aspectos de qualidade como o teor de gordura e a sua composição em ácidos graxos, principalmente, os poli-insaturados, o ácido linoleico conjugado (CLA) e a relação $\omega 6:\omega 3$ também estão em evidências na comercialização da carne bovina.

O teor e a composição da gordura dos alimentos têm sido alvo de preocupação na alimentação humana, uma vez que ácidos graxos saturados são relacionados ao desenvolvimento de doenças do coração e cânceres (WOOD et al., 2003). Assim, alimento saudável tornou-se sinônimo de alimento com baixo teor de gordura. A carne é a principal fonte de proteína consumida pelo homem, pois essa proteína é de alto valor biológico e esse nutriente é vital e essencial, mas é também rica em ácidos graxos saturados. Por isso, novas

estratégias têm sido propostas com o intuito de melhorar a composição em ácidos graxos da carne bovina, tornando-a mais equilibrada do ponto de vista da saúde humana, assim uma das alternativas é realizar o manejo nutricional, visando utilizar ingredientes na dieta dos animais que possam melhorar o perfil de ácidos graxos do produto final. Além do teor de ácidos graxos saturados, os conteúdos de ácido linoleico conjugado (CLA) e de outros ácidos graxos desejáveis, principalmente os poli-insaturados, são de grande interesse para as pesquisas atuais na bovinocultura de corte (MIR et al., 2003, LUDDEN, et al., 2009, OLIVEIRA et al., 2012).

O CLA é uma classe de isômeros do ácido linoleico com comprovada ação anticancerígena, mineralização óssea, modulação do sistema imune, além de efeito potencial na redução da deposição de gordura corporal, da participação de nutrientes com efeitos antidiabetogênicos e do desenvolvimento de aterosclerose (McGUIRE e McGUIRE, 2000). A principal fonte de CLA na dieta humana são os produtos originários de animais ruminantes (BAUMAN et al., 1999), sendo que o CLA encontrado na gordura do leite e na carne de ruminantes tem duas origens: a biohidrogenação parcial do ácido linoleico no rúmen, onde CLA cis-9 trans-11 é formado como intermediário transitório, e a síntese endógena no tecido adiposo e glândula mamária, por meio da ação da enzima delta 9 dessaturase sobre o C18:1 trans-11 (LEITE, 2006).

Barton et al. (2007) avaliaram a influência da inclusão de linhaça extrusada na alimentação de animais Limousin e Charolês sobre a composição em ácidos graxos. Os autores observaram que a inclusão de linhaça na dieta melhorou a composição de ácidos graxos tanto da carne quanto da gordura de cobertura, proporcionando diminuição da concentração de ácido palmítico (C16:0), aumento das concentrações de ácido linolênico (C18:3 n:3) e CLA e diminuição da relação $\omega 6:\omega 3$, além da diminuição dos ácidos graxos saturados totais e aumento de poli-insaturados na gordura subcutânea.

Scollan et al. (2001) estudaram a composição em ácidos graxos da gordura da carne e subcutânea de animais Charolês, alimentados com diferentes fontes de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 (Megalac E , óleo de peixe, linhaça e associação óleo de peixe e linhaça). Os resultados

demonstraram que a dieta que continha apenas a linhaça determinou melhora na composição em ácidos graxos, com a diminuição do C16:0, aumento do C18:3 ω 3 e seus derivados de cadeia longa na gordura da carne e subcutânea. Além disso, foi observada diminuição da relação ω 6: ω 3.

Oliveira et al. (2012) observaram que a inclusão do óleo de linhaça aumentou a quantidade de ácidos graxos da família ω 3 e diminuiu a relação ω 6: ω 3 da carne quando comparado com o óleo de soja, independentemente da proteção. No entanto, quando comparadas as formas protegida ou não do óleo de linhaça, o *in natura* proporcionou uma carne com maiores teores de ácidos ω 3 e uma menor relação ω 6: ω 3.

Diante destas observações, conhecer a forma na qual o óleo de linhaça é utilizado e o período necessários de fornecimento dessa dieta contendo este óleo para que altere a composição em ácidos graxos, são de grande importância para o produtor, para a indústria de ração animal e principalmente para o consumidor, que poderá adquirir uma carne mais equilibrada nutricionalmente.

Ludden et al. (2009), avaliaram a inclusão de óleo de soja na dieta de bovinos durante diferentes períodos antes do abate (0, 77, 137 e 189 dias), não observaram diferenças para o teor de ácido linoleico conjugado e somatória dos ácidos saturados e insaturados. No entanto, foi observado uma diminuição linear dos ácidos graxos monoinsaturados com o aumento dos dias de fornecimento desse óleo. Já Kitessa et al. (2009), estudaram a inclusão de óleo de linhaça protegido da degradação ruminal na dieta durante 0, 3, 6 e 9 semanas antes do abate e obtiveram aumento nos teores de ácidos ω 3 da carne de cordeiros a partir de 3 semanas de fornecimento. Porém, foi necessário um fornecimento durante 9 semanas para que o aumento do teor de ácidos insaturados e consequentemente diminuição de saturados na carne ocorresse.

A proporção recomendada de ácidos graxos poli-insaturados:saturados deve estar acima de 0,45, no entanto, esta relação está por volta de 0,1 na maioria das carnes, e isso tem implicado num consumo desequilibrado de ácidos graxos (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994). Outra relação muito importante é a dos ácidos ω 6: ω 3, que segundo recomendações deve estar

abaixo de 4:1 (WOOD et al., 2003). Além disso, a relação $\omega 6:\omega 3$ também é um fator de risco para o desenvolvimento de câncer e doenças coronárias (ENSER et al., 2001). Por essa razão, uma das formas de melhorar essas relações e torná-las mais próximo do ideal, transformando a carne bovina em um alimento cada vez mais equilibrado, do ponto de vista da saúde humana, seria a incorporação de óleos na dieta dos animais, inclusive o de linhaça, que possuem altas quantidades de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente da família $\omega 3$ e $\omega 6$.

No entanto, de acordo com Ulbritch e Southgate (1991) as relações são mais complexas do que a atual hipótese e propõe-se em particular, que a relação poli-insaturado:saturado como uma medida da influência da dieta para na incidência de doença cardíaca coronária, deve ser substituída pelos índices de aterogenicidade e trombogenicidade. A doença arterial coronariana ocorre na maioria dos casos devido à obstrução das artérias coronárias por aterosclerose ou trombose (ULBRITCH e SOUTHGATE, 1991). Além disso, outra forma de classificar os ácidos graxos em classes, de acordo com o seu suposto efeito no metabolismo do colesterol, seria, segundo Bessa (1999), em hipercolesterolêmicos, neutros e hipocolesterolêmicos. Os ácidos graxos de que ainda não se tem informação suficiente para incluir em uma dessas classes seriam mantidos numa quarta classe chamada de residuais.

4.1 Aspectos qualitativos dos músculos

Além desses atributos da qualidade dos ácidos graxos, a carne bovina é composta por tecidos adiposo, epiteliais, conjuntivo e nervoso, embora o componente principal seja o muscular (JOO et al., 2013). Consequentemente, a variação de qualidade da carne quanto à maciez, coloração, etc., pode ser influenciada pelo tipo e função de cada músculo, uma vez que a quantidade desses tecidos varia entre eles.

Os músculos são formados principalmente por fibras musculares, sendo que essas fibras são caracterizadas morfológicamente por propriedades contráteis e metabólicas. Dentre as características morfológicas o número e área transversal são os principais fatores determinantes da massa muscular. Já

nas propriedades contráteis e metabólicas os músculos são diferenciados pelos tipos de fibras musculares (JOO et al., 2013).

Em geral, de acordo com Gomide, Ramos e Fontes (2013) os músculos são formados por três tipos de fibras: vermelhas, brancas e intermediárias. Essas fibras diferem em suas características metabólicas, estruturais e funcionais. O tipo de fibra predominante na musculatura dos animais têm influência direta sobre as características de qualidade da carne, afetando a textura, força de cisalhamento, coloração, suculência, pH e rendimento de carne (ABERLE et al., 2001), pois estão relacionados a fatores como estado de contração do músculo, degradação das miofibrilas, gordura intramuscular e diâmetro das fibras musculares. Isto afeta direta e indiretamente a maciez da carne (SAINZ, 1996).

Os músculos ricos em fibras musculares vermelhas, possuem contração lenta, caracterizam-se pela alta concentração de mioglobina e lipídios e baixo de glicogênio (HUNT e HEDRICK, 1977). Por conseguinte, seu metabolismo é preferencialmente oxidativo e com baixa produção de ácido láctico, levando-os a apresentar um pH final mais elevado.

Já os músculos constituídos principalmente por fibras musculares brancas, de contração rápida, possuem elevado conteúdo de glicogênio e um metabolismo tipicamente glicolítico, com degradação muito ativa de glicogênio a ácido láctico, promovendo níveis de pH final mais baixo (SAVELL, MUELLER e BAIRD, 2005). Além disso, eles apresentam maior atividade de ATPase e portanto, carne mais macia devido a menor atividade da calpastatina (GEESINK et al., 2006), pois existe correlação negativa entre atividade de calpastatina e atividade de ATPase miofibrilar (GEESINK, 2001).

Os diferentes tipos de músculos do corpo do animal variam em percentual de fibras brancas, vermelhas e intermediárias, de acordo com Kirchofer, Calkins e Gwartney (2002) o músculo *Longissimus dorsi* é classificado como músculo branco e o *Triceps Brachii* como músculo intermediário. Ainda segundo esses autores, músculos que executam longos períodos de atividade física e tem curto período de descanso possuem altas quantidades de fibras vermelhas, sendo que essas necessitam de muito oxigênio para seu metabolismo. Contrariamente, aqueles músculos que

executam movimentos ou contrações rápidas, necessitam de um período de descanso maior. Esses músculos são ricos em fibras brancas, que por dependerem de um metabolismo anaeróbio para obter energia, necessitam de mais glicogênio muscular, possibilitando a obtenção mais rápida de energia e portanto a contração mais rápida que as fibras vermelhas.

Os estudos avaliando a qualidade da carne bovina têm utilizado como padrão o músculo *Longissimus*, que está localizado no quarto traseiro do animal, onde também se encontram os cortes nobres e conseqüentemente de maior valor comercial da carcaça bovina, principalmente para o mercado interno. No entanto, outros músculos de menor valor comercial e localizados no dianteiro dos animais também são importantes na comercialização da carne bovina, principalmente devido às exportações, já que cortes do dianteiro são os preferidos dentre os maiores importadores da carne bovina brasileira, como Rússia e países árabes, tanto na sua forma *in natura* quanto na forma processada ou industrializada. Portanto, para aumentar o valor global da carcaça, faz-se necessário caracterizar estes músculos, desmistificando alguns aspectos negativos, permitindo assim uma comercialização de forma mais eficaz dos cortes cárneos.

Ao avaliar a força de cisalhamento de doze músculos, Torrescano et al. (2003) observaram que esta medida variou entre 2,11 a 6,66 kgf. Os autores também encontraram diferenças na luminosidade (39,7 a 41,2), intensidade de amarelo (12,8 a 15,1) e no pH (5,42 a 5,77) entre esses músculos. Segundo Joo et al. (2013), os valores de pH, capacidade de retenção de água e cor encontrados nos diferentes músculos pode ser decorrente das características das fibras musculares de cada músculo.

A qualidade da gordura e sua composição em ácidos graxos também diferem entre os locais de deposição ao longo da carcaça bovina, sendo que os maiores valores de ácidos monoinsaturados foram encontrados no peito e os maiores teores de ácidos saturados no flanco do animal (*Fraudinha - Obliquus abdominus internus*) (TURK e SMITH, 2009). Segundo esses autores, a indústria poderia utilizar esse conhecimento para aumentar a qualidade nutricional dos produtos cárneos processados, agregando valor a eles.

Quando avaliada a composição em ácidos graxos dos músculos *Longissimus* e *Triceps brachii*, este último obteve um menor teor de ácidos saturados e maior de monoinsaturados, poli-insaturados e ω 3 comparado ao primeiro (RAES et al., 2004). Portanto, qualquer tratamento imposto aos bovinos que modifique a composição em ácidos graxos da carne, pode modificar diferentes músculos de formas distintas, pois a quantidade de tecido conjuntivo, fibras musculares e outros componentes, assim como o metabolismo, variam entre eles.

5. Objetivos

Identificar o tempo necessário antes do abate da inclusão do óleo de linhaça protegido da degradação ruminal na dieta de novilhos Nelore, visando alterar a qualidade da carne.

Comparar as formas *in natura* e protegida do óleo de linhaça para novilhos Nelore em terminação e seus efeitos sobre a qualidade da carne.

Identificar as diferenças entre os músculos *Longissimus* (traseiro) e *Triceps brachii* (dianteiro) quanto aos aspectos químicos e qualitativos, obtidos de novilhos Nelore que receberam óleo de linhaça *in natura* ou protegido.

6. Referências Bibliográficas

- ABERLE, E. D. et al. **Principles of meat science**. 4. ed. New York: Kendall Hunt Publishing Company, 2001. 354 p.
- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE, 2012. Acesso em: <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>. Acessado em: 10 de setembro de 2013.
- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE, 2014. Acesso em: <http://www.abiec.com.br/noticia.asp?id=1015#.Ux85pZWYb4g>. Acessado em: 11 de março de 2014.
- BARTON, L.; MAROUNEK, M.; KUDRNA, V.; BURREN, D.; ZAHŘÁDKOVÁ, R. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. **Meat Science**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 517-523, 2007. Disponível em: <doi: 10.1016/j.meatsci.2007.01.005>.
- BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; GRIINARI, T. M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proceedings of the**

- American Society of Animal Science**, p. 1-14, 1999. Disponível em <http://www.animal-science.org/content/77/E-Suppl/1.32.full.pdf>.
- BESSA, R. J. B. Revalorização nutricional das gorduras dos ruminantes. In: SYMPOSIUM EUROPEO – ALIMENTACIÓN EM EL SIGLO XXI, 1999, Badajoz. **Anais...Badajoz**: Colégio Oficial de Veterinários de Badajoz, p. 283-313, 1999.
- BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. *Revista de Nutrição*.v. 12, n.2, p. 123-130, 1999.
- BRAGAGNOLO, N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, **Anais eletrônicos...** Concórdia. Embrapa Suínos e Aves, 2001. Disponível em:http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_bragagnolo_pt.pdf. Acessado em: 15 dez. 2005.
- CHIZZOLINI, R.; ZANARDI, E.; DORIGONI, V.; GHIDINI, S. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, n. 5-4, p. 119-128, 1999. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00034-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00034-5)>.
- DEPARTMENT OF HEALTH. Report on health and social subjects nº46. **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO: London, 1994. 178 p.
- ENSER, M.; SCOLLAN, N.; GULATI, S.; RICHARDSON, I.; NUTE, G.; WOOD, J. The effects of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. **Proceedings of the 47th International Congress of Meat Science and Technology**, v.1, p.12–13, 2001.
- FELÍCIO, P. E.. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. (CD-ROM).
- GEESINK, G. H.; KUCHAY, S.; CHISHTI, A. H.; KOOHMARAIE, M. Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2834–2840, 2006. Disponível em < doi: 10.2527/jas.2006-122>.
- GEESINK, G. H.; TAYLOR, R. G.; BEKHIT, A. E. D.; BICKERSTAFFE, R. Evidence against the non-enzymatic calcium theory of tenderisation. **Meat Science**, Amsterdam, v. 59, n. 4, p. 417–422, 2001. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00097-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00097-3)>.
- GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne - Fundamentos**. Viçosa: UFV, 2013. 197p.
- GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Viçosa: UFV, 2006. 370p.
- GRAY, J. I., GOMAA, E. A., BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Champaign, v. 43, supl. 1, p. 111-123, 1996. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00059-9](http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(96)00059-9)>.

- GREASER, M. L. Conversion of muscle to meat. In: BECHTEL, P. (Ed.). **Muscle as food**. New York: Academic Press, p. 37-102, 1986.
- GREGORY, N. G. **Animal welfare and meat science**. Cambridge: University Press, 1998. 289p.
- HENDERSON, C. The effect of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 107-112, 1973. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600058378>>.
- HENRIQUE, W. & PIVARO, T.M. O óleo de linhaça na alimentação de bovinos. **Pesquisa & Tecnologia**, v.9, n.2, 2012.
- HUNT, M. C.; HEDRICK. H. B. Profile of fiber types and related properties of five bovine muscles. **Journal of Food Science**, Hoboken, v. 42, n. 2, p. 513-517, 1977.
- JOO, S. T.; KIM, G. D.; HWANG, H. W.; RYU, Y. C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, Champaign, v. 95, n. 4, p. 828-836, 2013. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.044>>.
- KIRCHOFER, K. S.; CALKINS, C. B.; GWARTNEY, B. L. Fiber type composition of muscles of the beef chuck and round. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80 n. 11, p. 2872-2878, 2002.
- KITTESSA, S. M.; WILLIAMS, A.; GULATI, S.; BOGHOSSIAN, V.; REYNOLDS, J.; PEARCE, K. L. Influence of duration of supplementation with ruminally protected linseed oil on the fatty acid composition of feedlot lambs. **Animal Feed Science and technology**, v. 151, n. 3-4, p. 228-239, 2009. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.02.001>>.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.
- LEITE. L. C. **Perfil de ácidos graxos do leite e metabolismo de lipídeos do rúmen de vaca recebendo dietas com alto ou baixo teor de concentrado e óleo de soja e peixe**. 2006. 97 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- LUCHIARI FILHO, A. O aparecimento de carne escura em bovinos. Beef Point, 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br>>. Acesso em 12 de julho de 2010.
- LUDDEN, P. A.; KUCUK, O.; RULE, D. C.; HESS, B. W. Growth and carcass fatty acid composition of beef steers fed soybean oil for increasing duration before slaughter. **Meat Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 185-192, 2009. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.009>>.
- MANTENSE, F. D. G. **Transformação do músculo em carne**. Seminário apresentado a disciplina de bioquímica do tecido animal. Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS, 2002.
- McDOUGALL, D. B. **Colour of meat**. In PEARSON, A. M. & DUTSON, T. R., Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. *Advances in Meat Research Series*, Vol. 9, p. 79-94, 1994.

- McGUIRE, M. A.; McGUIRE, M. K. Conjugated linoleic acid (CLA) a ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, E-suppl, p. 1-8, 2000.
- MIR, P. S.; IVAN, M.; HE, M. L.; PINK, B.; OKINE, E.; GOONEWARDENE, L.; McALLISTER, T. A.; WESELAKE, R. MIR, Z. Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 4, p. 673-685, 2003.
- MOLONEY, A. P.; KENNEDY, C.; NOCI, F.; MONAHAN, F. J.; KERRY, J. P. Lipid and colour stability of *M. longissimus* muscle from lambs fed camelina or linseed as oil or seeds. **Meat Science**, Champaign, v. 92, n.2, p. 1-7, 2012. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.011>>.
- OLIVEIRA, E. A.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, T. M.; ROSA, B. L.; FERNANDES, A. R. M.; ANDRADE, A. T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore Young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 28-35, 2012. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.05.024>>.
- PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. **Metabolismo de lipídeos**. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G.(Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.287-310.
- RAES, K.; HAAK, L.; BALCAEN, A.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D.; DE SMET, S. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-musled Belgian Blue young bulls. **Meat Science**, Champaign, v. 66, p. 307-315, 2004. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00105-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00105-0)>.
- ROÇA, R.O. **Modificações post mortem**, 2000. Disponível em <http://pucrs.campus2.br/~Thompson/roca105.pdf>. Acessado em 12 de janeiro de 2013.
- SAINZ, R.D. Qualidade das carcaças e da carne bovina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 2., 1996, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, 1996.
- SAVELL, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 449-459, 2005.
- SCOLLAN, N. D.; CHOI, N. J.; KURT, E.; FISHER, A. V.; ENSER, M.; WOOD, J. D. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue e in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 85, n. 1, p. 115-124, 2001. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1079/BJN2000223>>.
- TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; GIMÉNEZ, B.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J. A. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Science**, Champaign, v. 64, n. 1, p. 85-91, 2003. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00165-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00165-1)>.
- TURK, S. N.; SMITH, S. B. Carcass fatty acid mapping. **Meat Science**, Champaign, v. 81, n.4, p. 658-663, 2009.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)>.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. Características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 230-238, 2005.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Champaign, v.66, p.21-32, 2003. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)>.

CAPÍTULO 2 - QUALIDADE DA CARNE DE NOVILHOS NELORE ALIMENTADOS COM ÓLEO DE LINHAÇA PROTEGIDO DURANTE DIFERENTES PERÍODOS ANTES DO ABATE OU DESSE ÓLEO NA FORMA *IN NATURA*

Resumo: Objetivou-se avaliar as características físicas e químicas, atividade enzimática e as relações e índices de qualidade dos ácidos graxos no músculo *Longissimus* de 35 novilhos Nelore. Os animais foram confinados e alimentados com óleo de linhaça protegido durante 35, 70 ou 105 dias antes do abate, na forma *in natura* ou sem adição de óleo durante 105 dias. O volumoso utilizado foi silagem de milho (40% da MS) e as dietas com adição de óleo eram isoenergéticas (76% NDT e 6,1% EE). Após 105 dias de confinamento os animais foram abatidos com $522,71 \pm 27,99$ kg. A adição de óleo de linhaça na dieta resultou em maiores ($P < 0,10$) teores de ácidos graxos saturados e hipercolesterolêmicos, índices de trombogenicidade e aterogenicidade, e menor atividade das enzimas $\Delta 9$ dessaturase C16 e C18 do que a carne dos animais que não receberam óleo; por outro lado, aumentou a concentração do ácido linoleico conjugado e ácidos graxos $\omega 3$, reduzindo a relação $\omega 6:\omega 3$. A forma *in natura* do óleo de linhaça repercutiu maiores concentrações dos ácidos linoleico conjugado e linolênico, e diminuiu o mirístico e palmítico, do que o óleo protegido. O aumento do tempo de fornecimento do óleo protegido reduziu ($P < 0,10$) linearmente o teor de colesterol e a relação $\omega 6:\omega 3$, e aumentou os ácidos graxos $\omega 3$ e linoleico conjugado. O óleo de linhaça *in natura* foi mais eficiente do que a forma protegida. Com o maior tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido na dieta de bovinos em terminação há uma melhora gradativa da qualidade nutricional da carne.

Palavras chave: ácidos graxos, atividade enzimática, composição física, composição química, *Bos indicus*, novilhos

1. Introdução

A carne vermelha é condenada por diversos setores da sociedade como a grande vilã da saúde dos seres humanos, por aumentar o teor de colesterol de baixa densidade do sangue, a ocorrência de doenças cardiovasculares e a

incidência de câncer. O comércio mundial da carne bovina e seus derivados responde por mais de 65 milhões de toneladas anualmente, representando uma das fontes mais ricas de proteína, minerais e vitaminas (FAO, 2012).

A carne bovina é também rica em ácidos graxos, inclusive alguns considerados essenciais para o homem (SIMOPOULOS, 2002), sendo que parte deles, especialmente os saturados, tem efeito hipercolesterolêmico. Por isso, a recomendação de que a ingestão desses ácidos seja restrita (BESSA, 1999). A presença de ácidos saturados é devida especialmente à biohidrogenação microbiana que ocorre no rúmen. Mas, outros fenômenos também acontecem no ambiente ruminal, que permitem a síntese de ácidos graxos $\omega 3$ e linoleico conjugado, os quais promovem uma ação protetora para os vasos sanguíneos e o coração, apresentam propriedades anticarcinogênicas (BAUMAN e GRIINARI, 2001), ação redutora do colesterol total e de baixa densidade (BESSA, 1999), e atuam na prevenção e tratamento de um grande número de doenças (VANSCHOONBEEK, MAAT e HEEMSKERK, 2003).

O teor dos ácidos graxos benéficos para a saúde humana na carne bovina pode ser aumentado com o fornecimento de alimentos ricos nesses componentes para os animais (WOOD et al., 2008; CORAZZIN et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012), especialmente próximo ao abate, uma vez que o efeito da alimentação em fases anteriores à terminação, nem sempre perdura até o abate (GILLIS et al., 2004; BESSA et al., 2008).

Dentre os alimentos que podem ser utilizados para essa melhora, o óleo de linhaça que é uma fonte rica em ácidos graxos insaturados, principalmente os da família $\omega 3$ (cerca de 50%) e $\omega 6$ (ao redor de 16%), apresentando uma boa relação entre os mesmos (MARTIN et al., 2006). Há relatos de pessoas que ao incluírem o óleo de linhaça na dieta sofreram efeitos digestivos adversos, além do gosto pouco agradável. Assim, a ingestão indireta dessa rica fonte de ácidos $\omega 3$ pelo consumo de carne bovina é uma excelente alternativa (HENRIQUE e PIVARO, 2012).

Por outro lado, quando os bovinos ingerem óleos vegetais, alguns efeitos deletérios sobre a fermentação ruminal podem ser observados, uma vez que os ácidos graxos insaturados são tóxicos à microbiota ruminal (PALMIQUIST e MATTOS, 2011). A proteção do óleo de linhaça da

degradação ruminal pelo processamento com sais de cálcio pode contornar esses efeitos, apesar de aparentemente reduzir a eficiência da incorporação dos ácidos graxos benéficos na carne, comparado ao óleo *in natura* (OLIVEIRA et al., 2012). A proteção também facilita que o óleo de linhaça seja incorporado ao concentrado nas fábricas de ração, pois, ao se tornar um produto sólido, viabiliza sua mistura com outros ingredientes e facilita a homogeneização.

A ampla divulgação do excelente teor de ácidos graxos ω_3 do óleo de linhaça levou a um crescente aumento nos preços praticados no mercado brasileiro nos anos mais recentes, mesmo aquele não refinado, utilizado para a alimentação animal. Assim, a avaliação do tempo de fornecimento desse óleo para os bovinos de forma que as suas qualidades sejam incorporadas na carne é uma importante ferramenta para reduzir o custo de produção.

Devido à escassez de resultados experimentais na literatura internacional sobre período de fornecimento de óleos vegetais na dieta de bovinos em terminação, objetivou-se avaliar o tempo necessário antes do abate da presença do óleo de linhaça protegido na dieta a fim de alterar a qualidade da carne, além disso, os efeitos das formas *in natura* e protegida do óleo de linhaça também foram comparados.

2. Material e métodos

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos à apreciação da Comissão de Ética no Uso de Animais, do Instituto de Zootecnia, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios e receberam aprovação, segundo o Protocolo nº 133, em 12 de Agosto de 2010.

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, em São José do Rio Preto, SP, Brasil. Foram utilizados 35 machos da raça Nelore, que haviam sido castrados 60 dias antes da sua aquisição, com o uso de castrador modelo burdizo.

Os animais tinham aproximadamente 18 meses de idade e $397,74 \pm 14,07$ kg de peso corporal e foram confinados em baias individuais. O período de adaptação teve duração de 21 dias, sendo que a relação

volumoso:concentrado da dieta foi alterada gradativamente de 100:0 até 60:40, reduzindo-se 20 unidades percentuais do volumoso por semana. Após esse período, os animais foram distribuídos em sete blocos conforme o peso corporal e permaneceram confinados durante 105 dias, de julho a novembro de 2011. Os tratamentos avaliados foram:

- 1) dieta sem adição de óleo (C);
- 2) dieta com adição de óleo de linhaça *in natura* durante os 105 dias do confinamento (OL105);
- 3) dieta com óleo de linhaça protegido fornecido durante os 105 dias (OLiP105) do confinamento;
- 4) dieta com óleo de linhaça protegido fornecido durante os últimos 70 dias (OLiP70) do confinamento;
- 5) dieta com óleo de linhaça protegido fornecido durante os últimos 35 dias (OLiP35) do confinamento.

Os animais dos tratamentos 4 e 5 receberam a mesma dieta do tratamento 1 nos primeiros 35 e 70 dias do confinamento, respectivamente. Todas as dietas foram formuladas a partir de análise bromatológica dos ingredientes, pelo programa RLM® (Esalq/USP, Piracicaba, São Paulo, Brazil), objetivando-se ganhos máximos (Tabela 1).

O óleo de linhaça protegido foi produzido conforme descrito por Oliveira et al. (2012) e misturado ao concentrado na fábrica de ração. Já o óleo de linhaça *in natura* foi adicionado ao concentrado diária e individualmente. Foram fornecidas duas refeições diárias, às 8:00 e às 15:00 h, na forma de ração completa. Os alimentos foram fornecidos permitindo-se uma sobra ao redor de 4% de matéria seca do total consumido no dia anterior e as sobras foram retiradas pelo menos duas vezes por semana.

Tabela 1. Características nutricionais, composição percentual e em ácidos graxos das dietas fornecidas para novilhos Nelore confinados

Ingredientes	Dietas		
	Controle	Óleo de linhaça <i>in natura</i>	Óleo de linhaça protegido
Composição percentual (na MS)			
Silagem de milho	40,0	40,0	40,0
Polpa cítrica	19,0	17,9	15,4
Milho em grão moído	30,6	28,9	29,9
Farelo de soja	6,4	6,0	7,1
Óleo de linhaça <i>in natura</i>	-	3,4	-
Óleo de linhaça protegido	-	-	4,5
Uréia	0,9	0,9	0,9
Núcleo mineral ²	3,1	3,0	2,2
Características Nutricionais			
Matéria seca (%)	67,7	64,6	68,0
Proteína bruta (% MS)	13,0	13,0	13,0
Extrato etéreo (% MS)	2,9	6,1	6,1
Fibra em detergente neutro (% MS)	34,3	32,7	34,6
NDT (% MS) ¹	73,0	76,0	76,0
Composição em ácidos graxos, % do total de ácidos graxos identificados			
C10:0	0,12	0,11	0,10
C12:0	0,12	0,12	0,11
C14:0	0,18	0,18	0,18
C15:0	0,04	0,04	0,04
C16:0	18,75	17,87	17,44
C16:1 cis 9	0,23	0,22	0,20
C17:0	0,15	0,15	0,15
C17:1 cis 10	0,04	0,04	0,04
C18:0	3,19	3,05	5,08
C18:1 cis 9 ω9	31,20	31,06	30,11
C18:1 cis11 ω7	1,11	1,05	1,04
C18:2 cis 9,12 ω6	40,01	39,52	33,32
C18:3 cis 6,9,12 ω6	0,05	0,04	0,18
C18:3 cis 9,12,15 ω3	3,24	4,89	10,40
C 20:0	0,60	0,62	0,51
C20:1 cis 11 ω9	0,26	0,27	0,38
C22:0	0,24	0,26	0,26
C23:0	0,08	0,07	0,07
C24:0	0,40	0,44	0,37
Saturados	23,86	22,90	24,32
Insaturados	76,14	77,10	75,68
Monoinsaturados	32,84	32,64	31,78
Poli-insaturados	43,30	44,45	43,90
ω3	3,24	4,89	10,40
ω6	40,05	39,57	33,50

¹ Valor estimado pelo programa RLM[®](ESALQ/USP);² Núcleo mineral (%) : Cloreto de Na (0,01); Óxido de Mg (0,4); Cloreto de K (0,7); Bicarbonato de Na (0,6); Sulfato de Cu 25 (0,001); Enxofre 70S (0,1); Sulfato de Co 10 (0,0003); Fosfato monocalcário (0,4); Selenito de Na 4,5 (0,0004); Calcita 37 (C= 0,9; OLiP= 0,8; Óleo= 0); Monóxido de Mn 58 (C=0,003; OLiP= 0,002; Óleo= 0,003); Iodato de cálcio 10 (C= 0,001; OLiP= 0,0005; Óleo= 0,001); Óxido de Zn 76 (C=0,002; OLiP=0,002; Óleo=0,003)

Os animais foram pesados no início, a cada 35 dias e no final do período experimental, precedido por jejum completo de 16 horas. Ao final do confinamento, os animais foram abatidos em frigorífico comercial, seguindo os procedimentos padrões (DIPOA, 2007) e apresentaram em média $522,72 \pm 27,99$ kg de peso corporal. Após 24 horas de resfriamento, as carcaças pesaram $299,74 \pm 17,95$ kg, com $76,34 \pm 6,83$ cm² de área de olho de lombo e $7,17 \pm 2,21$ mm de espessura de gordura de cobertura, entre as 12^a e 13^a costelas. Da meia-carcaça esquerda, foi retirado um corte do músculo *Longissimus* (contrafilé) entre a 6^a e a 13^a costelas e foram seccionados bifes de 2,54 cm de espessura.

Após isso, os bifes foram congelados em freezer a -20 °C e posteriormente descongelados em estufa BOD à 10 °C para posteriores análises laboratoriais. Em um dos bifes, foi determinado o pH, com auxílio de peagômetro digital (Testo modelo 230), a capacidade de retenção de água (HAMM, 1986), e a cor da carne e da gordura, como descrito por Houben et al. (2000), utilizando-se um colorímetro portátil Hunterlab. Trinta minutos antes da realização das avaliações de cor, em pontos diferentes da amostra foram realizados cortes transversais ao músculo, para exposição da mioglobina ao oxigênio (TAPP, YANCEY, & APPLE, 2011).

Para análise da perda de peso no cozimento, a carne foi assada em forno elétrico a 175 °C até atingir 71 °C no seu centro geométrico, utilizando-se termopar para essa medida e os pesos dos bifes antes e depois utilizados para os cálculos. Após assados, os bifes foram resfriados durante 24 horas em estufa BOD à 10 °C e foram retirados seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro em cada bife (WHEELER et al, 2002), para determinar a força necessária para cortar transversalmente cada cilindro em texturômetro (Texture Analyzer Brookfield, modelo CT325K), acoplado à lâmina Warner Bratzler de 1,016 mm de espessura. Foi, então, calculada a média de força de corte dos cilindros para representar a força de cisalhamento de cada bife.

Para a análise química da carne, um bife cru foi utilizado para determinação do colágeno total (AOAC, 2005), oxidação lipídica (VYNCKE, 1970) e colesterol. Para esta análise de colesterol, os lipídios totais foram extraídos conforme descrito por Oliveira et al. (2012), e sua concentração determinada por colorimetria, segundo Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1995), em espectrofotômetro (Shimadzu UV-mini 1240), com leitura visível a 538 nm. Amostras liofilizadas foram utilizadas para a determinação da umidade e teores de proteína bruta, extrato etéreo e minerais (AOAC, 1995).

Para determinação da composição em ácidos graxos, um bife sem gordura picado de cada animal foi seco por liofilização e posteriormente moído. A matéria graxa foi extraída com mistura de clorofórmio:metanol:água, mantida, respectivamente a proporção de 1:2:0,8 e os ácidos graxos metilados segundo Bligh e Dyer (1959). As determinações qualitativas dos ácidos graxos foram feitas por meio de cromatografia gasosa em cromatógrafo (Shimadzu, Kyoto, Japão – Model GC-4B with a Communication Bus Module – CBM 102) com detector de ionização de chama (FID), utilizando coluna capilar de sílica fundida (Omegawax 250) de 30 m de comprimento, diâmetro de 0,25 mm e 0,2 μ m de espessura do filme (Supelco SP-2560). O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo ajustado a 1,2 mL/min. Foi injetado 1 μ L de amostra em modo *split*, com razão de divisão 1/21 e temperatura de 250° C. A temperatura do forno foi programada para iniciar em 70° C, permanecendo assim durante 4 minutos, foi então elevada a 170° C a 13° C/minuto, e finalmente para 250° C a 35° C/minuto, por 5 minutos. A temperatura do detector foi de 300°C, e o fluxo dos gases foi de 450, 40 e 45 mL/minuto para o ar sintético, hidrogênio e nitrogênio, respectivamente. A identificação dos ácidos graxos foi feita por comparação entre os tempos de retenção e as concentrações dos ácidos graxos de padrões autênticos Sigma (189-19; 47015-U e 05632-250MG), metilados e eluídos nas mesmas condições. Foram somados os totais de ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, poli-insaturados e calculadas as suas relações; o mesmo foi feito para os ácidos graxos ω 3 e ω 6. Os ácidos graxos também foram classificados de acordo com a funcionalidade em hipocolesterolêmicos, hipercolesterolêmicos, neutros e residuais, conforme descrito por Bessa (1999), e obtidos os índices de trombogenicidade e

aterogenicidade (ULBRICH e SOUTHAGE, 1991). Índices de atividade das enzimas elongase, $\Delta 9$ dessaturase C16 e $\Delta 9$ dessaturase C18 foram calculados, conforme descrito por Malau-Aduli et al. (1997).

Para todos os resultados obtidos, foi testada a normalidade de distribuição dos resultados pelo teste de Cramer-von Mises (SAS, 2001), com 5% de probabilidade, não sendo indicada a transformação de nenhuma das variáveis. Para a análise estatística dos resultados, considerou-se um delineamento em blocos (7 blocos de acordo com o peso corporal dos animais no início do confinamento) ao acaso com cinco tratamentos e sete repetições, pelo procedimento MIXED (SAS, 2002), sendo os blocos considerados efeito aleatório e os tratamentos efeito fixo. As médias foram comparadas pelos seguintes contrastes não ortogonais: controle x óleo de linhaça *in natura* (OL105) + óleo de linhaça protegido durante 105 dias (OLiP105), óleo de linhaça *in natura* 105 dias x óleo de linhaça protegido 105 dias, regressão linear e quadrática do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido, tendo sido considerada como significativa uma probabilidade igual ou menor a 0,10.

3. Resultados

3.1. Características físicas e químicas

Não foram encontradas diferenças entre tratamentos para a maioria das variáveis estudadas relacionadas às características físicas e químicas da carne, exceto para luminosidade e intensidade de amarelo da carne, perdas de água no cozimento, umidade, colesterol e colágeno (Tabela 2).

A luminosidade e a intensidade de amarelo da carne aumentaram com a inclusão do óleo de linhaça quando comparados ao tratamento sem adição de óleo. Também foi observado um efeito quadrático do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido sobre a luminosidade da carne.

Foi observado aumento linear do teor de umidade da carne com o aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido, resultando em diminuição linear das perdas no cozimento. Já para o teor de colágeno houve efeito quadrático com o aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido (Tabela 2).

Tabela 2. Características físicas e químicas do músculo *Longissimus* de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça *in natura* (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate

Variável	Tratamento					Probabilidade – Contrastes não ortogonais				EPaj ¹	
	C	OL105	OLIP35	OLiP70	OLiP105	Cx(OL105+OLiP105)	OL105xOLiP105	OLiPLinear ²	OLiPQuadra ³		
pH	5,48	5,49	5,35	5,38	5,50	0,9066	0,9175	0,1664	0,6489	0,005	
Carne ⁴	L*	37,63	39,92	40,09	37,56	39,37	0,0684	0,6588	0,5638	0,0515	0,863
	a*	16,04	16,55	15,65	16,76	16,57	0,5230	0,9865	0,3289	0,4234	0,649
	b*	13,37	14,19	14,05	13,47	14,11	0,0886	0,8714	0,9111	0,1780	0,365
Gordura ⁴	L*	73,04	73,63	73,23	73,06	74,70	0,3008	0,3951	0,2431	0,4057	1,016
	a*	7,12	5,78	6,01	7,36	7,06	0,4307	0,2136	0,3065	0,3529	0,738
	b*	18,60	16,34	17,37	17,81	17,98	0,1040	0,1083	0,5416	0,8737	0,693
CRA ⁵ , %	70,87	69,17	70,67	67,45	67,78	0,1751	0,4878	0,1561	0,3100	1,399	
Perdas no cozimento, %	29,65	29,44	31,57	28,31	28,73	0,6784	0,6492	0,0791	0,1828	1,092	
FC ⁶ , kgf	5,73	5,54	5,16	4,85	4,92	0,2897	0,2612	0,6518	0,6837	0,389	
Umidade, %	73,28	71,98	72,84	73,10	72,82	0,5760	0,6698	0,0963	0,6042	0,462	
Proteína, %	22,61	22,51	22,36	22,31	22,49	0,4990	0,6259	0,5773	0,8575	0,275	
Extrato etéreo, %	2,99	4,35	3,64	3,45	3,57	0,1917	0,7191	0,2114	0,6794	0,498	
Minerais, %	1,11	1,15	1,16	1,14	1,12	0,8233	0,7206	0,6682	0,6533	0,042	
Colágeno ⁷	0,65	0,60	0,51	0,65	0,58	0,3855	0,9904	0,3400	0,0974	0,063	
Oxidação lipídica ⁸	0,41	0,42	0,43	0,39	0,40	1,0000	0,6759	0,5315	0,5208	0,028	
Coolesterol ⁷	38,46	38,01	44,38	40,65	34,21	0,4754	0,3205	0,0122	0,6808	3,046	

¹Erro padrão ajustado; ²Regressão linear (OLiP linear) ou ³quadrática (OLiP quadra) do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido; ⁴L* - luminosidade, a* - intensidade de vermelho, b* - intensidade de amarelo; ⁵Capacidade de retenção de água; ⁶Força de cisalhamento; ⁷mg/100 g de músculo; ⁸mg malonaldeído/kg músculo

O teor de colesterol foi afetado pelo tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido, com redução linear desse componente no *Longissimus* com o aumento dos dias de fornecimento antes do abate.

3.2. Composição em ácidos graxos

Não foi encontrada diferença entre tratamentos para os ácidos cáprico (C10:0), miristoleico (C14:1), palmitoleico (C16:1), heptadecanoico (C17:0), esteárico (C18:0) e araquídico (C20:0), para todos os contrastes não ortogonais avaliados (Tabela 3).

A presença do óleo de linhaça alterou a composição em ácidos graxos do *Longissimus* em comparação com a dieta sem adição de óleo, modificando a proporção da maioria deles (Tabela 3). Os ácidos graxos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), pentadecanoico (C15:0) e palmítico (C16:0) estavam presentes em menores proporções na carne dos animais que não receberam adição de óleo na dieta dos que na dos que receberam, e maiores teores dos ácidos heptadecenoico (C17:1), oleico (C18:1 ω 9), linoleico (C18:2 ω 6), eicosenoico (C20:1 ω 9), eicosadienoico (C20:2), eicosatrienoico (C20:3 ω 6), araquidônico (C20:4 ω 6), eicosapentaenoico-EPA (C20:5 ω 3), docosatetraenoico-DTA (C22:4 ω 6), docosahexaenoico-DHA (C22:6 ω 3) e nervônico (C24:1 ω 9). Entretanto, a adição de óleo de linhaça *in natura* ou protegido causou um aumento na proporção dos ácidos cis-vacênico (C18:1 ω 7), e γ -linolênico (C18:3 ω 6), em comparação com a carne dos animais que não receberam adição de óleo na dieta.

O óleo de linhaça protegido determinou maiores proporções dos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e γ -linolênico (C18:3 ω 6); e menores de cis-vacênico (C18:1 ω 7), oleico (C18:1 ω 9) e eicosenoico (C20:1 ω 9) quando comparado ao óleo *in natura*, ambos fornecidos por 105 dias antes do abate.

Também foi observado aumento linear dos ácidos graxos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), cis-vacênico (C18:1 ω 7) e γ -linolênico (C18:3 ω 6), e uma redução no heptadecenoico (C17:1), oleico (C18:1 ω 9) e eicosenoico (C20:1 ω 9) no contrafilé de novilhos Nelore com o maior tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido antes do abate.

Para os ácidos α -linolênico (C18:3 ω 3) e linoleico conjugado (C18:2 cis 9 trans 11) foram observadas diferenças entre os contrastes estudados (Tabela 3). O contrafilé dos animais que receberam óleo de linhaça apresentou maiores proporções desses ácidos graxos comparativamente ao tratamento sem adição de óleo. Um aumento linear da concentração desses mesmos ácidos também ocorreu com o maior tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido. Porém, o óleo de linhaça *in natura* oferecido na dieta dos animais produziu maiores porcentagens do ácido linoleico conjugado comparado com esse óleo protegido. Inversamente, o ácido γ -linolênico (C18:3 ω 6) estava em maior porcentagem no *Longissimus* dos animais alimentados com óleo de linhaça protegido do que no daqueles alimentados com óleo *in natura*.

Tabela 3. Composição em ácidos graxos, como porcentagem do total dos ácidos graxos identificados, no músculo *Longissimus* de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça *in natura* (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate

Variável	Tratamento					Probabilidade – Contrastes não ortogonais				EPaj ¹
	C	OL105	OLiP35	OLiP70	OLiP105	Cx(OL105+OLiP105)	OL105xOLiP105	OLiPLinear ²	OLiPQuadra ³	
C10:0	0,050	0,050	0,058	0,064	0,061	0,3849	0,1384	0,7049	0,5131	0,005
C12:0	0,063	0,070	0,080	0,083	0,084	0,0273	0,0530	0,5472	0,9074	0,062
C14:0	2,940	3,620	3,530	3,830	4,110	0,0004	0,0630	0,0372	0,9577	0,185
C14:1 cis 9	0,853	0,949	1,090	0,964	1,016	0,2839	0,6265	0,5905	0,4600	0,096
C15:0	0,254	0,294	0,297	0,319	0,306	0,0129	0,5662	0,6665	0,3237	0,016
C16:0	25,727	26,087	26,550	27,523	27,650	0,0454	0,0195	0,0909	0,4419	0,519
C16:1 cis 9	3,780	3,364	3,920	3,371	3,554	0,2144	0,5192	0,2200	0,1589	0,205
C17:0	0,709	0,743	0,819	0,830	0,784	0,2975	0,4939	0,5707	0,5852	0,042
C17:1 cis 10	0,629	0,564	0,619	0,560	0,540	0,0220	0,5066	0,0392	0,5423	0,025
C18:0	12,309	12,593	12,370	13,526	13,164	0,4731	0,5328	0,3877	0,3416	0,638
C18:1 cis 9 ω9	43,303	41,931	42,209	39,163	39,173	0,0180	0,0372	0,0231	0,1712	0,906
C18:1 cis 11 ω7	2,044	3,860	2,489	3,094	3,364	<,0001	0,0766	0,0033	0,4764	0,194
C18:2 cis 9,12 ω6	3,906	2,724	3,214	3,563	3,250	0,0311	0,2677	0,9392	0,4179	0,329
C18:2 cis 9 trans 11	0,489	1,149	0,647	0,724	0,829	<,0001	<,0001	0,0143	0,8215	0,048
C18:3 cis 6,9,12 ω6	0,098	0,121	0,139	0,207	0,256	0,0002	0,0001	0,0014	0,3362	0,204
C18:3 cis 9,12,15 ω3	0,314	0,610	0,363	0,517	0,543	<,0001	0,1841	0,0012	0,1436	0,038
C20:0	0,103	0,111	0,113	0,113	0,103	0,6944	0,4975	0,4295	0,6468	0,008
C20:1 cis 11 ω9	0,200	0,196	0,181	0,156	0,140	0,0650	0,0368	0,0468	0,7737	0,019
C20:2 cis 11,14	0,050	0,033	0,044	0,046	0,036	0,0035	0,6150	0,1394	0,2507	0,004
C20:3 cis 11,14,17 ω6	0,367	0,139	0,211	0,201	0,146	0,0002	0,8042	0,1064	0,7578	0,035
C20:4 cis 5,8,11,14 ω6	1,057	0,414	0,669	0,649	0,486	0,0017	0,5913	0,2658	0,7719	0,118
C20:5 cis 5,8,11,14,17 ω3	0,160	0,097	0,091	0,100	0,094	0,0204	0,9246	0,9246	0,7849	0,021
C22:4 cis 7,10,13,16 ω6	0,134	0,061	0,074	0,080	0,064	0,0060	0,7084	0,3959	0,4953	0,020
C22:6 cis 4,7,10,13,16,19 ω3	0,033	0,017	0,021	0,023	0,010	0,0093	0,3730	0,1593	0,3049	0,005
C24:1 cis 15 ω9	0,424	0,204	0,264	0,290	0,232	0,0058	0,7186	0,6919	0,5473	0,055

¹Erro padrão ajustado; ²Regressão linear (OLiP linear) ou ³quadrática (OLiP quadra) do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido

3.3. Classificação e relações entre ácidos graxos

Não foram encontradas diferenças entre tratamentos para a somatória dos ácidos graxos poli-insaturados, em todos os contrastes não ortogonais estudados (Tabela 4).

A somatória dos ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, $\omega 6$ e $\omega 3$ foi diferente em pelo menos um dos contrastes avaliados (Tabela 4). A carne dos animais que não receberam adição de óleo teve menor porcentagem de ácidos saturados e da família $\omega 3$ do que a dos tratamentos com adição de óleo protegido ou *in natura*, e maiores porcentagens de ácidos insaturados, monoinsaturados e da família $\omega 6$.

Em comparação ao óleo de linhaça protegido, a adição desse óleo *in natura* determinou menores porcentagens de ácidos graxos saturados e maiores de insaturados e monoinsaturados na carne. Houve aumento linear dos ácidos graxos saturados e da família $\omega 3$ no *Longissimus*, observado com o maior tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido para os animais; e redução, também linear, dos insaturados. Já para os ácidos graxos monoinsaturados, o tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido apresentou efeito quadrático no seu percentual.

O tratamento sem adição de óleo na dieta determinou uma carne com maiores relações entre os ácidos graxos insaturados:saturados, monoinsaturados:saturados, poli-insaturados:saturados e $\omega 6:\omega 3$, comparado aos tratamentos com adição de óleo de linhaça. Quando comparadas as formas de proteção do óleo de linhaça, o *in natura*, proporcionou melhores relações entre os ácidos graxos insaturados:saturados, monoinsaturados:saturados e $\omega 6:\omega 3$. O aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido resultou em diminuição linear das relações insaturados:saturados, monoinsaturados:saturados e $\omega 6:\omega 3$.

Tabela 4. Somatória, relações e índice qualitativos dos ácidos graxos e atividade das enzimas no músculo *Longissimus* de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça *in natura* (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate

Variável	Tratamento					Probabilidade – Contrastes não ortogonais				EPaj ¹
	C	OL105	OLiP35	OLiP70	OLiP105	Cx(OL105+OLiP105)	OL105xOLiP105	OLiPLinear ²	OLiPQuadra ³	
Classificação dos ácidos graxos, %										
Saturados	42,16	43,57	43,82	46,29	46,27	0,0132	0,0325	0,0506	0,2373	0,862
Insaturados	57,84	56,43	56,24	53,71	53,73	0,0118	0,0308	0,0419	0,2271	0,873
Monoinsaturados	51,23	51,07	50,77	47,60	48,02	0,0976	0,0126	0,0228	0,0789	0,799
Poli-insaturados	6,61	5,36	5,47	6,11	5,71	0,1033	0,6383	0,7464	0,4215	0,517
ω6	5,56	3,46	4,31	4,70	4,20	0,0073	0,2876	0,8781	0,4576	0,485
ω3	0,51	0,72	0,47	0,64	0,65	0,0194	0,3578	0,0480	0,2811	0,060
Relações entre ácidos graxos										
Insaturados:Saturados	1,37	1,31	1,29	1,16	1,16	0,0099	0,0275	0,0390	0,2296	0,047
Monoinsaturados:Saturados	1,22	1,18	1,16	1,03	1,04	0,0218	0,0131	0,0229	0,1183	0,048
Poli-insaturados:Saturados	0,16	0,12	0,13	0,13	0,12	0,0531	0,9396	0,8975	0,6654	0,013
ω6:ω3	10,91	4,77	9,12	7,32	6,53	<,0001	<,0001	<,0001	0,1921	0,272
Índices de qualidade dos ácidos graxos, %										
Hipercolestêrolemicos ⁴	33,37	34,09	35,17	35,77	36,42	0,0628	0,0474	0,2742	0,9848	0,837
Hipocolestêrolemicos ⁵	49,37	46,11	46,99	44,50	44,02	0,0002	0,0820	0,0148	0,3337	0,900
Neutros ⁶	12,36	12,64	12,43	13,59	13,22	0,4685	0,5245	0,3858	0,3387	0,638
Residuais ⁷	4,90	7,15	5,47	6,13	6,33	<,0001	0,0138	0,0101	0,4023	0,225
Trombogenicidade ⁸	1,37	1,44	1,47	1,59	1,60	0,0253	0,0358	0,0823	0,3388	0,053
Aterogenicidade ⁹	0,77	0,83	0,82	0,82	0,85	0,0020	0,3602	0,2860	0,4047	0,017
Atividade enzimática, %										
Δ9 Dessaturase C16 ¹⁰	12,79	11,43	12,80	10,87	11,39	0,0589	0,9584	0,0926	0,0911	0,567
Δ9 Dessaturase C18 ¹¹	77,93	76,86	77,40	74,35	74,86	0,0964	0,1623	0,0794	0,1527	0,981
Elongase ¹²	65,28	64,92	64,10	63,03	62,64	0,1695	0,0740	0,2423	0,7529	0,903

¹ Erro padrão ajustado; ²Regressão linear (OLiP linear) ou ³quadrática (OLiP quadra) do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido;

⁴Hipercolestêrolemicos(C12:0+C14:0+C14:1+C16:0+C16:1); ⁵Hipocolestêrolemicos(C18:1ω9+C18:2ω6+C18:2c9t11+C18:3ω6+C18:3ω3+C20:3ω6+C20:4ω6+C20:5ω3+C22:4ω6+C22:6ω6); ⁶Neutros(C10:0+C18:0); ⁷Residuais(C15:0+C17:0+C17:1+C18:1ω7+C20:2ω9+C20:2+C24:1ω9); ⁸Trombogenicidade = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/{(0,5 x ΣAGMI) + (0,5 x Σω6) + (3 x Σω3) + (Σω3/Σω6)};

⁹Aterogenicidade = {(C12:0 + (4 x C14:0) + C16:0)/(ΣAGMI + Σω6 + Σω3)}; ¹⁰Δ9 Dessaturase C:16 = 100 x (16:1 cis 9/16:0+16:1 cis 9); ¹¹Δ9 Dessaturase C:18 = 100 x (18:1 cis 9/18:0+18:1 cis 9);

¹²Elongase = 100 x (C18:0 + C18:1 cis 9)/(C16:0 + C16:1 cis 9 + C18:0 + C18:1 cis 9);

3.4. Índices de qualidade dos ácidos graxos e atividade enzimática

Apenas para o total de ácidos graxos neutros não foram observadas diferenças entre tratamentos, para os demais índices qualitativos foram encontradas diferenças em pelo menos um dos contrastes avaliados (Tabela 4). O tratamento controle diferiu dos demais para todos os índices, determinando uma carne de melhor qualidade do que aquela obtida com o fornecimento do óleo de linhaça para os animais.

Na comparação entre as formas do óleo de linhaça, o *in natura* mostrou menor índice de hipercolesterolêmicos e trombogenicidade, e maior de ácidos graxos residuais e do índice de hipocolesterolêmicos do que o óleo protegido.

Para os dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido foi observado uma diminuição linear para a somatória dos ácidos graxos hipocolesterolêmico com o tempo mais longo de fornecimento do óleo de linhaça protegido; por outro lado, esse maior tempo resultou em um aumento linear dos ácidos graxos residuais e do índice de trombogenicidade.

Foram observadas diferenças entre tratamentos para a atividade das enzimas $\Delta 9$ dessaturases C16:0 e C18:0 e elongase. A carne dos animais que não receberam óleo em sua dieta apresentou uma maior atividade das enzimas dessaturases. Além disso, foi observada uma redução da atividade da enzima elongase com a adição do óleo *in natura* comparado ao óleo protegido. O aumento do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido também afetou negativamente a atividade da $\Delta 9$ dessaturase C18:0. Um efeito quadrático do aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido foi observado para a enzima $\Delta 9$ dessaturase C16:0.

4. Discussão

4.1 Dietas com e sem adição de óleo de linhaça

A maior intensidade de amarelo observada com a adição de óleo de linhaça (Tabela 2) pode estar relacionada com a presença de pigmentos carotenóides e tocoferóis no óleo (NOVELLO e POLLONIO, 2011) e que foram depositados na carne. Os fatores que mais influenciam a cor da carne, principalmente a luminosidade, são: pH, alimentação e idade dos animais. As

diferenças de pH da carne normalmente estão associadas ao manejo pré-abate e condições sexuais. Como os valores de pH obtidos no presente estudo foram em média 5,48 (Tabela 2), considerados normais para a carne bovina, segundo Abularach et al. (1998), a maior luminosidade encontrada com a adição de óleo é decorrente da adição de óleo na alimentação dos animais.

Além disso, de acordo com Roça (2001), a capacidade de retenção de água também é afetada pelo pH da carne, sendo menor em pH de 5,2 a 5,3, ou seja, no ponto isoelétrico da maior parte das proteínas musculares, quando elas não têm capacidade de atrair água. Como no presente trabalho não foram encontradas diferenças de pH da carne entre tratamentos (Tabela 2), realmente não seriam esperadas diferenças na capacidade de retenção de água. Uma menor capacidade implicaria em perdas do valor nutritivo pelo exudato liberado, resultando em carne mais seca e com menor maciez (ZEOLA et al., 2007). Ainda, segundo Lawrie (2004), a aparência da carne antes e durante o cozimento e a suculência durante a mastigação também são afetadas pela capacidade de retenção de água.

Podemos classificar a carne do presente estudo como moderadamente macia (5,24 kgf) (BOLEMAN et al. 1997), sendo que esta classificação está relacionada aos animais utilizados, uma vez que, segundo Shackelford et al. (1991), zebuínos apresentam um aumento da atividade de calpastatina 24 horas *post mortem*. A não diferença da força de cisalhamento do presente estudo pode ser devido a idade e cobertura de gordura padronizadas (7 mm) dos animais.

O teor de extrato etéreo é o componente mais variável na carne bovina e, em concentração aumentada, leva à diminuição das proporções de umidade, proteína e minerais (LAWRIE, 2004). No entanto, a adição de óleo de linhaça no presente estudo não foi suficiente para alterar nenhum dos aspectos relacionados à composição centesimal do músculo *Longissimus* (Tabela 2).

Assim como no presente estudo, Kuss et al. (2010) também não observaram diferenças no teor de colágeno no músculo *Longissimus* de bovinos castrados sendo que o valor encontrado foi de 0,16 mg/100 g. De acordo com Archile-Contreras et al. (2010), além da idade, o desempenho e o manejo dos animais são fatores que desempenham papel importante sobre o

teor de colágeno e textura da carne bovina, no entanto, os resultados são diversos e contraditórios.

Segundo Nishimura (2010), a relação entre quantidade de colágeno e maciez da carne ainda não está bem esclarecida, e tem-se utilizado a combinação da avaliação sensorial e testes mecânicos, objetivando conhecer essa relação. Tanto que Wood et al. (2008) comentaram que o teor de lipídios totais no músculo está mais relacionado à suculência da carne do que à maciez. Já Koohmaraie (1992) atribuiu apenas 15% da variabilidade na maciez da carne bovina às diferenças em marmoreio e colágeno, e a maior parte dos 85% restantes, às variações nas alterações *post mortem*, ou seja, no processo enzimático que leva ao amaciamento da carne. No presente estudo, não foram encontradas diferenças entre tratamentos para a força de cisalhamento e o coeficiente de correlação entre essa medida e o colágeno foi de -0,15.

O limite máximo aceitável para a oxidação lipídica é de 2 mg malonaldeído/kg, pois acima disso, a carne apresenta rancidez e sabores anormais, tornando-a inaceitável para consumo (CAMPO et al., 2006). No presente estudo, foi observado uma oxidação média de 0,41 mg malonaldeído/kg de músculo (Tabela 2), ou seja dentro dos padrões aceitáveis.

As menores concentrações dos ácidos saturados C12:0, C14:0, C15:0 e C16:0 encontradas na carne dos animais que não receberam óleo em sua dieta (Tabela 3), podem estar relacionadas com a síntese de novo dos ácidos graxos nos tecidos, pois a maioria desses ácidos se originam a partir desse tipo de síntese, já que as porcentagens desses nos alimentos são mínimas, exceto para o palmítico (LUDDEN et al., 2009). A diferença observada para o ácido palmítico no presente trabalho provavelmente está relacionada com a menor atividade da enzima $\Delta 9$ dessaturase C16.

É possível que a diminuição dos ácidos EPA, DTA e DHA, encontrada no presente trabalho com o uso do óleo de linhaça na dieta, é devida a diminuição da atividade das enzimas elongase, $\Delta 5$ e $\Delta 6$ dessaturases no tecido muscular, que são responsáveis pela sintetização desses ácidos, no entanto, a ação da enzima elongase não foi significativa ($P=0,1695$), porém esta foi obtida por meio de cálculos e pode não demonstrar a sua real atividade, além disso, as $\Delta 5$ e $\Delta 6$ dessaturases não foram avaliadas. Wood et al. (2008) afirmaram

que o músculo bovino contém proporções significativas de ácidos graxos de cadeia longa de 20 a 22 carbonos, os quais são formados a partir dos ácidos C18:2 ω 6 e C18:3 ω 3 pela ação dessas enzimas. A diminuição de ácidos graxos insaturados importantes e de cadeia longa (C18:1 ω 9, C22:5 ω 3 e C22:6 ω 3) na carne de cordeiros também foram observados por Kitessa et al. (2009) com a inclusão de óleo de linhaça protegido na dieta.

O ácido linoleico conjugado é de grande importância para a saúde humana pelos seus efeitos anticarcinogênico, antiaterogênico, antidiabetogênico (tipo II) e imuno-modulador (BAUMAN e GRINARI, 2001). No presente estudo, a inclusão do óleo de linhaça protegido durante os 105 dias de confinamento aumentou em 69% a quantidade desse ácido no *Longissimus*; mas, o óleo de linhaça *in natura* foi mais eficiente, pois aumentou em 134% essa quantidade, ambos em comparação ao tratamento sem adição de óleo (Tabela 3).

Na somatória dos ácidos graxos, uma menor concentração de saturados e conseqüentemente maior de insaturados no *Longissimus* dos animais do tratamento sem adição de óleo (Tabela 4) pode ser explicada pela maior atividade das enzimas Δ 9 dessaturase C16 e Δ 9 dessaturase C18. Essas enzimas adicionam uma dupla ligação no carbono 9 dos ácidos graxos C16:0 e C18:0, respectivamente, transformando-os em C16:1 e C18:1. Ludden et al. (2009), avaliando a adição de óleo de soja *in natura* na dieta de novilhos em diferentes períodos antes do abate, também observaram uma diminuição da atividade da enzima Δ 9 dessaturase à medida que o óleo foi adicionado na dieta por mais tempo, proporcionando uma redução dos ácidos monoinsaturados na carne, apesar dos ácidos graxos saturados não terem sido alterados. Chen et al. (2010) também observaram que dietas que continham óleo proporcionaram uma redução em 50% da atividade da enzima Δ 9 dessaturase no *Longissimus*, quando avaliaram a adição de óleo de milho, óleo de milho + vitamina E e uma dieta controle, na terminação de ovinos. Assim, toda vez que se oferece ao animal uma dieta rica em algum tipo de ácido graxo, nem sempre a deposição deste ácido na carne ocorre de forma proporcional à composição da dieta ingerida, uma vez que a atividade

enzimática no tecido é alterada; o organismo animal busca o equilíbrio e a atividade de diversas enzimas nos tecidos é afetada pela qualidade da dieta.

As menores relações entre os ácidos graxos insaturados:saturados, monoinsaturados:saturados e poli-insaturados:saturados podem ser consideradas negativas para a qualidade da carne com a inclusão de óleo de linhaça na dieta dos animais (Tabela 4), e não seria esperado, mas é decorrente do discutido anteriormente, já que essas relações dependem da somatória dos ácidos graxos.

Em contrapartida, a introdução do óleo de linhaça na dieta dos bovinos trouxe um benefício para a qualidade da carne, pois determinou uma redução acentuada da relação $\omega 6:\omega 3$ (Tabela 4). Segundo Simopoulos (2002), os ácidos graxos $\omega 3$ e $\omega 6$ são essenciais para os seres humanos, pois, como todos os mamíferos, não podem sintetizá-los. Quantidades excessivas de $\omega 6$ e uma proporção muito elevada da relação $\omega 6:\omega 3$, como é encontrada nas dietas ocidentais atualmente, pode promover o aparecimento de muitas doenças, incluindo cardiovasculares, câncer, doenças inflamatórias e autoimunes. Apesar da carne ser apenas um dos ingredientes da dieta dos seres humanos, ela pesa consideravelmente na dieta ocidental e o aumento dos teores de ácidos graxos polinsaturados $\omega 3$ e um estreitamento dessa relação $\omega 6:\omega 3$ exercem efeitos positivos na prevenção secundária de doenças cardiovasculares. Uma proporção de 4:1 foi associada a uma redução de 70% na mortalidade total, ao passo que, 2,5:1 reduziu a proliferação celular em pacientes com câncer colorretal (SIMOPOULOS, 2002).

Os resultados da somatória dos ácidos graxos saturados e insaturados com o uso do óleo de linhaça *in natura* ou protegido (Tabela 4) não eram esperados, pois esses efeitos determinam uma carne pior para a saúde humana. Mas, por outro lado, esse ingrediente na dieta dos animais determinou aumento dos ácidos graxos da família $\omega 3$ e do ácido linoleico conjugado, o que colabora para que a carne bovina seja considerada como alimento funcional.

A menor quantidade de ácidos hipercolesterolêmicos, maior de hipocolesterolêmicos e os menores índices de trobogenicidade e aterogenicidade no tratamento sem adição de óleo (Tabela 3) foi decorrente da maior quantidade de ácidos insaturados com função hipocolesterolêmica e

menor de saturados com função hipercolesterolêmica, respectivamente. Para a carne bovina, o ideal seria que o índice de trombogenicidade estivesse abaixo de 1,27, e o aterogenicidade de 0,72 (ULBRICHT e SOUTHGATE, 1991); sendo que os valores observados no presente estudo para todos os tratamentos não se enquadraram dentro destes limites recomendados(Tabela 4).

Portanto, fica evidente que os resultados encontrados decorrentes da adição do óleo de linhaça estão relacionados a interferência da sua composição em ácidos graxos sobre a atividade das enzimas no tecido muscular, responsáveis pela deposição desses ácidos na carne.

4.2 Formas do óleo de linhaça

Os maiores teores dos ácidos saturados C12:0, C14:0 e C16:0 na carne dos animais que receberam o óleo protegido (Tabela 3), também foi observado por Ladeira et al. (2014), quando avaliaram a inclusão de grãos de soja e Megalac-E na dieta de bovinos. Ainda, de acordo com Bessa (1999), os ácidos C14:0 e C16:0 estão associados ao aumento do colesterol plasmático e, portanto é um fator de risco para doenças cardíacas para os seres humanos. Diferentemente deste trabalho, Fiorentini et al. (2012) não observaram diferenças para nenhum dos ácidos graxos saturados avaliados no *Longissimus*, quando compararam a adição de óleo de soja protegido ou não da degradação ruminal na terminação de fêmeas cruzadas.

O maior teor do ácido C18:3 ω 6 encontrado na carne dos animais que receberam óleo de linhaça protegido (Tabela 3) se deve principalmente à diminuição da biohidrogenação ruminal, devido a proteção desse óleo e também às maiores quantidades presentes desse ácido na dieta dos animais que receberam o óleo protegido (Tabela 1). Entretanto as maiores concentrações do ácido C18:3 ω 3 na carne dos animais que receberam óleo de linhaça *in natura* não foi decorrente da dieta, pois as concentrações desse ácido encontrado na análise da dieta com óleo protegido foram muito superiores ao óleo *in natura*, o que não era esperado, no entanto, pode ter ocorrido um erro de amostragem do concentrado com óleo protegido enviado para análise, sendo assim as diferenças de concentrações desse ácido na

carne dos animais se deve principalmente a forma que esse óleo foi oferecido aos animais, ou seja, protegido ou não.

O óleo de linhaça *in natura* determinou um teor de ácido linoleico conjugado 38% maior do que com esse óleo na forma protegida (Tabela 3). Essa diferença se deve principalmente pela maior biohidrogenação do ácido linoleico do tratamento contendo óleo de linhaça *in natura*, já que o ácido linoleico conjugado é resultado da biohidrogenação incompleta do ácido linoleico no rúmen (HARFOOT & HAZLEWOOD, 1997).

A adição de óleo *in natura* proporcionou maiores quantidades de ácidos graxos insaturados e monoinsaturados e conseqüentemente menores de saturados (Tabela 4). Isto também favoreceu melhores relações de somatória desses ácidos com o óleo *in natura*. Essa diferença da fonte lipídica pode estar relacionada com a atividade da enzima elongase, que foi maior na carne dos animais que receberam o óleo *in natura*.

A relação poli-insaturados:saturados ficou abaixo do preconizado pelo departamento de saúde britânico (DEPARTMENT OF HEALTH, 1994) que é de 0,45. No entanto, a relação $\omega 6:\omega 3$ chegou próximo ao preconizado pelo mesmo departamento, que é de 4:1, sendo que a carne dos animais que receberam óleo de linhaça *in natura* foi a que mais se aproximou (Tabela 4). Esses resultados se refletiram nos aspectos qualitativos da carne bovina para os seres humanos, ou seja, a adição do óleo de linhaça *in natura* trouxe melhores resultados em termos de qualidade do que esse óleo na forma protegida, confirmando os resultados obtidos por Oliveira et al. (2012), ao compararem o óleo de linhaça e de soja, nas forma *in natura* ou protegida.

4.3 Tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido

A diminuição das perdas totais no cozimento e o aumento da umidade da carne (Tabela 2), com o aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido é muito importante, pois esses atributos estão diretamente relacionados com a suculência da carne, após o preparo. Além disso, o aumento do exudato após o preparo contribui para as perdas de micronutrientes, reduzindo assim, a qualidade nutricional do produto final (OILLIC et al., 2011).

A diminuição do colesterol com o aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça (Tabela 2) pode estar relacionado com as maiores quantidades de ácidos graxos com funções hipocolesterolêmicas e conseqüentemente menor de saturados com efeito hipercolesterolêmicos presentes na dieta desses animais, que de alguma forma alterou a produção e deposição do colesterol na carne. Os teores de colesterol ficaram abaixo do considerado normal para a carne bovina, que segundo Bragagnolo (2001) é de 50 mg/100 g de carne, mostrando um aspecto benéfico para a saúde humana.

O aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido aumentou a concentração dos ácidos saturados C14:0 e C16:0 (Tabela 3), que são considerados prejudiciais a saúde humana seus terem efeitos hipercolesterolêmicos. Entretanto, também houve aumento dos ácidos C18:1 ω 7 e C18:3 ω 6, sendo esse último considerado essencial para os seres humanos. A diminuição do ácido oleico se deve principalmente à diminuição da biohidrogenação ruminal do ácido linoleico pelos micro-organismos, ou por essa biohidrogenação ter sido incompleta devido a proteção desse óleo, sendo também observado aumento do ácido linoleico conjugado, formado por meio da biohidrogenação incompleta do ácido linoleico (HARFOOT e HAZLEWOOD, 1997). O ácido linoleico conjugado também pode ser formado pela dessaturação dos ácidos nos tecidos pela atuação da enzima Δ 9 dessaturase; no entanto, no presente estudo, houve uma diminuição da atividade dessa enzima, ou seja, provavelmente esse ácido foi formado mesmo pela biohidrogenação incompleta no rúmen. Assim, os dias de fornecimento do óleo de linhaça afetaram de alguma forma o metabolismo de lipídeos nos bovinos, provavelmente alterando a quantidade e a qualidade de ácidos graxos absorvidos no intestino e, conseqüentemente, a atividade enzimática nos tecidos. Tanto que Kitessa et al. (2009) também observaram diminuição do ácido oleico no *Longissimus* de cordeiros confinados com o maior tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido.

O aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido foi capaz de enriquecer a carne bovina com ácidos graxos importantes do ponto de vista da saúde humana, como o C18:2 cis 9 trans 11 e C18:3 ω 3 (Tabela 3).

O aumento dos teores de ácidos saturados e consequente diminuição dos insaturados (Tabela 4) foi um efeito negativo do aumento dos dias de fornecimento do óleo de linhaça protegido, e isso se refletiu em menores relações desses ácidos e tornou a carne dos animais com piores índices qualitativos dos ácidos graxos. Essa diminuição pode estar relacionada com a diminuição da atividade das enzimas $\Delta 9$ dessaturase C16:0 e C18:0.

O efeito acumulativo dos ácidos $\omega 3$ na carne se mostrou claramente com o maior tempo de oferta desse óleo na forma protegida antes do abate para os animais (Tabela 4). Efeito esse também observado por Kitessa et al. (2009), avaliando a inclusão do óleo de linhaça protegido durante 3, 6 e 9 semanas antes do abate de ovinos. O acúmulo desses ácidos na carne bovina se deve principalmente pela proteção da biohidrogenação do óleo de linhaça (WOOD et al., 2008). Esse acúmulo de ácidos da família $\omega 3$ determinou uma menor relação $\omega 6:\omega 3$, tornando a carne desses animais, mais equilibrada do ponto de vista da saúde humana.

Ficou evidente neste estudo que os bovinos modificaram a composição em ácidos graxos da carne com a introdução na dieta do óleo de linhaça protegido a partir dos 35 dias antes do abate. O óleo de linhaça protegido pode ser facilmente utilizado na indústria de ração animal, pois permite que seja adequadamente misturado com os demais ingredientes do concentrado ou do suplemento, sem a necessidade de adaptação de novos equipamentos. Será possível assim obter carne bovina de melhor qualidade, podendo ser classificada como alimento funcional, pois traz benefícios para a saúde humana. Essa carne também poderá ser produzida sem que os custos sejam excessivamente elevados, pois é possível fornecer o óleo de linhaça protegido por menor tempo para bovinos em terminação.

De acordo com Lopes et al. (2012), a carne é apenas um dos ingredientes da dieta humana e seu conteúdo de triglicerídeos não deve ser levado em consideração isoladamente mas, sim, o conteúdo total de lipídios na dieta consumida. Segundo esses autores, o consumo de carne bovina deve ser incentivado, uma vez que contém ácidos graxos benéficos à saúde humana, como o ácido oleico e o linoleico conjugado, sendo este último encontrado apenas em produtos de origem animal, exclusivamente de ruminantes.

O desenvolvimento de estudos sobre metabolismo ruminal e intestinal com bovinos submetidos a tratamentos similares aos adotados neste estudo possibilitariam o entendimento minucioso de modificações que ocorreram com o aumento do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido e sua comparação com o mesmo óleo na forma *in natura*. Neste sentido, estudos futuros serão relevantes na consolidação da contribuição alcançada com os resultados do presente estudo.

5. Conclusões

Acrescentar na dieta de novilhos Nelore óleo de linhaça durante 105 dias antes do abate é benéfico para obtenção de uma carne mais equilibrada do ponto de vista da saúde humana, pois reduz a relação entre os ácidos graxos $\omega 6:\omega 3$ e aumenta a concentração linoleico conjugado, mesmo considerando-se que esta adição afetou a concentração de ácidos graxos saturados e piorou alguns índices de qualidade dos ácidos graxos.

O óleo de linhaça *in natura* demonstrou maior eficiência que esse mesmo óleo na forma protegida, pois produziu carnes com melhor composição em ácidos graxos.

O fornecimento antes do abate de óleo de linhaça protegido da degradação ruminal de 35 até 105 dias antes do abate de novilhos Nelore é benéfico para obtenção de carne bovina de melhor qualidade, apesar de alguns índices de qualidade dos ácidos graxos terem piorado. Quanto maior o tempo de fornecimento dentro deste intervalo, melhor é a qualidade dessa carne.

Agradecimentos

Ao Frigorífico Fribordogue Ltda., de Bariri, SP, por permitir gentilmente o registro e a coleta de muitas informações.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e Bellman Nutrição Animal- Ltda, pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências bibliográficas

- ABULARACH, M. L.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contra-filé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000200012> >.
- ARCHILE-CONTRERAS, A. C.; MANDELL, I. B.; PURSLOW, P. P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 491-497, 2010. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2010.05.041 >.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, DC: 1995. 1011p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**, 18.ed. Washington, DC, 2005. 3.000p.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: lowfat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v. 70, n. 1-2, p. 15-29, 2001. Disponível em [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00195-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00195-6).
- BESSA, R. J. B. Revalorização nutricional das gorduras dos ruminantes. In: SYMPOSIUM EUROPEO – ALIMENTACIÓN EM EL SIGLO XXI, 1999, Badajoz. **Anais...Badajoz: Colégio Oficial de Veterinários de Badajoz**, p. 283-313, 1999.
- BESSA, R. J. B.; LOURENÇO, M.; PORTUGAL, P. V.; SANTOS-SILVA, J. Effects of previous diet and duration of soybean oil supplementation of light lambs carcass composition, meat quality and fatty acid composition. **Meat Science**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 1100-1105, 2008. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2008.05.001.>.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOLEMAN, S. J.; BOLEMAN, S. L.; MILLER, R. K.; TAYLOR, J. F.; CROSS, H. R.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAOE, M.; SHACKELFORD, S. D.; MILLER, M. F.; WEST, R. L.; JOHNSON, D. D.; SAVELL, J. W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1521-1524, 1997.
- BRAGAGNOLO, N. **Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. Disponível em:http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais01cv2_bragagnolo_pt.pdf. Acesso em: 15 dez. 2005.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 11-17, 1995.

- CAMPO, M. M.; NUTE, G. R.; HUGHES, S. I.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 303-311, 2006. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>>.
- CHEN, X. J.; MAO, H. L.; MA, X. M.; LIU, J. X. Effects of dietary corn oil and vitamin E supplementation on fatty acid profiles and expression of acetyl CoA carboxylase and stearoyl-CoA desaturase gene in Hu sheep. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 81, n. 2, p. 165-172, 2010. Disponível em <doi: 10.1111/j.1740-0929.2009.00731.x>.
- CORAZZIN, M.; BOVOLENTA, S.; SEPULCRI, A.; PIASENTIER, E. Effect of whole linseed addition on meat production and quality of Italian Simmental and Holstein young bulls. **Meat Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 99-105, 2012. Disponível em <doi: 10.1016/j.meatsci.2011.06.008>.
- DEPARTMENT OF HEALTH. Report on health and social subjects nº46. **Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease**. HMSO: London, 1994. 178 p.
- DIPOA - DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL. **Inspeção de carnes bovinas – Padronização de técnicas, instalações e equipamentos**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/image/Animal/manual_carnes.pdf. Acesso 15 de janeiro de 2014
- FAO. Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 17 março de 2013.
- FIORENTINI, G.; BERCHIELLI, T. T.; SANTANA, M. C. A.; DIAN, P. H. M.; REIS, R. A.; SAMPAIO, A. A. M.; BIEHL, M. V. Qualitative characteristics of meat from confined crossbred heifers fed with lipid sources. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, n. 5, p. 336-344, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162012000500008>>.
- GILLIS, M. H.; DUCKETT, S. K.; SACKMANN, J. R.; REALINI, C. E.; KEISLER, D. H.; PRINGLE, T. D. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 3, p. 851-859, 2004.
- HAMM, R. **Functional properties of the miofibrilar system and their measurement**. In: BECHTEL, P.J. Muscle as food. Orlando: Academic Press, 1986. p. 135-199.
- HARFOOT, C. G. & HAZLEWOOD, G. P. **The rumen microbial ecosystem**. In P. N. Hobson (Ed.) *Lipid Metabolism in the rumen*. p. 285-322, London: Elsevier.
- HENRIQUE, W. & PIVARO, T.M. O óleo de linhaça na alimentação de bovinos. **Pesquisa & Tecnologia**, v.9, n.2, 2012.
- HOUBEN, J. H.; VAN DIJK, A.; EIKELBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A. H. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipid oxidation in minced meat. **Meat Science**, Champaign, v. 55,

- n. 3, p. 331-336, 2000. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00161-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00161-8)>.
- KITTESSA, S. M.; WILLIAMS, A.; GULATI, S.; BOGHOSSIAN, V.; REYNOLDS, J.; PEARCE, K. L. Influence of duration of supplementation with ruminally protected linseed oil on the fatty acid composition of feedlot lambs. **Animal Feed Science and technology**, v. 151, n. 3-4, p. 228-239, 2009. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.02.001>>.
- KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45., 1992, Knoxville. **Proceedings...** Knoxville: American Meat Science Association, p. 63-71, 1992.
- KUSS, F.; LÓPEZ, J.; RESTLE, J.; BARCELLOS, J. O. J.; MOLETTA, J. L.; LEITE, M. C. P. Qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 924-931, 2010. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000400029>>.
- LADEIRA, M. M.; SANTAROSA, L. C.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; MACHADO NETO, O. R.; OLIVEIRA, D. M.; CARVALHO, J. R. R.; LOPES, L. S.; RIBEIRO, J. S. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monesin. **Meat Science**, v.96, p. 597-605, 2014.
- LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 384p.
- LOPES, L. S.; LADEIRA, M. M.; MACHADO NETO, O. R.; RAMOS, E. M.; PAULINO, P. V. R.; CHIZZOTTI, M. L.; GUERREIRO, M. C. Composição química e de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* e da gordura subcutânea de tourinhos Red Angus e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 4, p. 978-985, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000400021>> .
- LUDDEN, P. A.; KUCUK, O.; RULE, D. C.; HESS, B. W. Growth and carcass fatty acid composition of beef steers fed soybean oil for increasing duration before slaughter. **Meat Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 185-192, 2009. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2009.01.009>.
- MALAU-ADULI, A. E. O.; SIEBERT, B. D.; BOTTEMA, C. D. K. et al. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 48, n. 5, p. 715-722, 1997.
- MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos polinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista Nutrição Campinas**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732006000600011>> .
- NISHIMURA, T. The role of intramuscular connective tissue in meat texture. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 81, n. 1, p. 21-27, 2010. Disponível em < DOI: 10.1111/j.1740-0929.2009.00696.x>.

- NOVELLO, D & POLONIO, M. A. R. Caracterização e propriedades da Linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e subprodutos. **B. Ceppa**, Curitiba, p.317-330, v.29, 2011).
- OILLIC, S.; LEMOINE, E.; GROS, J. B.; KONDJIOIAN, A. Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath-- effect of sample dimensions and prior freezing and ageing. **Meat Science**, v.88, n.3, p.338-346, 2011.
- OLIVEIRA, E. A.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, T. M.; ROSA, B. L.; FERNANDES, A. R. M.; ANDRADE, A. T. Quality traits and lipid composition of meat from Nellore Young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 28-35, 2012. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.05.024>>.
- PALMQUIST, D .L.; MATTOS, W. R. S. **Metabolismo de lipídeos**.In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.299-322.
- ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**, 2001. Disponível em <http://pucrs.campus2.br/~thompson/Roca107.pdf>. Acessado em 26 de março de 2011.
- SAS - Statistical Analysis System. **User's guide**. Cary:Statistics, CD-ROM, 2001.
- SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M.F.; CROUSE, J. D.; REAGAN, J. O. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 171-177, 1991.
- SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**, v. 56, p. 365-379, 2002. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)>.
- ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)>.
- VANSCHOONBEEK, K.; MAAT, M. P. Fish oil consumption and reduction of arterial disease. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, n. 3, p. 657-660, 2003.
- VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fett Seifen**, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970. Disponível em < doi: 10.1002/lipi.19700721218>.
- WHEELER, T. L.; VOTE, D.; LEHESKA, J. M.; SHACKELFORD, S. D.; BELK, K. E.; WULF, D. M.; GWARTNEY, B. L.; KOOHMARAIE, M. The efficacy of three objective systems for identifying beef cuts that can be guaranteed tender. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3315-3327, 2002.
- WOOD, J. D.; ENSER, A. V.; NUTE, G. R. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, Champaign, v. 78, n.

4, p. 343-358, 2008. Disponível em <
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>>.

ZEOLA, N.M.B.L.; SOUZA, H.B.A.; SILVA SOBRINHO, A.G. et al. Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 1058-1066, 2007. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352007000400036> >.

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE DO *LONGISSIMUS* E DO *TRICEPS BRACHII* DE NOVILHOS NELORE, ALIMENTADOS COM ÓLEO DE LINHAÇA PROTEGIDO DURANTE DIFERENTES PERÍODOS ANTES DO ABATE OU ESSE ÓLEO *IN NATURA*

Resumo: Objetivou-se comparar as características físicas e químicas, atividade enzimática, as relações e índices de qualidade dos ácidos graxos entre os músculos *Longissimus* e *Triceps brachii* de 35 novilhos Nelore. Os animais foram confinados e alimentados com óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante 35, 70 ou 105 dias antes do abate, com esse óleo *in natura* ou sem adição de óleo durante 105 dias, o volumoso utilizado foi silagem de milho (40% da MS) e as dietas com adição de óleo eram isoenergéticas (76% NDT e 6,1% EE). Após 105 dias de confinamento os animais foram abatidos com $522,71 \pm 27,99$ kg. O músculo *Longissimus* apresentou menor porcentagem de perdas no cozimento, maior força de cisalhamento, menor teor de colágeno total e oxidação lipídica, quando comparado ao músculo *Triceps brachii*. Maiores concentrações dos ácidos C14:0, C14:1, C16:0, C18:2 cis 9 trans 11, C18:3 ω 6 e C20:0 foram encontrados no *Longissimus*. Entretanto, o músculo *Triceps brachii* resultou em maiores teores dos ácidos C17:1, C18:2 ω 6, C18:3 ω 3, C20:1 ω 9, C20:3 ω 6, C20:4 ω 6, C20:5 ω 3, C22:4 ω 6, C22:6 ω 3 e C24:1 ω 9. Assim, o *Triceps brachii* apresentou maiores relações entre os ácidos graxos insaturados:saturados e poli-insaturados:saturados, e também foi observada maior atividade da enzima elongase do que o *Longissimus*. Os músculos bovinos incorporam de forma diferente os aspectos benéficos do óleo de linhaça fornecido para os animais terminados em confinamento. O músculo *Triceps* proporcionou um carne de melhor qualidade, do ponto de vista de maciez, colesterol, composição em ácidos graxos e atividade enzimática, entretanto, o *Longissimus* apresentou um maior teor de ácido linoleico conjugado.

Palavras chave:, atividade enzimática, colesterol, composição física, maciez, lipídeo, perfil de ácidos graxos

1. Introdução

O mercado internacional de produtos cárneos responde por mais de 65 milhões de toneladas comercializadas anualmente (FAO, 2012), sendo que, em 2013, o Brasil exportou 1,5 milhões de toneladas de equivalente carcaça (ABIEC, 2014). Dentre os importadores de carne bovina brasileira em 2013, Hong Kong manteve o posto de principal comprador, com um volume de 360,7; seguido da Rússia com 306,2 e União Europeia com 132 mil toneladas em equivalente carcaça (ABIEC, 2014).

Mas, a maior parte da produção brasileira de carne, cerca de 80% (ABIEC, 2012), é voltada para o mercado interno, sendo que os consumidores nacionais estão cada vez mais exigentes quanto a aspectos de qualidade tais como, maciez, sabor, quantidade e qualidade da gordura. Os importadores estão também exigindo melhor padronização de cortes, segurança alimentar e características qualitativas, que podem ser determinantes na decisão de compra e na abertura de novos mercados. Na comercialização dos cortes cárneos no Brasil, os do traseiro são os mais valorizados pelo mercado interno, no entanto, apesar de menor valorização, os cortes do dianteiro são de grande importância para a exportação, principalmente para produção de embutidos e na forma *in natura* para a Rússia e países árabes.

Apesar da magnitude desse mercado, a carne vermelha vem sendo considerada por muitos segmentos da sociedade como vilã e causadora de diversas doenças para os seres humanos, principalmente pela composição da sua gordura, sendo associada a aumentos nos teores de colesterol sanguíneo, doenças cardiovasculares e incidência de câncer. Mesmo assim, é uma fonte de proteína de alto valor biológico (JOO et al., 2013), além da riqueza em minerais, vitaminas e ácidos graxos essenciais (SIMOPOULOS, 2002).

Em função das críticas à sua fração lipídica, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de modificar a composição em ácidos graxos da carne bovina, principalmente pela manipulação da dieta dos animais. Dentre as possibilidades para essa modificação, a inclusão de óleos vegetais na dieta dos animais permite a obtenção de carne vermelha com uma composição mais equilibrada e de melhor qualidade nutricional (BESSA et al., 2008; KITESSA et al., 2009; LUDDEN et al., 2009; CORAZZIN et al., 2012;

OLIVEIRA et al., 2012; ROSA et al., 2013). O óleo de linhaça ainda não foi amplamente estudado, apesar de apresentar uma das melhores composições em ácidos graxos da família ω_3 , respondendo por mais de 50% (HENRIQUE e PIVARO, 2012). Isso porque o aumento dos teores de ácidos graxos dessa família e do linoleico conjugado na carne e em outros produtos de origem animal está em evidência nos últimos anos, já que estes ácidos são importantes na prevenção do desenvolvimento de diversas doenças (WOOD et al., 2003; VANSCHOONBEEK e MAAT, 2003), promovem uma ação protetora para os vasos sanguíneos e o coração, apresentam propriedades anticarcinogênicas (BAUMAN e GRIINARI, 2001), e uma ação redutora do colesterol total e de baixa densidade (BESSA, 1999).

Como mostrado no capítulo anterior, o fornecimento antes do abate de óleo de linhaça protegido da degradação ruminal é benéfico para obtenção de carne bovina de melhor qualidade em relação ao colesterol, concentração de ácido linoleico conjugado e ω_3 , apesar de alguns índices de qualidade dos ácidos graxos terem piorado. Esses resultados foram obtidos no músculo *Longissimus*, que é um músculo de sustentação, localizado no traseiro do animal, mas os efeitos desse ingrediente sobre músculos de outras partes do corpo do animal e com outras funções, como locomoção, são pouco conhecidos. Purchas et al. (2005) encontraram diferenças entre os músculos *Triceps* e *Longissimus* para a maioria dos ácidos graxos avaliados, mas os animais eram taurinos e não haviam recebido a adição de óleo vegetal na dieta.

Assim, o objetivou-se identificar as diferenças entre os músculos *Longissimus* e *Triceps brachii* sobre os aspectos químicos e qualitativos da carne de novinhos Nelore que receberam óleo de linhaça *in natura* ou protegido durante diferentes períodos antes do abate.

2. Material e métodos

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos à apreciação da Comissão de Ética no Uso de Animais, do Instituto de Zootecnia, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, e receberam aprovação, segundo o Protocolo nº 133, em 12 de Agosto de 2010.

O experimento foi desenvolvido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo, em São José do Rio Preto, SP, Brasil. Foram utilizados 35 machos da raça Nelore, castrados, com castrador modelo burdizzo 60 dias antes da sua aquisição.

Os animais tinham 18 meses de idade e $397,74 \pm 14,07$ kg de peso corporal e foram confinados em baias individuais. O período de adaptação foi de 21 dias, sendo a relação volumoso:concentrado da dieta alterada gradativamente de 100:0 até 60:40, reduzindo-se 20 unidades percentuais do volumoso por semana. Após esse período, os animais foram distribuídos em sete blocos conforme o peso corporal, e permaneceram confinados durante 105 dias, de julho a novembro de 2011. Os tratamentos avaliados foram:

- 1) dieta sem adição de óleo (C);
- 2) dieta com adição de óleo de linhaça *in natura* durante os 105 dias do confinamento (OL105);
- 3) dieta com óleo de linhaça protegido fornecido durante os 105 dias (OLiP105) do confinamento;
- 4) dieta com óleo de linhaça protegido fornecido durante os últimos 70 (OLiP70) do confinamento;
- 5) dieta com óleo de linhaça protegido fornecido durante os últimos 35 dias (OLiP35) do confinamento.

Os animais dos tratamentos 4 e 5 receberam a mesma dieta do tratamento 1 nos primeiros 35 e 70 dias do confinamento, respectivamente. Todas as dietas foram formuladas a partir de análise bromatológica dos ingredientes, pelo programa RLM® (Esalq/USP, Piracicaba, São Paulo, Brazil), objetivando-se ganhos máximos (Tabela 1).

Tabela 1. Características nutricionais, composição percentual e em ácidos graxos das dietas fornecidas para novilhos Nelore confinados

Ingredientes	Dietas		
	Controle	Óleo de linhaça <i>in natura</i>	Óleo de linhaça protegido
Composição percentual (na MS)			
Silagem de milho	40,0	40,0	40,0
Polpa cítrica	19,0	17,9	15,4
Milho em grão moído	30,6	28,9	29,9
Farelo de soja	6,4	6,0	7,1
Óleo de linhaça <i>in natura</i>	-	3,4	-
Óleo de linhaça protegido	-	-	4,5
Uréia	0,9	0,9	0,9
Núcleo mineral ²	3,1	3,0	2,2
Características Nutricionais			
Matéria seca (%)	67,7	64,6	68,0
Proteína bruta (% MS)	13,0	13,0	13,0
Extrato etéreo (% MS)	2,9	6,1	6,1
Fibra em detergente neutro (% MS)	34,3	32,7	34,6
NDT (% MS) ¹	73,0	76,0	76,0
Composição em ácidos graxos, % do total de ácidos graxos identificados			
C10:0	0,12	0,11	0,10
C12:0	0,12	0,12	0,11
C14:0	0,18	0,18	0,18
C15:0	0,04	0,04	0,04
C16:0	18,75	17,87	17,44
C16:1 cis 9	0,23	0,22	0,20
C17:0	0,15	0,15	0,15
C17:1 cis 10	0,04	0,04	0,04
C18:0	3,19	3,05	5,08
C18:1 cis 9 ω9	31,20	31,06	30,11
C18:1 cis11 ω7	1,11	1,05	1,04
C18:2 cis 9,12 ω6	40,01	39,52	33,32
C18:3 cis 6,9,12 ω6	0,05	0,04	0,18
C18:3 cis 9,12,15 ω3	3,24	4,89	10,40
C 20:0	0,60	0,62	0,51
C20:1 cis 11 ω9	0,26	0,27	0,38
C22:0	0,24	0,26	0,26
C23:0	0,08	0,07	0,07
C24:0	0,40	0,44	0,37
Saturados	23,86	22,90	24,32
Insaturados	76,14	77,10	75,68
Monoinsaturados	32,84	32,64	31,78
Poli-insaturados	43,30	44,45	43,90
ω3	3,24	4,89	10,40
ω6	40,05	39,57	33,50

¹ Valor estimado pelo programa RLM[®](ESALQ/USP);² Núcleo mineral : Cloreto de Na (0,01); Óxido de Mg (0,4); Cloreto de K (0,7); Bicarbonato de Na (0,6); Sulfato de Cu 25 (0,001); Enxofre 70S (0,1); Sulfato de Co 10 (0,0003); Fosfato monocalcico (0,4); Selenito de Na 4,5 (0,0004); Calcita 37 (C= 0,9; OLiP= 0,8; Óleo= 0); Monóxido de Mn 58 (C=0,003; OLiP= 0,002; Óleo= 0,003); Iodato de cálcio 10 (C= 0,001; OLiP= 0,0005; Óleo= 0,001); Óxido de Zn 76 (C=0,002; OLiP=0,002; Óleo=0,003)

O óleo de linhaça protegido foi produzido conforme descrito por Oliveira et al. (2012) e misturado ao concentrado na fábrica de ração. Já o óleo de linhaça *in natura* foi adicionado ao concentrado diária e individualmente. Foram fornecidas duas refeições diárias, às 8:00 e às 15:00 h, na forma de ração completa. Os alimentos foram fornecidos permitindo-se uma sobra ao redor de 4% do total consumido no dia anterior e as sobras foram retiradas pelo menos duas vezes por semana.

Os animais foram pesados no início, a cada 35 dias e no final do período experimental, precedido por jejum completo de 16 horas. Ao final do confinamento, os animais foram abatidos em frigorífico comercial, seguindo os procedimentos padrões (DIPOA, 2007) e apresentaram média de $522,72 \pm 27,99$ kg de peso corporal. Após 24 horas de resfriamento, as carcaças pesaram $299,74 \pm 17,95$ kg, com $76,34 \pm 6,83$ cm² de área de olho de lombo e $7,17 \pm 2,21$ mm de espessura de gordura de cobertura, entre as 12^a e 13^a costelas. Da meia-carcaça esquerda, foi retirado um corte do músculo *Longissimus* (contrafilé) entre a 6^a e a 13^a costelas e foram seccionados bifes de 2,54 cm de espessura.

Após isso, os bifes foram congelados em freezer a -20 °C e posteriormente descongelados em estufa BOD à 10 °C para posteriores análises laboratoriais. Em um dos bifes, foi determinado o pH, com auxílio de peagômetro digital (Testo modelo 230), a capacidade de retenção de água (HAMM, 1986), e a cor da carne e da gordura, como descrito por Houben et al. (2000), utilizando-se um colorímetro portátil Hunterlab. Trinta minutos antes da realização das avaliações de cor, em pontos diferentes da amostra, foi realizado um corte transversal ao músculo, para exposição da mioglobina ao oxigênio (TAPP, YANCEY, & APPLE, 2011).

Para análise da perda de peso no cozimento, a carne foi assada em forno elétrico a 175 °C até atingir 71 °C no seu centro geométrico, utilizando-se termopar para essa medida, e os pesos dos bifes antes e depois utilizados para

os cálculos. Após assados, os bifes foram resfriados durante 24 horas em estufa BOD à 10 °C e foram retirados seis cilindros de 1,27 cm de diâmetro em cada bife (WHEELER et al, 2002), para determinar a força necessária para cortar transversalmente cada cilindro em texturômetro (Texture Analyzer Brookfield, modelo CT325K), acoplado à lâmina Warner Bratzler de 1,016 mm de espessura. Foi, então, calculada a média de força de corte dos cilindros para representar a força de cisalhamento de cada bife.

Para a análise química da carne, um bife cru foi utilizado para determinação do colágeno total (AOAC, 2005), oxidação lipídica (VYNCKE, 1970) e colesterol. Para esta análise de colesterol, os lipídios totais foram extraídos conforme descrito por Oliveira et al. (2012), e sua concentração determinado por colorimetria, segundo Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1995), em espectrofotômetro (Shimadzu UV-mini 1240), com leitura visível a 538 nm. Amostras liofilizadas foram utilizadas para a determinação dos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e minerais (AOAC, 1995).

Para determinação da composição em ácidos graxos, um bife picado de cada animal foi seco por liofilização e posteriormente moído. A matéria graxa foi extraída com mistura de clorofórmio:metanol:água, mantida, respectivamente a proporção de 1:2:0,8 e os ácidos graxos metilados segundo Bligh e Dyer (1959). As determinações qualitativas dos ácidos graxos foram feitas por meio de cromatografia gasosa em cromatógrafo (Shimadzu, Kyoto, Japão – Model GC-4B with a Communication Bus Module – CBM 102) com detector de ionização de chama (FID), utilizando coluna capilar de sílica fundida (Omegawax 250) de 30 m de comprimento, diâmetro de 0,25 mm e 0,2 µm de espessura do filme (Supelco SP-2560). O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo ajustado a 1,2 mL/min. Foi injetado 1 µL de amostra em modo *split*, com razão de divisão 1/21 e temperatura de 250° C. A temperatura do forno foi programada para iniciar em 70° C, permanecendo assim durante 4 minutos, foi então elevada a 170° C a 13° C/minuto, e finalmente para 250° C a 35° C/minuto, por 5 minutos. A temperatura do detector foi de 300°C, e o fluxo dos gases foi de 450, 40 e 45 mL/minuto para o ar sintético, hidrogênio e nitrogênio, respectivamente. A identificação dos ácidos graxos foi feita por comparação entre os tempos de retenção e as concentrações dos ácidos

graxos de padrões autênticos Sigma (189-19; 47015-U e 05632-250MG), metilados e eluídos nas mesmas condições. Foram somados os totais de ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, poli-insaturados e calculadas as suas relações; o mesmo foi feito para os ácidos graxos $\omega 3$ e $\omega 6$. Os ácidos graxos também foram classificados de acordo com a funcionalidade em hipocolesterolêmicos, hipercolesterolêmicos, neutros e residuais, conforme descrito por Bessa (1999), e obtidos os índices de trombogenicidade e aterogenicidade (ULBRICH e SOUTHAGE, 1991). Índices de atividade das enzimas elongase, $\Delta 9$ dessaturase C16 e $\Delta 9$ dessaturase C18 foram calculados, conforme descrito por Malau-Aduli et al. (1997).

Para todos os resultados obtidos, foi testada a normalidade de distribuição dos resultados pelo teste de Cramer-von Mises (SAS, 2001), com 5% de probabilidade, tendo sido realizadas as transformações indicadas. Para a análise estatística dos resultados, considerou-se blocos ao acaso (peso corporal dos animais no início do confinamento) em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco tratamentos e dois músculos (*Longissimus e Triceps brachii*), com sete repetições, pelo procedimento MIXED (SAS, 2001), sendo os blocos considerados como efeito aleatório. Para as variáveis que não tiveram a interação significativa entre os fatores tratamentos e tipos de músculo, os resultados de tratamentos não serão apresentados e discutidos, uma vez que essas informações já se encontram no segundo capítulo. As médias dos músculos foram considerados significativos quando o teste f teve uma probabilidade igual ou menor a 0,10.

3. Resultados

Não foram observadas interações entre tratamentos e tipos de músculo, com exceção das perdas totais no cozimento.

Os músculos *Longissimus* e *Triceps brachii* são diferentes quanto às características físicas e químicas da carne, tanto que só não apresentaram diferenças para pH, luminosidade, intensidade de vermelho e teor de extrato etéreo (Tabela 2).

Tabela 2. Características físicas e químicas dos músculos *Longissimus* (*Long*) e *Triceps brachii* (*Tric*) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo, com óleo de linhaça *in natura* durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento, nos últimos 70 ou 35 dias antes do abate

Variáveis	Músculos		EPaj ¹	Probabilidades	
	<i>Long</i>	<i>Tric</i>		Músculo	Inter ⁷
pH	5,44	5,52	0,049	0,2409	0,9954
Cor ² L*	38,91	38,66	0,496	0,7189	0,9920
a*	16,31	16,29	0,559	0,9796	0,9852
b*	13,84	14,07	0,221	0,0115	0,9390
CRA ³ , %	69,19	65,24	0,679	0,0002	0,2151
Perdas no cozimento, %	29,54	32,78	0,536	<,0001	0,0481
FC ⁴ , kgf	5,24	4,77	0,206	0,0562	0,1170
Umidade, %	72,81	74,84	0,202	<,0001	0,7552
Proteína, %	22,45	20,70	0,210	<,0001	0,9553
Extrato etéreo, %	3,60	3,44	0,299	0,4537	0,6568
Minerais, %	1,14	1,02	0,017	<,0001	0,8194
Colágeno ⁵	0,60	0,81	0,037	<.0001	0,4284
Colesterol ⁵	39,14	35,36	1,213	0,0141	0,1280
Oxidação lipídica ⁶	0,41	0,56	0,279	0,0002	0,6829

¹Erro padrão ajustado; ²L* - luminosidade, a* - intensidade de vermelho, b* - intensidade de amarelo; ³Capacidade de retenção de água; ⁴Força de cisalhamento; ⁵mg/100 g de músculo; ⁶mg malonaldeído/kg músculo; ⁷ Interação entre tratamentos e músculos

Para intensidade de amarelo da carne, o músculo *Triceps* apresentou maiores valores do que o *Longissimus*. O *Triceps brachii* também apresentou um maior teor de umidade e menores teores de proteína e minerais comparado ao *Longissimus*. Apesar do menor teor de umidade, o músculo *Longissimus* apresentou uma maior porcentagem de proteína e conseqüentemente uma maior capacidade de retenção de água do que o *Triceps*. Por sua vez, essa maior capacidade de retenção de água do *Longissimus* levou a uma menor porcentagem de perdas no cozimento para esse músculo comparado ao *Triceps*. Contudo o músculo *Longissimus* apresentou maior força de cisalhamento quando comparado ao músculo *Triceps*. O *Triceps* apresentou menores teores de colesterol comparado ao *Longissimus*. Em contrapartida, o músculo *Longissimus* mostrou um menor teor de colágeno e de oxidação lipídica quando comparado ao *Triceps*.

O desdobramento da interação entre tratamentos e músculos para perdas totais no cozimento encontra-se na Tabela 3 e Figura 1.

Tabela 3. Desdobramento da interação ($P=0,0481$) entre tratamentos e músculos para perdas totais no cozimento (%) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça *in natura* (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate

Músculo	Tratamento				
	C	OL105	OLiP35	OLiP70	OLiP105
<i>Longissimus</i>	29,65	29,45	31,57	28,31	28,73
<i>Triceps brachii</i>	34,01	31,04	31,02	34,70	33,14
Probabilidades	0,2551	0,9943	1,0000	0,0139	0,2446
Contrastes não ortogonais - Probabilidade					
	C	OL105	OLiPLinear ²	OLiPQuadra ³	
	x (OL105+OLiP105)	X OLiP105			
<i>Longissimus</i>	0,6784	0,6492	0,0791	0,1828	
<i>Triceps brachii</i>	0,2315	0,2589	0,2546	0,1084	

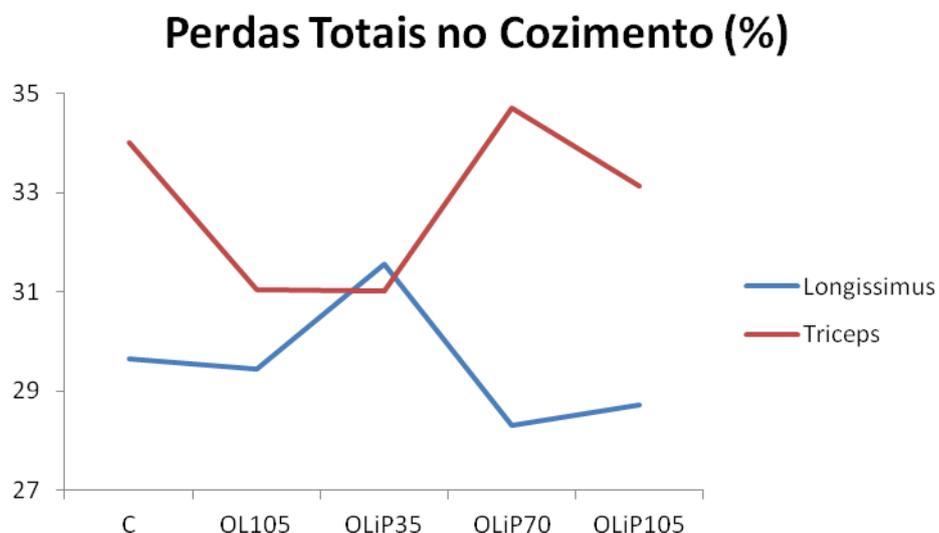


Figura 1. Desdobramento da interação ($P=0,0481$) entre tratamentos e músculos para perdas totais no cozimento (%) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo (C), com óleo de linhaça *in natura* (OL105) durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento (OLiP105), nos últimos 70 (OLiP70) ou 35 (OLiP35) dias antes do abate

No desdobramento da interação das perdas totais no cozimento, foi observada diferenças entre os músculos somente no tratamento OLIP70, sendo que o músculo *Longissimus* apresentou menores perdas no cozimento. O desdobramento entre tratamentos dentro de cada músculo, foi somente observado um efeito linear do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido dentro do músculo *Longissimus* (Tabela 3).

Não foram observadas interações entre tratamentos e tipo de músculo para todos os ácidos graxos detectados (Tabela 4).

Tabela 4. Composição em ácidos graxos, como porcentagem total dos ácidos graxos identificados, nos músculos *Longissimus* (*Long*) e *Triceps brachii* (*Tric*) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo, com óleo de linhaça *in natura* durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento, nos últimos 70 ou 35 dias antes do abate

Ácido graxo	Músculo			Probabilidade	
	<i>Long</i>	<i>Tric</i>	EPaj ¹	Músculo	Inter ²
C10:0	0,056	0,054	0,002	0,4569	0,9737
C12:0	0,076	0,071	0,003	0,1104	0,8788
C14:0	3,608	3,305	0,106	0,0208	0,9393
C14:1 cis 9	0,974	0,847	0,044	0,0397	0,8474
C15:0	0,294	0,279	0,013	0,1638	0,9664
C16:0	26,707	25,673	0,382	0,0008	0,9018
C16:1 cis 9	3,598	3,559	0,098	0,7819	0,7704
C17:0	0,777	0,742	0,026	0,1750	0,7992
C17:1 cis 10	0,582	0,620	0,014	0,0511	0,6836
C18:0	12,792	13,000	0,297	0,6235	0,8729
C18:1 cis 9 ω9	41,156	41,069	0,532	0,8787	0,5928
C18:1 cis 11 ω7	3,019	2,938	0,095	0,4210	0,1973
C18:2 cis 9, 12 ω6	3,331	4,064	0,169	0,0047	0,8359
C18:2 cis 9 trans 11	0,767	0,685	0,021	0,0071	0,7990
C18:3 cis 6, 9, 12 ω6	0,164	0,153	0,011	0,1821	0,9669
C18:3 cis 9, 12, 15 ω3	0,469	0,529	0,022	0,0602	0,8429
C20:0	0,109	0,095	0,003	0,0079	0,7506
C20:1 cis 11 ω9	0,175	0,193	0,013	0,0323	0,7217
C20:2 cis 11, 14	0,042	0,042	0,002	0,9826	0,5794
C20:3 cis 11, 14, 17 ω6	0,213	0,279	0,018	0,0065	0,9055
C20:4 cis 5, 8, 11, 14 ω6	0,655	0,917	0,059	0,0023	0,9435
C20:5 cis 5,8,11,14,17 ω3	0,109	0,168	0,013	0,0013	0,8913
C22:4 cis 7,10,13,16 ω6	0,083	0,109	0,008	0,0118	0,9381
C22:6cis4,7,10,13,16,19ω3	0,021	0,032	0,003	0,0161	0,6479
C24:1 cis 15 ω9	0,283	0,407	0,028	0,0017	0,8576

¹ Erro padrão ajustado; ² Interação entre tratamentos e músculos

O *Longissimus* apresentou maiores concentrações dos ácidos mirístico (C14:0), miristoleico (C14:1), palmítico (C16:0), linoleico conjugado (C18:2 cis 9 trans 11), γ-linolênico (C18:3 ω6) e araquídico (C20:0) quando comparado ao

músculo *Triceps*. Já o músculo *Triceps* acumulou maiores teores dos ácidos heptadecanoico (C17:1), linoleico (C18:2 ω 6), α -linolênico (C18:3 ω 3), eicosenoico (C20:1 ω 9), eicosatrienoico (C20:3 ω 6), araquidônico (C20:4 ω 6), eicosapentaenoico-EPA (C20:5 ω 3), docosatetraenoico-DTA (C22:4 ω 6), docosaheptaenoico-DHA (C22:6 ω 3) e nervônico (C24:1 ω 9) do que o *Longissimus*.

Não foram observadas interações entre tratamentos e tipos de músculo para todas as relações e classificações dos ácidos graxos detectados (Tabela 5).

Tabela 5. Somatória, relações e índice qualitativos dos ácidos graxos e atividade das enzimas nos músculos *Longissimus* (*Long*) e *Triceps brachii* (*Tric*) de novilhos Nelore confinados, alimentados sem adição de óleo, com óleo de linhaça *in natura* durante todo o confinamento, ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal durante todo o confinamento, nos últimos 70 ou 35 dias antes do abate

Ácidos graxos	Músculo			Probabilidade	
	<i>Long</i>	<i>Tric</i>	EPaj ¹	Músculo	Inter ²
Classificação dos ácidos graxos, %					
Saturados	44,42	43,39	0,540	0,0818	0,4823
Insaturados	55,59	56,61	0,545	0,0866	0,4675
Monoinsaturados	49,74	49,88	0,457	0,7845	0,8394
Poli-insaturados	5,85	6,98	0,271	0,0077	0,8758
ω 6	4,45	5,52	0,247	0,0044	0,9068
ω 3	0,60	0,73	0,036	0,0110	0,9179
Relações dos ácidos graxos					
Insaturados:Saturados	1,26	1,32	0,029	0,0845	0,4954
Monoinsaturados:Saturados	1,13	1,16	0,023	0,1399	0,8166
Polinsaturados:Saturados	0,13	0,162	0,006	0,0072	0,8618
ω 6: ω 3	7,73	7,97	0,140	0,1371	0,9926
Índices de qualidade dos ácidos graxos, %					
Hiperolestêrolemicos ³	34,96	33,36	0,505	0,0030	0,9954
Hipocolestêrolemicos ⁴	46,20	47,32	0,570	0,0591	0,4742
Neutros ⁵	12,85	13,05	0,297	0,6274	0,8731
Residuais ⁶	6,06	6,00	0,116	0,6302	0,2028
Trombogenicidade ⁷	1,49	1,43	0,032	0,0847	0,2545
Aterogenicidade ⁸	0,82	0,78	0,011	0,0032	0,9802
Atividade enzimática, %					
Δ 9 Dessaturase C16 ⁹	11,86	12,08	0,279	0,5526	0,4848
Δ 9 Dessaturase C18 ¹⁰	76,28	76,22	0,503	0,9248	0,9038
Elongase ¹¹	63,99	64,98	0,519	0,0607	0,9990

¹Erro padrão ajustado; ²Interação entre tratamentos e músculos; ³Hipercolestêrolemicos(C12:0+C14:0+C14:1+C16:0+C16:1); ⁴Hipocolestêrolemicos(C18:1 ω 9+C18:2 ω 6+C18:2c9t11+C18:3 ω 6+C18:3 ω 3+C20:3 ω 6+C20:4 ω 6+C20:5 ω 3+C22:4 ω 6+C22:6 ω 6); ⁵Neutros(C10:0+C18:0); ⁶Residuais(C1

5:0+C17:0+C17:1+C18:1 ω 7+C20:2 ω 9+C20:2+C24:1 ω 9); ⁷Trombogenicidade = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/{(0,5 x Σ AGMI) + (0,5 x $\Sigma\omega$ 6) + (3 x $\Sigma\omega$ 3) + ($\Sigma\omega$ 3/ $\Sigma\omega$ 6)}; ⁸Aterogenicidade = {(C12:0 + (4 x C14:0) + C16:0)/(Σ AGMI + $\Sigma\omega$ 6 + $\Sigma\omega$ 3)}; ⁹ Δ 9 Dessaturase C:16 = 100 x (16:1 cis 9/16:0+16:1 cis 9); ¹⁰ Δ 9 Dessaturase C:18 = 100 x (18:1 cis 9/18:0+18:1 cis 9); ¹¹Elongase = 100 x (C18:0 + C18:1 cis 9)/(C16:0 + C16:1 cis 9 + C18:0 + C18:1 cis 9);

Foram observadas diferenças entre os músculos para a maioria das somatórias dos ácidos, com exceção dos monoinsaturados (Tabela 5). O *Triceps* apresentou maiores concentrações de ácidos graxos insaturados, poli-insaturados, ω 6 e ω 3, conseqüentemente menor de saturados, quando comparado ao *Longissimus*. Não foram observadas diferenças entre os músculos para as relações monoinsaturados:saturados e ω 6: ω 3. O *Triceps* apresentou maiores relações insaturados:saturados e poliinsaturados:saturados comparado ao *Longissimus*.

Não foram observadas interações entre tratamentos e tipos de músculo para todos os índices de qualidade dos ácidos graxos e atividade enzimática (Tabela 5).

Apenas para os ácidos graxos neutros e residuais não foram observadas diferenças entre os músculos estudados, para os demais índices de qualidade foram observadas diferenças entre os músculos. O *Triceps* mostrou melhores índices de hipercolesterolêmicos, hipocolesterolêmicos, trombogenicidade e aterogenicidade do que o *Longissimus* (Tabela 5).

Não foram observadas diferenças entre os músculos para atividade das enzimas Δ 9 dessaturase C16 e Δ 9 dessaturase C18 (Tabela 5), mas o músculo *Triceps* obteve uma maior atividade da enzima elongase do que o *Longissimus*.

4. Discussão

Uma vez que o teor de extrato etéreo foi semelhante entre os músculos, alterações no teor de umidade necessariamente vão modificar os teores de proteína e minerais, já que a somatória de todas essas frações é igual a 100. Essas diferenças podem estar relacionadas com a função desses músculos no animal, já que o *Longissimus* é um músculo de sustentação, enquanto o *Triceps* de tração ou locomoção. Além disso, esses músculos podem apresentar tipos de fibras diferentes, tanto que Hwang et al. (2010) encontraram correlação entre teor de umidade do músculo com número, área e diâmetro de diferentes tipos de fibras encontrados nos músculos bovinos.

A água no músculo bovino encontra-se na sua grande maioria retida nos filamentos miofibrilares e uma pequena parte no espaço extracelular; assim, grande parte da capacidade de retenção de água da carne é atribuída às proteínas miofibrilares (GOMIDE, RAMOS e FONTES, 2013), tanto que o músculo *Longissimus* teve um maior teor de proteínas e uma melhor capacidade de retenção de água em comparação ao *Triceps*. Ainda, de acordo com Lawrie (2005), a capacidade de retenção de água é uma característica de alta importância na carne, pois afeta sua aparência nas gôndolas, o comportamento durante a cocção e a suculência durante a mastigação.

As perdas totais no cozimento tem correlação positiva com a força de cisalhamento, ou seja, quanto maior as perdas no cozimento, maior será a força de cisalhamento, conseqüentemente mais dura será a carne (PUGA et al. 1999). No entanto, isto não foi observado no presente estudo, pois o músculo *Longissimus* obteve menor porcentagem de perdas no cozimento e maior força de cisalhamento comparado ao *Triceps*. Essa menor força de cisalhamento obtida para um músculo de tração comparado a músculos de sustentação não foi observada por Preziuso e Russo (2004), que trabalharam com *Triceps brachii*, *Semitendinosus* e *Longissimus*. Esses autores encontraram uma força de cisalhamento de 8,72; 7,70 e 7,16 kgf, respectivamente.

Com uma melhor compreensão da maciez de diversos músculos, a indústria de carne pode inovar, utilizando mais eficientemente cada músculo e transformando-o adequadamente em produtos industrializados para a comercialização. De qualquer forma, os valores aqui encontrados de força de cisalhamento para ambos os músculos estão próximos ao valor aceitável pra a carne bovina, que seria de 4,6 kgf, segundo Shackelford et al. (1991). Contrariamente, Torrescano et al. (2003) observaram uma menor força de cisalhamento do músculo *Longissimus* (2,29 kgf) comparado ao *Triceps* (5,42 kgf), e atribuíram essa diferença às quantidades de colágeno intramuscular total e insolúvel que foram maiores para o *Triceps*. Parece assim que o colágeno insolúvel poderia explicar melhor essa relação, já que no presente estudo o *Longissimus* apresentou uma menor concentração de colágeno total (0,60 mg/100g de músculo) e uma maior força de cisalhamento (5,24 Kgf), comparado ao *Triceps*. Tanto que, Tarrant (2001) afirmou que a menor maciez

da carne de animais mais velhos é atribuída às mudanças que ocorrem na estrutura química do colágeno com o aumento da idade, particularmente nas ligações cruzadas covalentes, aumentando a insolubilidade dessa fração pela estabilização das fibras, ao invés de um aumento da quantidade de tecido conjuntivo propriamente dito. De acordo com Alvarez e Santos (2001), existe pouca variação na concentração de colágeno total de um músculo, mesmo com o crescimento e aumento da idade dos animais. Archile-Contreras, Mandell e Purslow (2010), também afirmaram que a insolubilidade do colágeno é o fator que afeta a maciez da carne bovina, e não o colágeno total, esses autores também incluíram o complexo actomiosina interferindo nesse atributo.

Uma possível explicação para as diferenças encontradas no teor de colesterol para os músculos seria pela quantidade diferente de fibras brancas e vermelhas presentes em cada músculo (SMITH et al., 1993), ou pela quantidade presente de fosfolípidios, pois quanto maior essa quantidade, maior o teor de colesterol no músculo (ALASNIER et al., 1996). De acordo com Chizzolini et al. (1999), a orientação para seres humanos é que a ingestão de colesterol oriunda dos alimentos não deva ultrapassar 300 mg por dia, e essa limitação é uma medida importante para prevenir a obesidade e a hipercolesterolemia, responsáveis pelo desencadeamento de várias doenças. O consumo anual per capita de carne bovina no Brasil é de 32,2 kg (GOMIDE, RAMOS e FONTES, 2013), ou seja, 88 g por dia; ao contabilizarmos os teores de colesterol obtidos no presente trabalho, o consumo de colesterol seria de 31 e 34 mg, se esse consumo de carne fosse de paleta ou contrafilé, respectivamente, o que daria 10,37 e 11,48% do consumo permitido de colesterol diário. Assim, veicular que o consumo de carne bovina é o grande vilão no aumento do colesterol sanguíneo humano é um possível equívoco.

Os menores valores encontrados para a oxidação lipídica do músculo *Longissimus* podem estar relacionados com a menor quantidade de ácidos graxos insaturados, principais responsáveis por essa oxidação. Os valores encontrados para a oxidação lipídica nesse músculo proporciona para a carne um maior tempo de prateleira, principalmente devido a sua maior estabilidade oxidativa.

No desdobramento da interação encontrada para perdas totais no cozimento, foram observadas diferenças apenas para os animais que receberam óleo de linhaça protegido durante 70 dias antes do abate, provavelmente isso ocorreu pela adaptação do tecido muscular à dieta com óleo de linhaça protegido. Já no desdobramento de tratamentos dentro de cada músculo, foi somente observado um efeito linear do tempo de fornecimento do óleo de linhaça protegido dentro do músculo *Longissimus* ($P=0,0791$), mas não para os demais contrastes e para o *Triceps*.

Raes et al. (2004), avaliando a composição em ácidos graxos desses mesmos músculos de novilhos alimentados com semente de linhaça extrusada ou esmagada ou soja em grão, também detectaram que no *Longissimus* houve uma maior concentração dos ácidos saturados C14:0 e C16:0 em relação ao *Triceps*. É possível então afirmar que o contrafilé acumula mais ácidos graxos com propriedades hipercolesterolêmicas, como os C14:0 e C16:0, do que a paleta, mas por outro lado também acumula mais ácidos graxos benéficos para a saúde humana, como o linoleico conjugado, resultado também obtido por Raes et al. (2004). Esses autores também encontraram maiores deposições de ácidos insaturados no músculo *Triceps*, assim podemos afirmar que a paleta deposita principalmente ácidos graxos de cadeia longa, sendo alguns deles importantes para a saúde humana como EPA, DTA E DHA. A inflamação é a base de muitas doenças crônicas, incluindo doenças coronárias, diabetes, artrite e câncer, sendo que o EPA e DHA tem um efeito antiinflamatório acentuando, portanto o consumo alimentar de ácidos graxos da família $\omega 3$ como esses, pode prevenir o desenvolvimento dessas doenças (SIMOPOULOS, 2008).

A menor quantidade de ácidos insaturados, polinsaturados, $\omega 3$ e $\omega 6$, e consequentemente maior de saturados observada no músculo *Longissimus* pode estar relacionada com um menor conteúdo de fosfolípidios nesse músculo, o que resulta em uma menor quantidade de ácidos graxos polinsaturados, e portanto, mais ácidos saturados (RAES et al., 2004).

O excesso de ácidos graxos insaturados $\omega 6$ e relação elevada dos ácidos $\omega 6:\omega 3$, como é encontrado nas dietas ocidentais atualmente, pode promover a patogênese de muitas doenças, incluindo cardiovasculares, câncer,

doenças inflamatórias e autoimunes (SIMOPOULOS, 2008). Portanto, a inclusão de óleos ricos em ácidos graxos ω_3 na dietas dos animais, a incorporação desses ácidos na carne bovina e o conhecimento de como os diferentes músculos incorporam esses ácidos, como encontrado no presente estudo, são fundamentais para a saúde humana. Quem sabe, num futuro próximo será possível escolher um corte cárneo com melhor composição em ácidos graxos, pois aqui fica claro que o *Triceps brachii* foi mais interessante que o *Longissimus*.

Os melhores índices qualitativos dos ácidos encontrados no músculo *Triceps* são decorrentes das maiores quantidades de ácidos graxos insaturados e conseqüentemente menores de saturados. A maior atividade da enzima elongase explicaria a maior concentração dos ácidos EPA, DTA e DHA encontrados no *Triceps* (Tabela 3), uma vez que essa é responsável por acrescentar duplas ligações aos ácidos graxos, transformando os ácidos linoleico e linolênico em ácidos de cadeia longa (RUSSO, 2009). Portanto, fica evidente que os resultados encontrados no presente estudo diferentes entre os músculos do dianteiro e do traseiro são decorrentes do metabolismo do tecido que difere entre eles, alterando a atividade enzimática e conseqüentemente a composição em ácidos graxos.

O desenvolvimento de estudos sobre tipos de fibras musculares e quantidade de fosfolipídios nos diferentes músculos bovinos submetidos a tratamentos similares aos adotados neste estudo possibilitariam o entendimento minucioso das diferentes modificações ocorridas nas composições físicas e químicas entre os músculos. Neste sentido, estudos futuros serão relevantes na consolidação da contribuição alcançada com os resultados do presente estudo.

5. Conclusões

Os músculos *Triceps brachii* e *Longissimus* apresentam metabolismo diferente e respondem de formas distintas à adição de óleo de linhaça na dieta de novilhos Nelore em terminação.

Apesar do preconceito cultural quanto a cortes cárneos do dianteiro, o *Triceps brachii* (paleta) mostrou-se uma carne de melhor qualidade do ponto de vista da saúde humana do que o *Longissimus* (contrafilé).

Agradecimentos

Ao Frigorífico Fribordogue Ltda., de Bariri, SP, por permitir gentilmente o registro e a coleta de dados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e Bellman Nutrição Animal- Ltda, pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências bibliográficas

- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE, 2012. Acesso em: <http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>. Acessado em: 10 de setembro de 2013.
- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE, 2014. Acesso em: <http://www.abiec.com.br/noticia.asp?id=1016#.Uvk6AJWYbug>. Acessado em: 5 de fevereiro de 2013.
- ABULARACH, M. L.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contra-filé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000200012> >.
- ALASNIER, C.; RÉMIGNON, H.; GANDEMER, G. Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. **Meat Science**, Champaign, v. 43, p. 213-224, 1996. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00015-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00015-0) >.
- ALVAREZ, M.I.; SANTOS, W.L.M. Evaluación de la terniza del bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <http://Unne.edu.ar/cyt/2001/4-Veterinarias/V-026>. Acessado em: 13 de fevereiro de 2013.
- ARCHILE-CONTRERAS, A. C.; MANDELL, I. B.; PURSLOW, P. P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 491-497, 2010. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2010.05.041 >.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, DC: 1995. 1011p.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**, 18.ed. Washington, DC, 2005. 3.000p.
- BESSA, R. J. B.; LOURENÇO, M.; PORTUGAL, P. V.; SANTOS-SILVA, J. Effects of previous diet and duration of soybean oil supplementation of light lambs carcass composition, meat quality and fatty acid composition. **Meat Science**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 1100-1105, 2008. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2008.05.001.>.
- BESSA, R.J.B. Revalorização nutricional das gorduras dos ruminantes. In: SYMPOSIUM EUROPEO – ALIMENTACIÓN EM EL SIGLO XXI, 1999, Badajoz. **Anais...Badajoz: Colégio Oficial de Veterinários de Badajoz**, p. 283-313, 1999.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 11-17, 1995.
- CHIZZOLINI, R.; ZANARDI, E.; DORIGONI, V.; GHIDINI, S. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, n. 4-5, p. 119-128, 1999. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00034-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00034-5)>.
- CORAZZIN, M.; BOVOLenta, S.; SEPULCRI, A.; PIASENTIER, E. Effect of whole linseed addition on meat production and quality of Italian Simmental and Holstein young bulls. **Meat Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 99-105, 2012. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2011.06.008>.
- DANIEL, M. J.; DIKEMAN, M. E.; ARNETT, A. M.; HUNT, M. C. Effects of dietary vitamin A restriction during finishing on color display life, lipid oxidation, and sensory traits of longissimus and triceps brachii steaks from early and traditionally weaned steers. **Meat Science**, Champaign, v. 81, p. 15-21, 2009. Disponível em < doi: 10.1016/j.meatsci.2008.07.003>.
- GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne - Fundamentos**. Viçosa: UFV, 2013. 197p.
- HAMM, R. **Functional properties of the miofibrillar system and their measurement**. In: BECHTEL, P.J. Muscle as food. Orlando: Academic Press, 1986. p.135-199.
- HENRIQUE, W. & PIVARO, T.M. O óleo de linhaça na alimentação de bovinos. **Pesquisa & Tecnologia**, v.9, n.2, 2012.
- HOUBEN, J. H.; VAN DIJK, A.; EIKELBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A. H. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipid oxidation in minced meat. **Meat Science**, Champaign, v. 55, n. 3, p. 331-336, 2000. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00161-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00161-8)>.
- HWANG, Y. H.; KIM, G. D.; JEONG, J. Y.; HUR, S. J.; JOO, S. T. The relationship between muscle fiber characteristics and meat quality traits of

- highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. **Meat Science**, v. 86, n. 2, p. 456-461, 2010. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.034>>.
- JOO, S. T.; KIM, G. D.; HWANG, H. W.; RYU, Y. C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, Champaign, v. 95, n. 4, p. 828-836, 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.044>>.
- KITESSA, S. M.; WILLIAMS, A.; GULATI, S.; BOGHOSSIAN, V.; REYNOLDS, J.; PEARCE, K. L. Influence of duration of supplementation with ruminally protected linseed oil on the fatty acid composition of feedlot lambs. **Animal Feed Science and technology**, v. 151, n. 3-4, p. 228-239, 2009. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeeds.2009.02.001>>.
- LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.
- LUDDEN, P. A.; KUCUK, O.; RULE, D. C.; HESS, B. W. Growth and carcass fatty acid composition of beef steers fed soybean oil for increasing duration before slaughter. **Meat Science**, Champaign, v. 82, n. 2, p. 185-192, 2009. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.009>>.
- MALAU-ADULI, A. E. O.; SIEBERT, B. D.; BOTTEMA, C. D. K. et al. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.48, n.5, p.715-722, 1997.
- OLIVEIRA, E. A.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; PIVARO, T. M.; ROSA, B. L.; FERNANDES, A. R. M.; ANDRADE, A. T. Quality traits and lipid composition of meat from Nelore Young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 28-35, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.05.024>>.
- PREZIUSO, G.; RUSSO, C. Meat quality traits of *Longissimus thoracis*, *semitendinosus* and *Triceps brachii* muscles from Chianina beef cattle slaughtered at two different ages. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v. 3, n. 3, p. 267-273, 2004.
- PUGA, D.M.V.; CONTRERAS, C.J.C.; TURNBULL, M.R. Avaliação do amaciamento de carne bovina do dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p.88-96, 1999.
- PURCHAS, R. W.; KNIGHT, T. W. BUSBOOM, J. R. The effect of production system and age on concentrations of fatty acids in intramuscular fat of the *Longissimus* and *Triceps brachii* muscles of Angus-cross heifers. **Meat Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 597-603, 2005. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.020>>.
- RAES, K.; HAAK, L.; BALCAEN, A.; CLAEYS, E.; DEMEYER, D.; DE SMET, S. Effect of linseed feeding at similar linoleic acid levels on the fatty acid composition of double-musled Belgian Blue young bulls. **Meat Science**, Champaign, v. 66, n. 2, p. 307-315, 2004. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00105-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00105-0)>.

- ROSA, B. L.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; OLIVEIRA, E. A.; PIVARO, T. M.; ANDRADE, A. T.; FERNANDES, A. R. M. Performance and carcass characteristics of Nelore young bulls fed different sources of oils, protected or not from rumen degradation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 2, p. 109-116, 2013.
- RUSSO, G. L. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. **Biochemical Pharmacology**, v. 77, n. 6, p. 937-946, 2009). Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcp.2008.10.020>>.
- SAS - Statistical Analysis System. **User's guide**. Cary:Statistics, CD-ROM, 2001.
- SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M.F.; CROUSE, J. D.; REAGAN, J. O. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 171-177, 1991.
- SIMOPOULOS, A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother**, v. 56, p. 365-379, 2002. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6)>.
- SIMOPOULOS, A. P. The importance of the omega6/omega3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. **Experimental Biology and Medicine**, v. 233, p. 674-688, 2008. Disponível em < doi: 10.3181/0711-MR-311>.
- SMITH, D. P.; FLETCHER, D. L.; BUHR, R. T.; BEYER, R. S. Pekin Duckling and Broiler Chicken Pectoralis Muscle Structure and Composition. **Poultry Science** v.72, p.202-208, 1993.
- TARRANT, V. Prioridades na pesquisa para a indústria da carne. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, São Pedro. **Anais...** Campinas: Ital, 2001. p.380.
- TORRESCANO, G.; SÁNCHEZ-ESCALANTE, A.; GIMÉNEZ, B.; RONCALES, P.; BELTRAN, J. A. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Science**, Champaign, v. 64, n. 1, p. 85-91, 2003. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00165-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00165-1)>.
- ULBRICHT, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v.338, n.8773, p.985-992, 1991. Disponível em < [http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](http://dx.doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)>.
- VANSCHOONBEEK, K.; MAAT, M. P. Fish oil consumption and reduction of arterial disease. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, n. 3, p. 657-660, 2003.
- VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fett Seifen**, v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970. Disponível em < doi: 10.1002/lipi.19700721218>.

- WHEELER, T. L.; VOTE, D.; LEHESKA, J. M.; SHACKELFORD, S. D.; BELK, K. E.; WULF, D. M.; GWARTNEY, B. L.; KOOHMARAIE, M. The efficacy of three objective systems for identifying beef cuts that can be guaranteed tender. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3315-3327, 2002.
- WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 21-32, 2003.