



OTÁVIO RODRIGUES MACHADO NETO

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA E QUALIDADE DA CARNE DE
TOURINHOS RED NORTE ALIMENTADOS
COM OLEAGINOSAS E VITAMINA E**

LAVRAS - MG

2011

OTÁVIO RODRIGUES MACHADO NETO

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE
DA CARNE DE TOURINHOS RED NORTE ALIMENTADOS COM
OLEAGINOSAS E VITAMINA E**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Márcio Machado Ladeira

Coorientadores

Dr. Tarcísio de Moraes Gonçalves

Dr. André Mendes Jorge

LAVRAS - MG

2011

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

Machado Neto, Otávio Rodrigues.

Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de
tourinhos Red Norte alimentados com oleaginosas e vitamina E /
Otávio Rodrigues Machado Neto. – Lavras : UFLA, 2011.

112 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Márcio Machado Ladeira.

Bibliografia.

1. Ácido linoleico conjugado. 2. Bovino - confinamento. 3.
Lipídeos. 4. Carne bovina - maciez. 5. Raças compostas. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.20852

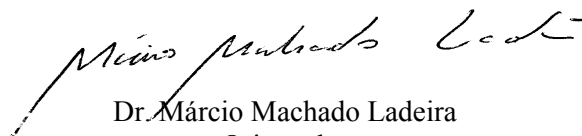
OTÁVIO RODRIGUES MACHADO NETO

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA E QUALIDADE
DA CARNE DE TOURINHOS RED NORTE ALIMENTADOS COM
OLEAGINOSAS E VITAMINA E**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de Novembro de 2011.

Dr. Mário Luiz Chizzotti	UFLA/DZO
Dr. Eduardo Mendes Ramos	UFLA/DCA
Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira	EPAMIG
Dr. Daniel de Noronha Figueiredo Vieira da Cunha	UFSJ


Dr. Márcio Machado Ladeira
Orientador

LAVRAS – MG

2011

**Aos meus pais, Antonio Carlos e Rosa e
a minha irmã, Fernanda, pelo amor,
paciência e incentivo, fundamentais
para a conclusão de mais esta etapa**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Rosa, e irmã, Fernanda, pelo apoio incondicional e incentivo para a conclusão de mais esta etapa.

A todos os meus familiares, pela torcida e apoio.

Ao Prof. Dr. Márcio Machado Ladeira, pela orientação, amizade e oportunidades concedidas ao longo dos últimos cinco anos.

Ao Prof. Dr. Mário Luiz Chizzotti, pela coorientação, amizade, irrestrito auxílio nas análises estatísticas e oportunidades concedidas.

Ao Prof. Dr. Eduardo Mendes Ramos, pela coorientação e valiosos conhecimentos transmitidos na área de Ciência da Carne.

À Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira, pelo aceite em participar da banca examinadora e sugestões para melhoria deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Daniel de Noronha Figueiredo Vieira da Cunha, pela participação na banca examinadora e sugestões para a melhoria deste trabalho.

Ao Prof. Dr. André Mendes Jorge, pela coorientação e importante troca de ideias, mesmo a distância.

Ao Prof. Dr. Marcos Neves Pereira pelos conhecimentos transmitidos em suas disciplinas e participação no exame de qualificação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo financiamento deste projeto (APQ-01672-08).

Ao Frigorífico Frigominas, por ter possibilitado a realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras, sobretudo ao Departamento de Zootecnia, por ter possibilitado a realização deste curso.

Ao pecuarista Wilson Roberto Ferreira, pelo fornecimento dos animais experimentais.

Ao amigo, Prof. Dr. Julimar do Sacramento Ribeiro, pelo auxílio nos estudos e na condução dos abates experimentais.

Ao Leonardo de Castro Santarosa, pelo imprescindível auxílio na condução do experimento.

Aos demais companheiros que fizeram parte do Grupo de Pesquisa em Bovinocultura de Corte ao longo destes cinco anos: Dalton Mendes de Oliveira, Fabiano Luis Simioni, Fabricio Rodrigues Campos, Leandro Sâmia Lopes, Marcelo Silva Bassi e José Rodolfo Reis de Carvalho.

Aos bolsistas de iniciação científica que fizeram parte deste projeto, Álvaro Augusto Nogueira Neto, Antonio José Neto, Josué Soares Firmino Hostalácio e em especial, Maria Cecília Lemes Alves e Priscilla Dutra Teixeira.

Aos estagiários: Ciro Lemos Bárbara Conte, Gustavo César Dias Silveira, Pedro Henrique Quirino Freire, Rafael Rodrigues Braga e Felipe Amadeu dos Santos pelo auxílio na condução do experimento.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” na pessoa da Dra. Maria Antonia Ladalardo Etchegarray e ao estagiário Gustavo Reis Monteiro, pelo auxílio nas análises de ácidos graxos.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelo apoio nas diferentes etapas deste trabalho.

Ao Núcleo de Estudos em Pecuária de Corte, pelas oportunidades concedidas e grandes amizades construídas.

Aos amigos da graduação: Adenilson José Paiva, João Paulo Franco da Silveira, Vivian Lo Tierzo, Thiago Gomes dos Santos Braz, Gabriela de Abreu Saunders e Leandra Leal Costa.

Aos amigos de república, Fábio Abdo Araújo, Fabiano Luis Simioni, Fabricio Rodrigues Campos, Izac Leopoldino Júnior e André Paravizo, pela amizade e agradável convívio.

Aos Professores da UFRRJ: Pedro Antonio Muniz Malafaia, João Batista Rodrigues de Abreu, Carlos Elysio Moreira da Fonseca e José Bonifácio Menezes, pelos importantes ensinamentos.

Aos amigos de Guaratinguetá, pelo apoio e incentivo.

RESUMO GERAL

Objetivou-se com o presente experimento, avaliar o ganho médio diário (GMD), características de carcaça, rentabilidade do confinamento, perfil de ácidos graxos e a qualidade da carne de bovinos alimentados com oleaginosas e vitamina E. Utilizaram-se 40 tourinhos da raça Red Norte, com peso corporal inicial médio de 339 ± 15 kg. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 2×2 . O experimento teve duração de 84 dias e as dietas apresentavam soja grão (GS) ou caroço de algodão (CA) como fonte de lipídeos associadas ou não à suplementação diária de 2.500 UI de vitamina E por animal. A relação concentrado:volumoso foi de 60:40. As dietas foram isonitrogenadas (13% PB) e com o mesmo teor de extrato etéreo (6,5%). Além das características quantitativas da carcaça foram avaliadas a composição centesimal, perfil de ácidos graxos, índice de oxidação lipídica (TBARS) maciez e coloração. Os dados foram analisados por meio do *software* estatístico SAS 9.1. Não houve interação entre fonte lipídica e suplementação vitamínica para as variáveis estudadas. A inclusão de CA reduziu o rendimento de carcaça (RC) e a espessura de gordura subcutânea (EGS). A utilização de GS implicou em redução da margem bruta. A carne de animais alimentados com GS apresentou pior coloração. A gordura subcutânea dos animais alimentados com a dieta com CA apresentou maior concentração de C16:0 e C18:0 ($P < 0,01$). Observou-se maior atividade das enzimas $\Delta 9$ dessaturase no músculo e gordura subcutânea de animais alimentados com GS ($P < 0,01$). A inclusão de CA reduziu a concentração de ácidos graxos insaturados (AGI) e CLA na gordura subcutânea ($P < 0,05$). Entretanto, observou-se concentrações superiores de C18:1 trans-11 ($P < 0,05$). No músculo, verificou-se tendência de aumento da concentração de C16:0 e C18:0. Animais alimentados com CA apresentaram menor concentração de C18:2 e CLA no músculo ($P < 0,05$). Aos 42 dias de maturação, a carne de bovinos alimentados com GS apresentou maior índice de TBARS ($P < 0,05$). Conclui-se que a inclusão de CA resulta em aumento da concentração de ácidos graxos saturados da carne. No entanto, a suplementação com GS, apesar de melhorar o perfil lipídico, reduz a estabilidade lipídica e prejudica a coloração da carne maturada. A inclusão de CA não prejudica o desempenho de bovinos confinados, mas reduz a EGS e o RC, apesar de promover melhoria na rentabilidade. Ademais, a carne de bovinos alimentados com CA apresenta coloração mais atrativa, maior estabilidade lipídica e menor concentração de AGI.

Palavras-chave: Ácido linoleico conjugado. Confinamento. Lipídeos. Maciez. Raças Compostas. Rentabilidade.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this research was evaluate the average daily gain (ADG), carcass characteristics, profitability of feedlot, fatty acid profile and meat quality of cattle fed oilseeds and vitamin E. Forty young bulls of the Red Norte breed were used, with average initial body weight 339 ± 15 kg. The experimental design was completely at random in factorial arrangement 2x2. The experiment lasted 84 days and the diets showed grain soybean (GS) or cotton seed (CS) as a source of lipids associated or not with daily supplementation of 2.500 IU of vitamin E per animal. The concentrate: forage ratio was 60:40. Diets were isonitrogenous (13% CP) and with the same amount of ether extract (6.5%). In addition to the quantitative characteristics of the carcass were evaluated chemical composition, fatty acid profile, index of lipid oxidation (TBARS), softness and color. Data were analyzed using SAS 9.1 statistical software. There was no interaction between lipid source and vitamin supplementation for the variables studied. The inclusion of cotton seed (CS) decreased carcass yield (CY) and subcutaneous fat thickness (SFT). The use of grain soybean resulted reduction in gross margin. Meat from animals fed with GS had a worse color. The subcutaneous fat of animals fed with CS diet had a higher concentration of C16: 0 and C18:0 ($P<0.01$). A higher $\Delta 9$ desaturase enzyme activity in muscle and subcutaneous fat of animals fed with GS ($P<0.01$). The inclusion of CS reduced the concentration of unsaturated fatty acids (UFA) and CLA in subcutaneous fat ($P<0.05$). However, It was observed higher concentrations of C18:1 trans-11 ($P<0.05$). In muscle, there was a trend towards increased concentration of C16:0 and C18:0. Animals fed with CS showed lower concentrations of C18:2 and CLA in muscle ($P<0.05$). At 42 days of ripening, the meat of cattle fed with GS had higher index of TBARS ($P<0.05$). It is concluded that the inclusion of CS results in increased concentration of saturated fatty acids of meat. However, supplementation with GS, despite improving the lipid profile, reduces lipid stability and affect the color of ripening meat. The inclusion of CS does not affect the performance of feedlot cattle, but reduces the SFT and the CY, although it promotes improvement in profitability. Furthermore, the meat of cattle fed with CS presents attractive coloration, greater lipid stability and lower concentration of UFA.

Keywords: Conjugated linoleic acid. Confinement. Lipids. Softness. Composite breeds. Profitability.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

- Figura 1 Rotas de biohidrogenação dos ácidos α -linolênico (A), linoleico (B) e oleico (C)..... 22
- Figura 2 Rotas de formação dos ácidos graxos das séries n-3 e n-6 por meio de um conjunto de reações de alongamento e dessaturação da cadeia..... 31

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Valores observados para concentração de malonaldeído (mg/kg de carne) na carne de tourinhos alimentados com grão de soja (SG), grão de soja + vitamina E (SGE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta, durante o armazenamento refrigerado (2°C) 98
- Figura 2 Índice de luminosidade (L*), índice de vermelho (a*), índice de amarelo (b*), índice de saturação (C*) e índice de tonalidade (h*) nos tempos 0, 7, 14 e 21 dias de maturação, da carne de tourinhos alimentados com grão de soja (GS) ou caroço de algodão (CA)..... 100

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Ingredientes e composição química das dietas experimentais ...	54
Tabela 2	Peso vivo inicial, final e desempenho de tourinhos alimentados com soja grão (SG), grão de soja + vitamina E (SGV), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAV)	59
Tabela 3	Características quantitativas da carcaça de tourinhos alimentados com soja grão (SG), grão de soja + vitamina E (SGV), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAV)	61
Tabela 5	Avaliação econômica do confinamento de novilhos alimentados com diferentes fontes de lipídeos na dieta (no primeiro semestre de 2009).....	65

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Composição química e de ingredientes das dietas experimentais	76
Tabela 2	Médias e erros padrões do pH inicial e final da carcaça e da composição centesimal da carne de tourinhos alimentados com grão de soja (GS), grão de soja + vitamina E (GSE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta	82
Tabela 3	Porcentagem dos principais ácidos graxos da silagem e das principais fontes de lipídeos utilizadas na dieta	83

Tabela 4	Porcentagem dos principais ácidos graxos presentes no músculo e na gordura subcutânea de tourinhos alimentados com grão de soja (GS), grão de soja + vitamina E (GSE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta.....	89
Tabela 5	Médias e erros padrões das médias das proporções dos ácidos graxos da gordura subcutânea (%) e no músculo (%) de tourinhos Red Norte alimentados com grão de soja (SG), grão de soja + vitamina E (SGE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta.....	93
Tabela 6	Médias e erros padrões das médias dos índices das enzimas envolvidas no metabolismo de ácidos graxos e índice de aterogenicidade da gordura subcutânea e no músculo de tourinhos Red Norte alimentados com grão de soja (SG), grão de soja + vitamina E (SGE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta.....	95

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	14
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Oleaginosas na alimentação de bovinos	17
2.2 Biohidrogenação ruminal	20
2.3 Perfil de ácidos graxos e qualidade da carne bovina	25
2.4 Vitamina E e seus efeitos sobre coloração e oxidação da carne bovina	32
REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO 2 DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA, MACIEZ DA CARNE E ANÁLISE ECONÔMICA DO CONFINAMENTO DE TOURINHOS ALIMENTADOS COM OLEAGINOSAS E SUPLEMENTADOS OU NÃO COM VITAMINA E	49
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	68
CAPÍTULO 3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E QUALIDADE DA CARNE DE TOURINHOS RED NORTE ALIMENTADOS COM OLEAGINOSAS E VITAMINA E	71
1 INTRODUÇÃO	73
2 MATERIAL E MÉTODOS	75
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4 CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS	103

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado nas últimas décadas como um grande produtor de oleaginosas e entre estas podemos destacar o algodão e a soja, uma vez que para o ano de 2011 espera-se um aumento de aproximadamente 73% na produção nacional de algodão, passando de aproximadamente 2,9 milhões de toneladas para cerca de 5 milhões de toneladas. Já para a soja, as estimativas indicam um aumento de 9,8% na produção nacional, o que representa um aumento das atuais 68 milhões de toneladas para cerca de 75 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). Como consequência do aumento da disponibilidade, a utilização destas fontes lipídicas na alimentação de bovinos de corte pode ser uma estratégia para se alcançar desempenho superior e consequentemente redução na idade de abate.

O caroço de algodão é um alimento utilizado quase que na totalidade dos confinamentos de bovinos de corte do Brasil, o que pode ser justificado pelas suas características químico-bromatológicas, uma vez que possui cerca de 20% de EE, 45% de FDN e 22% de PB (VALADARES FILHO; PAULINO; MAGALHÃES, 2006), além de seu baixo custo quando comparado a soja. Uma vez que a proporção de concentrado nas dietas de bovinos confinados no país tem aumentado, a inclusão de alimentos alternativos como o caroço de algodão é de grande importância para a redução do custo diário da alimentação e manutenção da saúde ruminal. A inclusão de gordura em dietas de terminação pode aumentar a eficiência alimentar e melhorar o ganho de peso diário, além de poder amenizar o estresse calórico, mas geralmente não afeta a composição da carcaça. Verifica-se na literatura uma grande variedade de respostas à utilização

de gordura suplementar em dietas de bovinos confinados. Vários fatores podem afetar a resposta dos animais quando da utilização deste tipo de suplemento. Entre estes, podemos incluir a fonte de ácidos graxos utilizada, a concentração de ácidos graxos livres, o grau de saturação da gordura, o nível de suplementação utilizado além da forma física do alimento.

Nutricionalmente, os lipídeos são uma excelente fonte de energia, haja vista que sua concentração de energia líquida (EL) é aproximadamente três vezes superior à do milho, além de ser uma importante fonte de ácidos graxos essenciais. Ao trabalhar com fontes de lipídeos na alimentação de bovinos de corte, deve-se analisar, além do desempenho dos animais, o efeito do uso destes ingredientes sobre a qualidade da carne, tendo em vista que podem ocorrer alterações no perfil dos ácidos graxos da mesma. Uma das possíveis consequências da inclusão de oleaginosas em dietas de bovinos em terminação é o aumento da concentração de ácidos graxos insaturados na carne, o que é interessante do ponto de vista da saúde humana. No entanto, à medida que se observa aumento na proporção de ácidos graxos insaturados na carne bovina aumenta também a susceptibilidade desta à peroxidação lipídica.

Os ácidos graxos insaturados da carne oxidam-se facilmente, ocasionando o desenvolvimento de odor e sabor desagradáveis. Como consequência da oxidação lipídica, a descoloração da carne pode ser estimulada e devido a este fato, estratégias que possam retardar estes processos, são de grande interesse da indústria da carne bovina. Carnes que estão em fase de descoloração têm menor preço de mercado e em muitas situações são utilizadas para a obtenção de produtos cárneos com menor valor agregado, como exemplo, hambúrgueres. Sendo assim, estratégias que possam aumentar a estabilidade lipídica e de coloração da carne bovina tem grande importância para toda a cadeia produtiva. A suplementação supranutricional de vitamina E tem sido

descrita na literatura como uma estratégia que possibilita o aumento da vida de prateleira da carne bovina.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o efeito da utilização de grão de soja ou caroço de algodão moídos, associados ou não à suplementação de 2500 UI de vitamina E sobre o desempenho, eficiência alimentar, viabilidade econômica do confinamento, características de carcaça e qualidade da carne de tourinhos Red Norte terminados em confinamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Oleaginosas na alimentação de bovinos

O fornecimento de grãos de oleaginosas não processadas pode reduzir o efeito negativo dos lipídeos sobre a digestão de outros componentes da dieta, principalmente a fibra (HESS; MOSS; RULE, 2008). Lammoglia et al. (1999) avaliaram o efeito do processamento sobre o desaparecimento ruminal da matéria seca da semente de cártamo e observaram que nas sementes intactas, após 48 horas de incubação *in situ* foi observado o desaparecimento de 12% da matéria seca, ao passo que em sementes que foram moídas em moinho de rolo com o objetivo de quebrar 90% das cascas mas não de extrair o óleo, foi observado o desaparecimento de 56% da matéria seca. No entanto, o esmagamento (HUSSEIN; MERCHEN; FAHEY JÚNIOR, 1995), a extrusão (ALBRO; WEBER; DELCURTO, 1993; FERLAY et al., 1992) e a moagem (LEUPP et al., 2006) de oleaginosas apresentam pouco impacto sobre a digestibilidade de dietas com alta proporção de volumoso. Embora os ácidos graxos insaturados contidos no interior das sementes de oleaginosas estejam protegidos da degradação ruminal e conseqüentemente da biohidrogenação, estas sementes podem continuar intactas durante sua passagem por todo o trato digestivo (HESS; MOSS; RULE, 2008), tendo como conseqüência uma baixa digestibilidade no intestino delgado. Maddock, Bauer e Koch (2006) verificaram que novilhos em terminação submetidos a suplementação com 8% de linhaça apresentaram aumento no teor de gordura intramuscular do músculo *Longissimus dorsi*, sendo que em novilhos alimentados com linhaça laminada ou moída foi observado um maior aumento quando comparados aos novilhos submetidos a suplementação com linhaça integral. Diante do exposto, verifica-se que a moagem de oleaginosas pode aumentar a disponibilidade de nutrientes

para absorção no intestino delgado, permitindo melhoria do desempenho e composição de carcaça. De acordo com Maddock, Bauer e Koch (2006) a moagem ou a quebra da casca da linhaça aumenta a energia líquida de manutenção (ELm) e de ganho (ELg) das dietas com inclusão desta oleaginosa. Ademais, Pires, Eastridge e Firkins (1997), em experimento com vacas leiteiras, observaram que a moagem do caroço de algodão proporcionou aumento da digestibilidade total da matéria orgânica e também da proteína bruta, sem efeitos sobre a produção de leite. No entanto, Cranston et al. (2006), avaliaram o efeito da utilização de dietas com cerca de 95% de concentrado, contendo caroço de algodão integral ou uma mistura de farelo, óleo e casca de algodão, além de uma dieta controle à base de milho floculado, todas com aproximadamente 10% de EE e 13% de PB. Os autores observaram redução do rendimento de carcaça e marmoreio da carne de animais submetidos aos tratamentos com caroço de algodão, entretanto o ganho de peso diário não foi afetado.

Segundo Millen et al. (2009) o caroço de algodão é o principal subproduto da agroindústria utilizado em dietas para bovinos confinados no Brasil, sendo que 45,2% dos confinamentos tem este subproduto como primeira opção. O nível médio de inclusão de caroço de algodão em dietas de confinamento no Brasil é de 15%, atingindo o nível máximo de 27,5% (MILLEN et al., 2009). Aferri et al. (2005) utilizando dietas com 81% de concentrado tendo a cana-de-açúcar como volumoso exclusivo, avaliaram o efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas (5% de sais de cálcio de ácidos graxos ou 21% de caroço de algodão), sobre o desempenho e características de carcaça de novilhos Nelore, não tendo sido verificado efeito das dietas sobre estas variáveis. Pesce (2008) avaliou o efeito de níveis de caroço de algodão (0, 10 ou 20% da MS dietética) em dietas com 80% de concentrado e observou melhorias no desempenho e eficiência alimentar dos animais com a utilização desta oleaginosa, sendo que as características quantitativas da carcaça também

não sofreram efeito dos tratamentos. Já Costa (2009) avaliou o efeito de níveis crescentes de caroço de algodão (0; 14,35; 27,51 e 34,09% da MS dietética) em dietas contendo 50% de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo e observaram redução linear do ganho de peso diário, do peso de carcaça quente e espessura de gordura subcutânea. Em um experimento avaliando a inclusão de 0, 15 ou 30% de caroço de algodão em dietas sem volumoso, Huerta-Leidenz et al. (1991) não observaram efeito das dietas sobre o ganho de peso médio diário e espessura de gordura subcutânea. No entanto, a inclusão de caroço de algodão promoveu redução da área de olho de lombo (AOL) e do peso de carcaça quente. Estes resultados podem ser justificados pela maior concentração de fibra das dietas contendo caroço de algodão e a consequente redução da concentração energética da mesma.

Felton e Kerley (2004) realizaram dois experimentos para avaliar o efeito da substituição do farelo de soja por grão de soja integral na dieta de bovinos em terminação. Os experimentos consistiram na utilização de quatro níveis de grão de soja no concentrado (0, 8, 16 ou 24% da MS dietética) e dois níveis de volumoso (8 ou 15% da MS). Não foram observados efeitos das dietas experimentais sobre o ganho de peso diário, no entanto verificou-se uma tendência de redução no peso de carcaça quente com o aumento do nível de inclusão desta oleaginosa. O mesmo efeito não foi observado em outros experimentos avaliando esta oleaginosa (BRANDT JÚNIOR; ANDERSON, 1990; EWEEDAH et al., 1997). Já Oliveira et al. (2011) trabalhando com dietas de maior proporção de volumoso (40% da MS dietética) contendo grão de soja moído, caroço de algodão moído ou semente de linhaça, além de uma dieta sem lipídeo suplementar, não verificaram efeitos destas dietas sobre a espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL). No entanto, o autor verificou efeito da suplementação com caroço de algodão sobre o rendimento de carcaça quente, o que tem sido descrito na literatura, uma vez que o maior teor

de FDN nas dietas com inclusão deste alimento proporciona aumento do volume da digesta no trato gastrointestinal. Cònsolo et al. (2011) avaliaram o efeito da inclusão de 0, 8, 16 ou 24% de soja integral na MS da dieta de bovinos confinados e não observaram efeito destas dietas experimentais sobre o desempenho e características quantitativas da carcaça. Em experimento avaliando a utilização de grão de soja moído ou de sais de cálcio de ácidos graxos, Santarosa (2011) também não verificou diferenças significativas entre as dietas utilizadas no que diz respeito aos seus efeitos sobre o desempenho, eficiência alimentar e características quantitativas da carcaça bovina.

Diante dos resultados descritos na literatura e apresentados acima, verifica-se que a utilização de grão de soja em dietas de bovinos em terminação parece afetar muito pouco as variáveis relacionadas ao desempenho animal e também características de carcaça, como área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e rendimento de carcaça. Entretanto, em relação ao caroço de algodão, observa-se que em função do nível utilizado pode ocorrer redução da espessura de gordura subcutânea, bem como do rendimento de carcaça.

2.2 Biohidrogenação ruminal

Animais ruminantes alimentados com dietas convencionais normalmente consomem limitadas quantidades de lipídeos. No entanto, a utilização deste nutriente na alimentação de bovinos de corte permite o aumento da concentração energética da dieta dos animais. O teor de lipídeos na dieta afeta direta e indiretamente a produção ruminal de ácidos graxos voláteis, a digestibilidade da dieta e o suprimento de ácidos graxos para o animal. As ligações éster existentes entre ácidos graxos e o glicerol são hidrolisadas de maneira rápida e extensiva pelas enzimas microbianas lipolíticas no rúmen, tendo como consequência a formação de ácidos graxos livres e glicerol (JENKINS, 1993). O glicerol

oriundo desta hidrólise pode então ser metabolizado pelos microrganismos ruminais para produzir ácidos graxos voláteis (NAGARAJA et al., 1997).

Os AGI livres, liberados como consequência da hidrólise microbiana, podem exercer efeitos antimicrobianos no ambiente ruminal (PALMQUIST; JENKINS, 1980), o que resultaria em alterações da proporção molar dos ácidos graxos voláteis (DOREAU; CHILLIARD, 1997). Para reduzir os efeitos tóxicos dos AGI os microrganismos ruminais utilizam a biohidrogenação ruminal (Figura 1), sendo que o ácido esteárico (C18:0) é formado ao término das reações (JENKINS, 1993). Todavia, o acúmulo de ácido linoleico no ambiente ruminal pode inibir a biohidrogenação completa (JENKINS; ADAMS, 2002).

Dessa forma, a suplementação da dieta de bovinos com ácidos graxos insaturados pode aumentar a passagem destes para o intestino delgado, o que possibilita maior absorção e consequentemente, a alteração do perfil de ácidos graxos da carne destes animais. Os ácidos graxos de cadeia longa não são utilizados como fonte de energia pelos microrganismos ruminais, sendo que os ácidos graxos oriundos da dieta apenas sofrem transformação (biohidrogenação) pela ação destes. A quantificação dos ácidos graxos que atingem o duodeno para posterior absorção é de grande importância para que se possa estimar a transferência destes para os tecidos (MERCHEN; ELIZALDE; DRACKLEY, 1997).

As taxas de lipólise e biohidrogenação irão depender da quantidade e do tipo de fonte lipídica fornecida aos animais (BEAM et al., 2000) e do pH ruminal (VAN NEVEL; DEMEYER, 1996). No entanto, o grau médio de biohidrogenação ruminal é de 70%, podendo variar de 60 a 90% (ZINN et al., 2000). De acordo com Hess, Moss e Rule (2008) a medida que se aumenta o teor de lipídeos nas dietas de ruminantes, tem-se um aumento no escape de triglicérides para o intestino delgado, como consequência da redução na

lipólise e biohidrogenação ruminal de ácidos graxos, o que colabora para a alteração do perfil de ácidos graxos dos tecidos.

O ácido linoleico conjugado (C18:2 cis-9, trans-11), produzido como consequência da biohidrogenação incompleta do ácido linoleico, tem sido alvo de muitos estudos e efeitos benéficos do seu uso, para a saúde humana, têm sido relatados. Entre esses, pode-se destacar a prevenção de câncer, redução de aterosclerose, melhoria da resposta imune além de modificações do metabolismo proteico e energético (BELURY, 2002; PALMQUIST et al., 2005; PARIZA, 2004; WHIGHAM; COOK; ATKINSON, 2000). É importante salientar que a isomerização e biohidrogenação ruminal do ácido linoleico é fortemente influenciada pelo pH (BESSA et al., 2000). Griinari e Bauman (1999) relataram que em condições de baixo pH, ao invés da produção do ácido vaccênico (C18:1 trans-11) poderá ocorrer a síntese de C18:1 trans-10 e consequentemente C18:2 trans-10, cis-12.

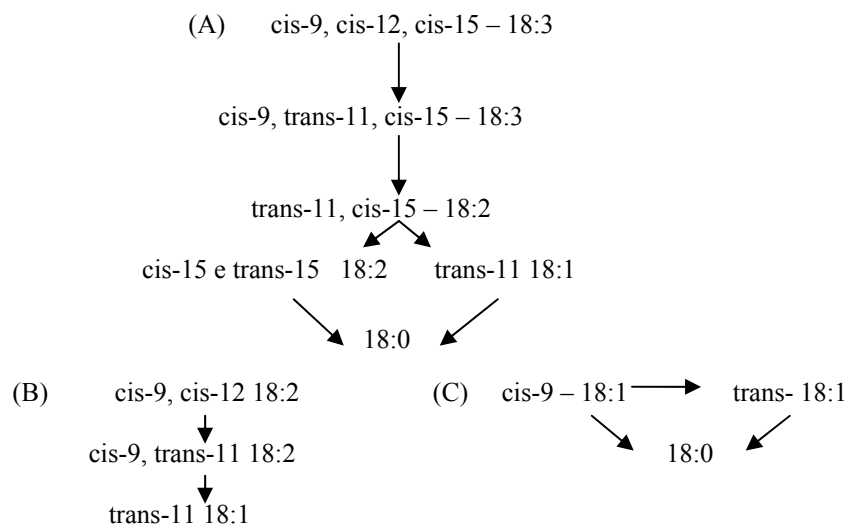


Figura 1 Rotas de biohidrogenação dos ácidos α -linolênico (A), linoleico (B) e oleico (C)

Fonte: Adaptado de Harfoot e Hazlewood (1988)

O C18:2 cis-9, trans-11, está presente em maiores concentrações nos produtos oriundos de ruminantes, sendo que em produtos oriundos de não ruminantes sua concentração é irrisória. Este fenômeno ocorre devido ao fato de que para a sua síntese, há necessidade de ação das bactérias ruminais sobre o ácido linoleico. O C18:2 cis-9, trans-11 é considerado o principal isômero de CLA com benefícios sobre a saúde humana (PARIZA, 2004). Além disso, o ácido graxo C18:1 trans-11 (ácido vaccênico), que também é um intermediário da biohidrogenação dos ácidos linoleico e linolênico, é substrato para a formação de C18:2 cis-9, trans-11 no tecido adiposo do animal. Segundo Griinari e Bauman (1999) apenas pequena porção do CLA é diretamente absorvida no intestino delgado e incorporada aos tecidos, ademais, de acordo com Knight, Knowles e Death (2003) a dessaturação do ácido vaccênico é a principal fonte de CLA nos lipídeos musculares. Desta forma, estratégias que possibilitem o aumento no fluxo de ácido vaccênico para o intestino delgado e sua posterior absorção colaboram de forma decisiva para o aumento da concentração de CLA na carne bovina.

Principais microrganismos envolvidos na biohidrogenação

A bactéria ruminal *Butyrivibrio fibrisolvens* foi identificada como um importante microrganismo envolvido na biohidrogenação de ácidos graxos e síntese de C18:2 cis-9, trans-11 e C18:1 trans-11, durante o processo de biohidrogenação do ácido linoleico (KEPLER et al., 1966; POLAN; McNEILL ; TOVE , 1964). Entretanto, esta bactéria não está envolvida na formação de ácido esteárico a partir do ácido linoleico. A maioria das bactérias isoladas do rúmen por Kemp, White e Lander (1975) convertiam ácido linoleico até C18:1, principalmente trans-11, tendo sido então denominadas como “Grupo A” por este autor. Bactérias que tinham a capacidade de produzir ácido esteárico foram denominadas de bactérias do “Grupo B”, sendo que algumas espécies envolvidas

nesta etapa da biohidrogenação foram identificadas por Kemp, White e Lander (1975) como sendo *Fusocillus spp.* Mais recentemente, van Vossenberg e Joblin (2003) isolaram de uma vaca em sistema de pastejo, uma bactéria que também poderia formar ácido esteárico a partir de ácido linoleico, sendo que esta era fenotipicamente semelhante ao gênero *Fusocillus* e filogeneticamente próxima de *Butyrivibrio hungatei*.

Maia et al. (2006) realizaram experimentos com o objetivo de avaliar a importância quantitativa de diferentes espécies microbianas na biohidrogenação ruminal e também para identificar as bactérias mais importantes na conversão de ácido vaccênico à ácido esteárico. Onze das 26 espécies de bactérias ruminais predominantes no meio, metabolizaram o ácido linoleico de forma substancial, aparentemente através de várias rotas possíveis. O produto oriundo da biohidrogenação do ácido linoleico mais comumente observado foi o ácido vaccênico, que foi produzido por três linhagens de *Butyrivibrio* e 2 linhagens de *Clostridium proteoclasticum*. No entanto, somente *C. proteoclasticum*, produziu C18:0. Uma vez que o ácido vaccênico é formado a partir do C18:2 cis-9, trans-11, bactérias que produzem ácido vaccênico, devem também ser consideradas produtoras deste isômero de CLA. Apesar de sua nomenclatura, o *C. proteoclasticum* tem muitas características semelhantes ao gênero *Butyrivibrio*.

Wallace et al. (2006) avaliaram a capacidade de bactérias em metabolizar o ácido linoleico, tendo verificado que apenas um pequeno grupo de bactérias que produzem CLA e ácido vaccênico são capazes de produzir ácido esteárico. Neste trabalho os autores verificaram que as bactérias produtoras de ácido esteárico eram morfologicamente semelhantes ao gênero *Fusocillus* além também de apresentar propriedades metabólicas próximas das observadas neste gênero. Através de análises filogenéticas, essas bactérias foram identificadas como sendo *Clostridium proteoclasticum*.

Em relação aos protozoários, pode-se afirmar que cerca da metade de biomassa microbiana ruminal é composta por estes microrganismos (WILLIAMS; COLEMAN, 1992) e que aproximadamente 75% dos ácidos graxos microbianos ruminais estão contidos neles. Diante disso, pode-se inferir que estes microrganismos representam uma importante fonte de ácidos graxos poli-insaturados, ácido linoleico conjugado e ácido vaccênico.

Os fungos anaeróbicos ruminais são os microrganismos em menor concentração no ambiente ruminal. No entanto, estes têm grande importância no metabolismo ruminal devido à sua grande atividade celulolítica (WILSON; WOOD, 1992). Segundo Kemp, White e Lander (1975), o fungo *Pyromices communis* tem a capacidade de converter ácido esteárico em ácido oleico. Estes autores incubaram *P. communis* em um meio com os ácidos linoleico e oleico e observaram a formação de ácidos conjugados. Maia et al. (2006) cultivaram duas espécies de fungos ruminais: *P. communis* e *Neocallimastix frontalis* em um meio com 50 µg/mL de ácido linoleico e observaram que não houve crescimento de *P. communis* no meio, no entanto o fungo *N. frontalis* metabolizou cerca de 50% do ácido linoleico presente, produzindo C18:2 cis-9, trans-11. No entanto, a capacidade deste fungo em formar CLA é muito baixa quando comparada à atividade observada para a bactéria *B. fibrisolvens*.

2.3 Perfil de ácidos graxos e qualidade da carne bovina

A carne bovina fornece ao ser humano, muitos nutrientes essenciais, incluindo lipídeos, e pode ser uma parte importante de uma dieta equilibrada (WILLIAMSON; FOSTER; STANNER, 2005). Em todo o mundo, tem sido observada uma tendência de aumento no consumo de carnes, com um crescimento acima de 10% desde 1960 (VALSTA; TAPANAINEN; MÄNNISTÖ, 2005). No entanto, tem sido observada atualmente grande

preocupação dos consumidores de produtos de origem animal em relação ao teor de ácidos graxos saturados destes alimentos. Os consumidores têm sido críticos da carne de ruminantes devido ao seu teor de ácidos graxos saturados e baixa relação AGPI/AGS (ENSER et al., 1996).

Para desconstruir a imagem negativa e equivocada sobre a carne bovina e aumentar o consumo deste produto, as suas qualidades nutricionais devem ser evidenciadas, uma vez que é uma excelente fonte de proteínas de alto valor biológico, ferro e vitaminas do complexo B. Além disso, está bem estabelecido na literatura que o perfil de ácidos graxos da carne oriunda de animais ruminantes pode ser modificado através da dieta dos animais (OLIVEIRA et al., 2011; SCHMID et al., 2006). O objetivo da manipulação da qualidade da carne através da utilização de fontes lipídicas deve ser a redução do teor de ácidos graxos saturados, principalmente os ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) devido aos seus efeitos hipercolesterolêmicos e também o aumento da concentração de ácidos graxos monoinsaturados, especialmente o ácido oleico (C18:1,cis-9), além disso o aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados e melhoria da relação n-6/n-3 é altamente desejável (HOWE et al., 2005). Ademais, uma variedade de efeitos fisiológicos benéficos tem sido atribuída ao CLA cis-9,trans-11 e também ao CLA trans-10,cis-12, entre os quais podem ser destacados os efeitos anticarcinogênicos e antilipogênicos, bem como a redução dos riscos de desenvolvimento de aterosclerose como consequência da diminuição dos níveis séricos de LDL (AKAHOSHI et al., 2003; HUANG et al., 2008; ; MACDONALD, 2000; PARK; KIM; BAIK, 2010; RISERUS et al., 2004). Recentes estudos têm demonstrado que a concentração de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa e de CLA pode ser aumentada na carne de ruminantes através da manipulação das dietas de terminação (DANNENBERGER et al., 2004; SCOLLAN; CHOI; KURT, 2005). Para que estes objetivos sejam alcançados há necessidade do fornecimento de

ácidos graxos insaturados por meio das dietas dos animais. Uma possibilidade seria através da inclusão dietética de oleaginosas, uma vez que estas são ricas em ácido linoleico (C18:2 cis-9,cis12). As sementes de oleaginosas além de serem excelentes fontes protéicas possuem alto teor lipídico, podendo chegar a aproximadamente 45% de sua composição (TURNER et al., 2009). Como consequência de seu elevado teor lipídico, a sua inclusão nas rações de animais em terminação pode colaborar para o aumento do fluxo de ácidos graxos insaturados para o intestino delgado. De acordo com Hess, Moss e Rule (2008) a medida que se aumenta a concentração de lipídeos nas dietas de ruminantes, tem-se uma redução na extensão da lipólise e conseqüentemente da biohidrogenação. Com isso, é possível aumentar a proporção de ácidos graxos insaturados que atingem o intestino delgado e que estão disponíveis para absorção e posterior incorporação aos tecidos.

Sinclair, Slattery e O'Dea (1982) ao avaliarem o perfil de ácidos graxos na carne de bovinos encontraram os teores de 49,0; 42,2 e 8,8% para os AGS, ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), respectivamente. Madron et al. (2002) encontraram que os principais ácidos graxos na carne bovina foram o ácido oleico (C18:1) (38,5%), o ácido palmítico (C16:0) (25,7%) e o ácido esteárico (C18:0) (15,4%).

Scollan, Choi e Kurt (2000) conseguiram aumentar os teores de AGPI na carne de novilhos recebendo gordura protegida de linhaça e óleo de peixe. O mesmo ocorreu em pesquisa realizada por Felton e Kerley (2004), que ao avaliarem o perfil de ácidos graxos de bovinos alimentados com dietas tradicionais e dietas com altos níveis de lipídeos, encontraram menores concentrações dos AGS mirístico e palmítico, no músculo dos animais que receberam maiores teores de lipídeos. Por sua vez, Madron et al. (2002) não encontraram diferenças na proporção AGS:AGI quando os animais receberam dieta controle e com diferentes níveis de inclusão de soja integral extrusada. As

concentrações de AGS foram próximas de 46,0% neste experimento. Resultados similares também foram encontrados por Anderson, Lauderdale e Hike (1986) e Wood (1983).

Como no Brasil o caroço de algodão apresenta alta disponibilidade para utilização em dietas de bovinos confinados e também na forma de suplemento para animais a pasto, é de grande importância avaliar o impacto do uso deste alimento sobre o perfil de ácidos graxos da carne bovina. Willey et al. (1952) incluíram 5% de óleo de algodão na dieta de novilhos em terminação e observaram que houve aumento da concentração de ácidos graxos saturados na gordura subcutânea destes animais com uma concomitante redução da concentração de ácido oleico na mesma. No entanto, Huerta-Leidenz et al. (1991), avaliaram o efeito da inclusão de 0, 15 ou 30% de caroço de algodão na dieta de bovinos confinados e não observaram efeito do nível deste alimento sobre o teor de ácidos graxos monoinsaturados da gordura subcutânea. Já Roberts e McKirdy (1964), forneceram óleo de canola ou cártamo na dieta de bovinos confinados e observaram aumento da concentração de ácidos graxos monoinsaturados na gordura perirenal. No experimento de Pesce (2008) foram avaliados os efeitos da inclusão de 10 ou 20% de caroço de algodão às dietas de bovinos confinados, além de um grupo controle. Foi verificado aumento do teor de ácidos graxos poliinsaturados e redução do teor de ácidos graxos monoinsaturados. Entretanto, não foram observados efeitos sobre o teor de ácidos graxos saturados. Costa (2009) também avaliou o efeito de diferentes níveis de caroço de algodão na dieta (0; 14,35; 27,51 e 34,09% da MS) em dietas com 50% de concentrado tendo a cana-de-açúcar como volumoso exclusivo. O autor observou redução linear do teor dos ácidos miristoleico, palmitoleico e oleico na carne dos animais submetidos aos diferentes tratamentos dietéticos e tendência de aumento nas concentrações de ácido esteárico. Diante dos

resultados observados por este autor, é possível inferir que a capacidade de dessaturação por parte da enzima $\Delta 9$ -dessaturase foi reduzida.

Embora o autor não faça nenhum comentário sobre essa possibilidade, tem sido relatado na literatura que o caroço de algodão possui ácidos graxos ciclopropenoides (ácidos estercúlico e malvático) que inibem de forma irreversível a atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase. Devido a estes fatores pode-se afirmar a inclusão de altos níveis de caroço de algodão em dietas de bovinos em terminação, apesar de apresentar baixo custo pode promover redução da concentração de ácidos graxos considerados benéficos à saúde humana.

O tecido adiposo de mamíferos possui enzimas dessaturases, que criam duplas ligações do tipo cis nos ácidos graxos, através da remoção de dois átomos de hidrogênio em locais específicos da cadeia (TURNER, 2010). A enzima $\Delta 9$ -dessaturase, é responsável pela conversão de ácidos graxos saturados (AGS) em ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), sendo que a atividade desta aumenta à medida que o acúmulo de gordura na carcaça se intensifica (SMITH et al., 2009; DUCKETT; ANDRAE; OWENS, 1993). Entretanto, os ácidos graxos poliinsaturados da dieta, como exemplo, o ácido linoleico tem a capacidade de reduzir a atividade de enzimas dessaturases em ratos e seres humanos (NAKAMURA; NARA, 2004). Diante disso, parece haver um nível ótimo de ácidos graxos insaturados, que otimiza a atividade desta enzima.

Os mamíferos não possuem enzimas dessaturases com a capacidade de inserir uma dupla ligação nas posições n-6 ou n-3, dessa forma os ácidos linoleico (C18:2n-6) e o linolênico (C18:3n-3), são considerados ácidos graxos essenciais e devem ser obtidos por meio da dieta. Estes ácidos graxos são precursores de outros importantes ácidos graxos das séries n-6 e n-3, por exemplo, o ácido araquidônico (C20:4n-6) que é sintetizado em uma série de reações tendo o ácido linoleico como precursor. O ácido linolênico também tem grande importância na síntese de outros ácidos graxos de importantes funções

biológicas, entre estes estão o ácido eicosapentanoico (C20:5n-3) e o ácido docosahexanoico (C22:6n-3). A síntese destes ácidos graxos a partir do ácido linoleico e linolênico envolve a atuação das enzimas $\Delta 5$ e $\Delta 6$ dessaturase, que tem a capacidade de inserir duplas ligações na cadeia de ácidos graxos e também pela ação da enzima elongase que promove a adição de dois carbonos na estrutura do ácido graxo. Segundo Chapkin (2008), está bem estabelecido na literatura que existe maior afinidade das enzimas dessaturases por ácidos graxos da série n-3 em relação aos ácidos graxos da série n-6. De acordo com Rodriguez et al. (1998) a enzima $\Delta 6$ -dessaturase apresenta de duas a três vezes mais afinidade pelo ácido linolênico do que pelo ácido linoleico. Entretanto, as membranas dos tecidos de mamíferos têm forte afinidade pela incorporação de ácido linoleico em relação ao ácido linolênico (ENSER et al., 1998; WOOD et al., 2008). Como consequência destes fatores, a proporção de ácidos graxos de cadeia longa da série n-6 nos tecidos de animais ruminantes é geralmente superior à proporção observada de ácidos graxos da série n-3. Segundo Raes, Desmet e Demeyer (2004) a síntese de ácidos graxos das séries n-3 e n-6 ocorre por meio de um conjunto de reações de dessaturação e alongamento da cadeia (Figura 2).

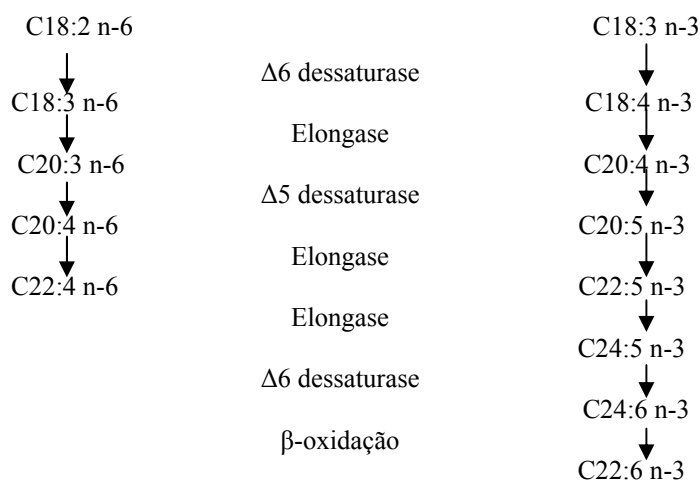


Figura 2 Rotas de formação dos ácidos graxos das séries n-3 e n-6 por meio de um conjunto de reações de alongamento e dessaturação da cadeia
 Fonte: Adaptado de Raes, Desmet e Demeyer (2004)

Uma vez na membrana dos tecidos, o ácido araquidônico e o ácido eicosapentanoico competem pelas enzimas fosfolipase, que tem a capacidade de liberá-los dos fosfolípídeos de membrana (o ácido araquidônico e o ácido eicosapentanoico ficam armazenados na forma de fosfolípídeos de membrana) o que posteriormente, possibilita a conversão destes ácidos graxos em uma infinidade de potentes eicosanoides regulatórios do metabolismo, como exemplo, prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanas (como consequência da ação da enzima ciclooxigenase e também à leucotrienos e lipoxinas, devido à ação da lipoxigenase) (HARRIS, 2006). Desta forma, fica demonstrada a importância do consumo de ácidos graxos essenciais pelos seres humanos.

Além do consumo de ácidos graxos das séries n-3 e n-6, a relação entre estes na dieta também é de grande importância. Isso se deve ao fato de que os ácidos linoleico (C18:2 n-6) e linolênico (C18:3n-3) competem entre si pelos sítios de ligação à enzima Δ6-dessaturase, a qual converte estes ácidos graxos

em ácido γ -linolênico (C18:3n-6) e ácido estearidônico (C18:4n-3). Dessa forma, o excesso ou escassez de um destes ácidos graxos pode ocasionar distúrbios metabólicos (HARRIS, 2006). Dietas ricas em ácidos graxos da série n-6 aumentam a susceptibilidade das lipoproteínas de baixa densidade (LDL) à modificação oxidativa (LOUHERANTA et al., 1996), sendo que as LDL's oxidadas apresentam características pró-aterogênicas. De acordo com Simopoulos (2008) as dietas ocidentais atualmente são deficientes em ácidos graxos da série ômega-3 e apresentam uma relação ômega-6/ômega-3 de 15 a 20/1. Segundo a World Health Organization (2003) a relação ideal está na faixa de 4 a 5:1. Sendo assim, estratégias nutricionais que alterem a proporção desses ácidos graxos na carne bovina podem colaborar de forma marcante para a melhoria da qualidade nutricional deste produto.

2.4 Vitamina E e seus efeitos sobre coloração e oxidação da carne bovina

De acordo com Selani (2010) o processo de oxidação lipídica inicia-se na ligação carbono-hidrogênio adjacente à dupla ligação da cadeia de carbono, podendo ser catalisado por um grande número de fatores, especialmente ambientais (luz, calor, umidade e oxigênio), presença de metais (cobre, ferro e manganês), de enzimas e pigmentos. Farmer et al. (1942) propôs um modelo para explicar o processo autoxidativo, o qual pode ser dividido em três fases: iniciação, propagação e terminação. Nas fases de início e propagação, a presença de radicais livres, que são moléculas extremamente reativas, é decisiva (ADAMS, 1999). Essas formas reativas são normalmente produzidas durante o metabolismo do oxigênio nos tecidos e são chamadas de espécies reativas de oxigênio (ROS). Algumas delas são produzidas durante o metabolismo aeróbio das células vivas, como o radical superóxido (O_2^-), que é formado pela adição de um elétron extra ao oxigênio molecular (O_2), durante o processo de redução do

oxigênio na cadeia respiratória mitocondrial. Mesmo apresentando pouca reatividade química, o O_2^- , quando exposto a determinados íons metálicos (Fe^{2+} e Cu^{2+}), gera um radical livre altamente reativo, chamado radical hidroxila ($HO\cdot$). Os metais bivalentes podem também catalisar a reação de decomposição do H_2O_2 ou do hidroperóxido produzido pela oxidação lipídica, formando os radicais $HO\cdot$ ou RO (radical alcoxil).

Os ácidos graxos insaturados da membrana celular são muito susceptíveis aos radicais livres $HO\cdot$ e RO , devido à sua estrutura química, que permite a retirada de um átomo de hidrogênio, de um dos grupos $-CH_2-$, da cadeia carbônica, e a conseqüente formação de um radical livre de carbono, iniciando assim o processo de peroxidação lipídica. Estes radicais de carbono, que são instáveis e suscetíveis ao oxigênio molecular, reestruturam-se rapidamente na forma de dienos conjugados, dando origem ao radical peroxila ($ROO\cdot$). O tocoferol tem a capacidade de reagir com o radical peroxila, doando um hidrogênio do seu grupo cromanol para este composto, formando hidroperóxido e um radical tocoferil. Essa reação é 10^4 vezes mais rápida que a reação de propagação (formação de peroxila), o que significa que o tocoferol consegue eliminar estes radicais mais rapidamente do que ele pode reagir com os ácidos graxos insaturados, entretanto isso ocorre apenas *in vivo*. Após o abate é altamente improvável que os mecanismos de defesa disponíveis para a célula no animal vivo ainda funcionem, por causa das mudanças quantitativas em vários metabólitos e também nas propriedades físicas (MORRISSEY et al., 1998). Segundo o modelo proposto por Farmer et al. (1942) o radical peroxila tem a capacidade de retirar um átomo de hidrogênio de outro ácido graxo insaturado intacto, propagando a reação em cadeia até que todo o ácido graxo insaturado da membrana seja completamente oxidado a hidroperóxido. De acordo com Selani (2010) a autoxidação termina quando todo o oxigênio estiver esgotado ou houver formação de compostos inativos, onde dois radicais combinam-se com

produtos estáveis (produtos secundários da oxidação), obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis). Isto caracteriza a terceira e última etapa do processo de oxidação, denominado “terminação”. Estes compostos conferem aos alimentos sabor e odor desagradável, característicos do ranço oxidativo.

Uma maneira de se mensurar a oxidação lipídica é através do teste de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico). O teste de TBA quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo. Segundo Osawa et al. (2005), a reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (de acordo com a metodologia, esse comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm).

A taxa de descoloração da carne bovina é função da taxa de formação de metamioglobina na superfície do músculo. A descoloração é resultado da conversão de oximioglobina (responsável pela cor vermelho brilhante) em metamioglobina (responsável pela cor marrom, indesejável, e que é visível quando 40-60% da oximioglobina foi oxidada). Fatores *post-mortem* tal como pH do músculo, temperatura de armazenagem, presença de luz, carga microbiana e a pressão parcial de oxigênio também afetam a taxa de formação da metamioglobina no músculo (FAUSTMAN; CASSENS, 1990). Além disso, o perfil de ácidos graxos da carne bovina pode ter influência sobre a coloração da mesma. De acordo com Faustman et al. (2010), a oxidação lipídica pode aumentar a oxidação da mioglobina e isso pode ser explicado principalmente pela reatividade de produtos primários e secundários oriundos da oxidação de ácidos graxos insaturados. Grimsrud et al. (2008) incubaram produtos específicos da oxidação lipídica, como por exemplo aldeídos, em conjunto com

oximioglobina e observaram aumento da formação de metamioglobina. Diante do exposto, a inclusão de oleaginosas ou outras fontes lipídicas em dietas de bovinos de corte pode acelerar o processo de descoloração da carne, desta forma, a suplementação dessas dietas com antioxidantes pode ser necessária.

A vitamina E é um antioxidante primário, estes agem interrompendo a cadeia da oxidação lipídica, doando elétrons ou átomos de hidrogênio ao radical lipídico. O radical adquire uma estrutura estável e de menor reatividade, quebrando a reação em cadeia (KAUR; KAPOOR, 2001). A descoberta de que a vitamina E retarda a formação da metamioglobina em cortes cárneos frescos, ocorreu em experimento com novilhos holandeses que receberam 300 UI de vitamina E suplementar em uma dieta de terminação baseada em silagem de grão úmido, por nove meses antes do abate (ARNOLD et al., 1993). Cortes do contra-filé foram embalados à vácuo e estocados por sete dias a 4°C. Após este período, os cortes foram seccionados em bifes de 2,6cm de espessura e embalados em filme plástico altamente permeável ao oxigênio e submetidos a condições que simulavam às de comercialização. A estabilidade lipídica foi avaliada visualmente, onde era verificada a descoloração da superfície do bife em cada um dos onze dias de exposição. Foi verificado que a suplementação atrasou a descoloração dos bifes. Os avaliadores concluíram que os bifes de animais suplementados permaneceram aceitáveis por 7,4 dias enquanto que os do grupo controle por 4,9 dias. A concentração de alfa-tocoferol nos bifes de contra-filé do grupo controle e suplementado foi de 0,9 e 3,8 µg/g de carne fresca, respectivamente.

Em um estudo subsequente, Arnold et al. (1993) verificaram que o efeito positivo da vitamina E sobre a estabilidade da cor da carne não era restrita aos animais da raça holandesa. Foram utilizados bovinos das raças Holandesa, Hereford e Charolês, submetidos a dietas contendo 0, 360 e 1290 UI de vitamina E na forma de acetato de tocoferol, por 252 dias. Verificou-se que as

concentrações de alfa tocoferol no *L.lumborum* e no *G.medium* aumentaram linearmente com maiores níveis de suplementação da vitamina E. A formação de metamioglobina em ambos os músculos avaliados foi diminuída pela suplementação. A vida útil das carnes que foram submetidas a 7 dias de maturação foi aumentada em 50% para o músculo *L.lumborum* e 70% para o *G.medium*, com a suplementação de 360 UI/dia. A suplementação de 1290 UI/dia não apresentou benefícios adicionais quando comparado ao tratamento com 360 UI, para carnes submetidas a 7 dias de maturação, entretanto, proporcionou resultados superiores para manutenção de coloração desejável de carnes submetidas a 21 dias de maturação. Resultados semelhantes foram encontrados por Liu, Lanari e Schaefer (1995) que suplementou novilhos holandeses com 0, 231, 486 e 2109 UI/dia durante 42 ou 126 dias e submeteu os bifes destes animais a 14, 28 e 56 dias de maturação. Para carnes submetidas a maiores tempos de maturação, doses superiores de vitamina E foram necessárias para manutenção de coloração aceitável. O prolongamento de coloração desejável também foi relatado no experimento de Arnold et al. (1993) que verificaram manutenção de coloração desejável de 5,7 dias em bifes do músculo *L.lumborum* submetidos a 7 dias de maturação, enquanto que no grupo controle a coloração permaneceu adequada por 3,4 dias, quando se aumentou a ingestão diária de vitamina E de 1840 UI para 3610 UI, nos últimos 100 dias de confinamento. Arnold et al. (1993) também verificaram que animais suplementados apresentaram carne com coloração adequada por 4 e 1,6 dias a mais que os animais do tratamento controle, para bifes que foram maturados por 7 ou 21 dias, respectivamente, após suplementação com 300 UI por 266 dias.

Arnold et al. (1993) verificaram que a concentração de tocoferol necessária para a máxima proteção contra a oxidação de carne que foi maturada por sete dias, foi aproximadamente 3,3 µg/g e que a saturação do tecido ocorreu na dose de 1840 UI/dia por 3 meses, e que doses menores (400 UI/dia) por 6

meses, não foram suficientes para que a saturação fosse atingida. Para que essa avaliação fosse realizada, os autores realizaram biópsias do músculo *L.dorsi* a cada 6 semanas para avaliação da concentração de alfa-tocoferol no mesmo. Por outro lado, Hill e Williams (1993) relataram pouco ou nenhum benefício da suplementação com vitamina E sobre a estabilidade de cor de carne bovina fresca oriunda de animais submetidos à alimentação com forragem de boa qualidade imediatamente antes da engorda confinada. Segundo Arnold et al. (1993) a depleção da concentração de alfa-tocoferol no músculo é lenta, sendo assim, quando os animais têm acesso às gramíneas de boa qualidade antes do período de confinamento, a carne de bovinos não suplementados poderá ter alta concentração de alfa tocoferol e outros antioxidantes obtidos da pastagem.

Nos Estados Unidos, tem sido crescente a utilização do milho para a produção de etanol, sendo que o subproduto obtido dos grãos de milho (DDGS) após a produção de etanol apresenta teor de proteína e lipídeos aproximadamente três vezes maior que o do milho. Atualmente, tem sido crescente a utilização deste subproduto na dieta de bovinos confinados, em substituição ao milho. Diante disso, pode-se inferir que a utilização deste subproduto poderá alterar o perfil de ácidos graxos da carne bovina e conseqüentemente sua estabilidade lipídica e de coloração. Nesse sentido, Koger et al. (2010) avaliaram o efeito da inclusão de grãos de destilaria secos ou úmidos (0, 20 ou 40% da MS dietética) sobre a coloração e peroxidação lipídica da carne bovina. As dietas com inclusão destes subprodutos apresentavam teor médio de 6,5% de EE, além de uma dieta controle com 4,5% de EE. Não foram verificados efeitos das dietas experimentais sobre a coloração da carne, no entanto a oxidação lipídica foi afetada, sendo que as carnes de animais submetidos à terminação com 40% de grãos de destilaria secos na dieta apresentaram maior teor de malonaldeído/kg de carne quando comparada à carne de animais submetidos à dieta sem este subproduto. Segundo os autores, uma

provável explicação para o resultado observado é a maior concentração de ácidos graxos poliinsaturados na carne de animais que receberam 40% do subproduto.

Com o objetivo de atenuar os efeitos negativos do aumento da concentração de ácidos graxos poliinsaturados da carne sobre a oxidação e coloração da mesma, Bloomberg et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes níveis de vitamina E (0, 125, 250 ou 500 UI) por 97 dias em dietas com 35% de grãos de destilaria. Foi verificado que o maior nível de suplementação vitamínica permitiu que a concentração de malonaldeído/kg de carne, após sete dias de exposição, fosse inferior a 2,28 mg/kg de carne, valor acima do qual a rancidez é perceptível para o ser humano (CAMPO et al., 2006). Além disso, não foram verificados efeitos dos níveis de suplementação vitamínica sobre a intensidade de vermelho (a*), entretanto, animais submetidos à suplementação vitamínica apresentaram maior intensidade de amarelo (b*) quando comparados ao grupo controle, após doze horas de exposição.

É importante salientar que os músculos diferem quanto à capacidade de responder à suplementação com vitamina E. Segundo Dikeman (2007), em músculos com concentração de alfa-tocoferol entre 1,4 e 4,5 µg/g, diferenças significativas na descoloração não são observadas por pelo menos 9 dias de exposição à condições aeróbicas, como é o caso do músculo *L.dorsi*. Entretanto, para músculos que apresentam baixa estabilidade de coloração, como o *Semimembranosus* e *Gluteus medium*, diferenças de coloração são visíveis em curtos períodos de exposição. Sendo assim, a suplementação parece ser mais importante para melhorar a vida útil destes músculos.

REFERÊNCIAS

- AFERRI, G. et al. Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1651-1658, 2005.
- AKAHOSHI, A. et al. Metabolic effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) isomers in rats. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 23, p. 1691-1701, 2003.
- ALBRO, J. D.; WEBER, D. W.; DELCURTO, T. Comparison of whole, raw soybeans, extruded soybeans, or soybean meal and barley on digestive characteristics and performance of weaned beef steers consuming mature grass hay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 26–32, 1993.
- ANDERSON, B. A.; LAUDERDALE, J. E.; HIKE, I. M. Composition of foods, raw, processed. **Agriculture Handbook**, Washington, n. 8/13, p. 389, 1986.
- ARNOLD, R. N. et al. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 105–118, 1993.
- BELURY, M. A. Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanisms of action. **Annual Reviews Nutrition**, Palo Alto, v. 22, p. 505–531, 2002.
- BESSA, R. J. B. et al. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 63, p. 201-211, 2000.
- BLOOMBERG, B. D. et al. Effects of vitamin E on color stability and palatability of strip loin steaks from cattle fed distillers grains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 3769-3782, 2011.
- BRANDT JÚNIOR, R. T.; ANDERSON, S. J. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 2208–2216, 1990.

CAMPO, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v. 72, p. 303–311, 2006.

CHAPKIN, R. S. Reappraisal of the essential fatty acids. In: CHOW, C. K. (Ed.) **Fatty acids in food and their health implications**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, 2008. p. 675-692.

CÔNSOLO, N. R. B. et al. Effect of different levels of whole raw soybean grain on performance and meat characteristics of feedlot finished Nelore. **ASAS Joint Annual Meeting Abstracts**, New Orleans, v. 89. p. 1, 2011.

COSTA, D. P. B. **Características da carne de novilhos Nelore alimentados com caroço de algodão**. 2009. 59 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009.

CRANSTON, J. J. et al. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2186-2195, 2006.

DIKEMAN, E. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 77, p. 121-135, 2007.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **British Journal of Nutrition**, London, v. 78, p. 15–35, 1997.

DUCKETT, S. K.; ANDRAE, J. G.; OWENS, F. N. Effect of high-oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3353–3360, 2002.

ENSER, M. K. G. et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, Barking, v. 42, n. 4, p. 443-456, 1996.

ENSER, M. K. G. et al. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 49, p. 329–341, 1988.

EWEEDAH, N. L. et al. Comparison of fullfat soybean, sunflower seed and protected fat as fat supplements for their effect on the performance of growing-finishing bulls and carcass fatty acid composition. **Acta Veterinaria Hungarica**, Budapest, v. 45, p. 151–163, 1997.

FARMER, E. H. et al. The course and mechanism of autoxidation reactions in olefinic and polylinic substances, including rubber. **Transactions of Faraday Society**, London, v. 38, p. 348-355, 1942.

FAUSTMAN, C.; CASSENS, R. G. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, v. 1, p. 217, 1990.

FAUSTMAN, C. et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. **Meat Science**, Barking, v. 86, p. 86-94, 2010.

FELTON, E. E. D.; KERLEY, M. S. Performance and carcass quality of steers fed whole raw soybeans at increasing inclusion levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 725–732, 2004.

FERLAY, A. F. et al. Effect of a supply of raw or extruded rapeseeds on digestion in dairy cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 915–923, 1992.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. YURAWECZ, M. P. et al. (Ed.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOCS, 1999. p. 180-200.

GRIMSRUD, P. A. et al. Oxidative stress and covalent modification of protein with bioactive aldehydes. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 283, p. 21837– 21841, 2008.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, S. G. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P. N. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier Science, 1988. p. 285–322.

HARRIS, W. The omega-6/omega-3 ratio and cardiovascular disease risk: uses and abuses. **Current Atherosclerosis Reports**, Philadelphia, v. 8, p. 453-459, 2006.

HESS, B. W.; MOSS, G. E.; RULE, D. C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 188-204, 2008.

HILL, G. M.; WILLIAMS, S. E. Vitamin E in beef nutrition and meat quality. In: MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE, 54., 1993, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: University of Minnesota Extension Service, 1993. p. 197-212.

HOWE, P. et al. Dietary intake of long-chain ω -3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources. **Nutrition**, London, v. 22, p. 47-53, 2006.

HUANG, Y. S. et al. Biological effects of conjugated linoleic acid. In: CHOW, C. K. (Ed.). **Fatty acids in food and their health implications**. 3th ed. Boca Raton: CRC, 2008. p. 825-836.

HUERTA-LEIDENZ, N. O. et al. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3665-3672, 1991.

HUSSEIN, H. S.; MERCHEN, N. R.; FAHEY JÚNIOR, G. C. Effects of forage level and canola seed supplementation on site and extent of digestion of organic matter, carbohydrates, and energy by steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2458-2468, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Confronto das safras de 2010 e das estimativas para 2011 - Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 16 out. 2011.

JENKINS, T. C.; ADAMS, C. S. The biohydrogenation of linoleamide in vitro and its effects on linoleic acid concentration in duodenal contents of sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 533-540, 2002.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 3851–3863, 1993.

KEMP, P. R.; WHITE, W.; LANDER, D. J. The hydrogenation of unsaturated fatty acids by five bacterial isolates from the sheep rumen, including a new species. **Journal of General Microbiology**, Reading, v. 90, p. 100–114, 1975.

KEPLER, C. R. et al. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. **The Journal of Biology Chemistry**, Bethesda, v. 241, p. 1350–1354, 1966.

KNIGHT, T. W.; KNOWLES.; DEATH, A. F. Factors affecting the variation in fatty acid concentrations in lean beef from grass-fed cattle in New Zealand and the implications for human health. **Journal of Agricultural Research**, New Zealand, v. 46, p. 83–95, 2003.

KOGER, T. J. et al. Influence of feeding various quantities of wet and dry distillers grains to finishing steers on carcass characteristics, meat quality, retail-case life of ground beef, and fatty acid profile of longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 3399–3408, 2010.

LAMMOGLIA, M. A. et al. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2253–2262, 1999.

LEUPP, J. L. et al. Effects of canola seed supplementation on intake, digestion, duodenal protein supply, and microbial efficiency in steers fed forage-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 499–507, 2006.

LIU, Q.; LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3131–3140, 1995.

LOUHERANTA, A. M. et al. Linoleic acid intake and susceptibility of very-low-density and low-density lipoproteins to oxidation in men. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 63, p. 698–703, 1996.

MACDONALD, H. B. Conjugated linoleic acid and disease prevention: A review of current knowledge. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 19, p. 111-118, 2000.

MADDOCK, T. D.; BAUER, M. L.; KOCH, K. B. Effect of processing flax in beef feedlot diets on performance, carcass characteristics, and trained sensory panel ratings. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1544–1551, 2006.

MADRON, M. S. et al. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 1135–1143, 2002.

MAIA, M. R. G. et al. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. **Antonie Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 91, p. 303–314, 2006.

MERCHEN, N. R.; ELIZALDE, J. C.; DRACKLEY, J. K. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2223–2234, 1997.

MILLEN, D. D. et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 3427–3439, 2009.

MORRISSEY, P. A. et al. Anti-atherosclerotic effects of vitamin E: myth or reality. **Journal of cellular and molecular medicine**, Bucharest, v. 8, n. 1, p. 59-76, 1998.

NAKAMURA, M. T.; NARA, T. Y. Structure, function and dietary regulation of Δ^6 , Δ^5 , and Δ^9 desaturases. **Annual review of nutrition**, Palo Alto, v. 24, p. 345–376, 2004.

OLIVEIRA, D. M. et al. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from Zebu steers fed with different oilseeds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 8, p. 2546-2555, Aug. 2011

PALMQUIST, D. L. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food Nutrition Research**, New York, v. 50, p.179–217, 2005.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, p. 1–14, 1980.

PARIZA, M. W. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 79, p. 1132–1136, 2004.

PARK, S. J.; KIM, T. W.; BAIK, B. K. Relationship between proportion and composition of albumins, and *in vitro* protein digestibility of raw and cooked pea seeds (*Pisum sativum* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 90, p. 1719-1725, 2010.

PESCE, D. M. C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados**. 2008. 155 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

PIRES, A. V.; EASTRIDGE, M. L.; FIRKINS, J. L. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1685-1694, 1997.

POLAN, C. E.; McNEILL, J. J.; TOVE, S. B. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids by rumen bacteria. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 88, p. 1056–1061, 1964.

RAES, K.; DESMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 113, n. 1/4, p. 199-221, 2004.

RISERUS, U. et al. Metabolic effects of conjugated linoleic acid in humans: the Swedish experience. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 79, n. 6, p. 1146-1148, 2004.

ROBERTS, W. K.; McKIRDY, J. A. Weight gains, carcass fat characteristics and ration digestibility in steers as affected by dietary rapeseed oil, sunflower seed oil and animal tallow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 23, p. 682-685, 1964.

RODRIGUEZ, A. et al. Δ 6- and Δ 5-desaturase activities in the human fetal liver: kinetic aspects. **Journal of Lipid Research**, Rockville, v. 39, p. 1825-1832, 1998.

SCHMID, A. et al. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 1, p. 29-41, 2006.

SCOLLAN, N. D.; CHOI, N.; KURT, E. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, London, v. 85, p. 115-124, 2001.

SELANI, M. M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**. 2010. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. **Experimental Biology and Medicine**, Maywood, v. 233, n. 6, p. 674-688, 2008.

SINCLAIR, A. J.; SLATTERY, W. J.; O'DEA, K. The analysis of polyunsaturated fatty acids in meat by capillary gas-liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 33, n. 8, p. 771-776, 1982.

SMITH, S. B. et al. Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 87, p. 72-82, 2009.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. (Ed.). **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte**. Viçosa, MG: Suprema, 2006. 142 p.

VALSTA, L. M.; TAPANAINEN, H.; MÄNNISTÖ, S. Meat fats in nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 525-530, 2005.

VAN NEVEL, C.; DEMEYER, D. I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen in vitro: Inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, p. 2797–2806, 1995.

VAN VOSSENBERG, J. L.; JOBLIN, K. N. Biohydrogenation of C₁₈ unsaturated fatty acids to stearic acid by a strain of *Butyrivibrio hungatei* from the bovine rumen. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 37, p. 424–428, 2003.

WALLACE, R. J. et al. Clostridium proteoclasticum: a ruminal bacterium that forms stearic acid from linoleic acid. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 265, p. 195–201, 2006.

WHIGHAM, L. D.; COOK, M. E.; ATKINSON, R. L. Conjugated linoleic acid: Implications for human health. **Pharmacological Research**, London, v. 42, p. 503–510, 2000.

WILLEY, N. B. et al. The influence of level of fat and energy in the ration upon feedlot performance and carcass composition of fattening steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 11, p. 705-711, 1952.

WILLIAMS, A. G.; COLEMAN, A. G. **The rumen protozoa**. New York: Springer-Verlag, 1992.

WILLIAMSON, C. S.; FOSTER, R. K.; STANNER, S. A. Red meat in the diet. **Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 30, p. 323-335, 2005.

WILSON, C. A.; WOOD, T. M. The anaerobic fungus *Neocallimastix frontalis*: Isolation and properties of a cellulosome-type enzyme fraction with the capacity to solubilise hydrogen-bond-ordered cellulose. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 37, p. 125–129, 1992.

WOOD, J. D. et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 343–358, 2008.

WOOD, R. Geometrical and positional isomer monoene isomers in beef and several processed meats. In: PERKINS, E. G.; VISEK, W. J. (Ed.). **Dietary fats and health**. Champaign: AOCS, 1983. p. 341–358.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva, 2003. Who Technical Report Series, 916.

ZINN, R. A. et al. influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 1738–1746, 2000.

**CAPÍTULO 2 DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA,
MACIEZ DA CARNE E ANÁLISE ECONÔMICA DO CONFINAMENTO
DE TOURINHOS ALIMENTADOS COM OLEAGINOSAS E
SUPLEMENTADOS OU NÃO COM VITAMINA E**

RESUMO

Objetivou-se avaliar o ganho médio diário (GMD), características de carcaça, maciez da carne e a rentabilidade do confinamento de bovinos alimentados com diferentes oleaginosas e vitamina E. Utilizaram-se 40 tourinhos da raça Red Norte, com peso corporal inicial médio de 339±15 kg. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 2x2. O experimento teve duração de 84 dias e as dietas experimentais apresentavam soja grão ou caroço de algodão como fonte de lipídeos associadas ou não à suplementação diária de 2.500 UI de vitamina E por animal. A relação concentrado:volumoso foi de 60:40. As dietas foram isonitrogenadas (13% PB) e com o mesmo teor de extrato etéreo (6,5%). Os dados foram analisados por meio do *software* estatístico SAS 9.1. A suplementação vitamínica e a fonte lipídica não afetaram o GMD. Não houve interação entre fonte de lipídeos e suplementação vitamínica para as variáveis estudadas. A inclusão de caroço de algodão reduziu o rendimento de carcaça. Não houve efeito das dietas sobre os pesos de carcaça quente e fria, bem como sobre os cortes primários. A inclusão de caroço de algodão reduziu a espessura de gordura subcutânea. Não foi observado efeito das dietas experimentais sobre a área de olho de lombo. Não houve efeito das fontes lipídicas e suplementação vitamínica sobre a maciez da carne, que foi afetada, entretanto, pelo tempo de maturação. As dietas com grão de soja apresentaram maior custo diário por animal. A utilização de grão de soja implicou em redução da margem bruta (R\$59,17 e R\$60,51 para as dietas a base de soja sem e com vitamina suplementar, respectivamente vs. R\$176,42 e R\$131,79 para dietas a base de caroço de algodão). Conclui-se que a utilização de caroço de algodão permite a melhoria da rentabilidade da engorda confinada, apesar de afetar negativamente algumas características da carcaça.

Palavras-chave: Caroço de algodão. Maturação. Rentabilidade. Soja grão.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the average daily gain (ADG), carcass characteristics, meat softness and profitability of feedlot cattle fed with different oilseeds and vitamin E. Forty young bulls of the Red Norte breed were used, with average initial body weight 339 ± 15 kg. The experimental design was completely at random in factorial arrangement 2×2 . The experiment lasted 84 days and the diets showed grain soybean or cotton seed as a source of lipids associated or not with daily supplementation of 2.500 IU of vitamin E per animal. The concentrate: forage ratio was 60:40. Diets were isonitrogenous (13% CP) and with the same amount of ether extract (6.5%). Data were analyzed using SAS 9.1 statistical software. Vitamin supplementation and lipid source did not affect the ADG. There was no interaction between lipid source and vitamin supplementation for the variables studied. The inclusion of cotton seed reduced carcass yield. There was no effect of diets on the weights of hot and cold carcass, as well as the primary cuts. The inclusion of cotton seed reduced the subcutaneous fat thickness. There was no observed effect of experimental diets on the loin eye area. There was no effect of lipid sources and vitamin supplementation on meat softness, which was affected, however, by the time of maturity. Diets with soybean had a higher cost daily per animal. The use of soybean resulted reduction in gross margin (R\$59.17 and R\$60.51 for the soy-based diets with and without supplemental vitamin, respectively vs. R\$176.42 and R\$131.79 for the diets based on cotton seeds). It is concluded that the use of cotton seed allows to improve the profitability of fattening confined, although negatively affect some carcass traits.

Keywords: Cotton seed. Maturation. Profitability. Grain soybean.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, a atividade de confinamento tem tido grande importância dentro de sistemas intensivos de produção de bovinos de corte. Somente em 2009, foram confinados no país mais de 3 milhões de animais (MILLEN et al., 2009). Tal valor é resultado do aumento do número de confinamentos e também no número de animais alojados por confinamento. Todavia, com o crescimento do número de animais confinados por ciclo de engorda pode haver necessidade do aumento do teor energético das dietas, uma vez que a restrição de área disponível para a produção de volumosos pode limitar a inclusão deste ingrediente. Diante disso, a inclusão de fontes lipídicas às dietas de terminação pode ser uma opção para melhoria do desempenho e eficiência alimentar durante a engorda confinada (MADDOCK; BAUER; KOCH, 2006).

Cranston et al. (2006) conduziram três experimentos utilizando o caroço de algodão em dietas de terminação. Segundo os autores, o caroço de algodão ou os subprodutos de seu processamento podem ser utilizados sem efeitos adversos sobre o desempenho e características de carcaças. Entretanto, os resultados obtidos com a utilização deste alimento são altamente dependentes do nível de inclusão devido ao seu teor de extrato etéreo. Já o grão de soja não é um alimento comumente utilizado em dietas de bovinos confinados, como o caroço de algodão. No entanto, uma vez que esta oleaginosa apresenta alto teor de proteína e óleo de excelentes características nutricionais, sua utilização em dietas de confinamento pode apresentar benefícios.

Segundo Secrist et al. (1997) bovinos recém-chegados ao confinamento normalmente se encontram em situações de estresse e medidas devem ser tomadas para evitar este problema. Ademais, Hill e Williams (1993) relataram que a suplementação diária de 200 UI de vitamina E por animal pode aumentar o

ganho de peso diário, principalmente se os animais se encontram em situação de estresse.

O caroço de algodão possui teor de fibra superior à soja (VALADARES FILHO et al., 2006), conseqüentemente a utilização destes alimentos em diferentes dietas com o mesmo teor de extrato etéreo pode resultar em alterações da concentração energética das mesmas. Nessas condições, a composição química do músculo pode ser afetada, principalmente quanto ao seu teor lipídico, o que pode afetar a força de cisalhamento destas carnes.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho, as características de carcaça e a maciez da carne de bovinos alimentados com grão de soja ou caroço de algodão, associados ou não à suplementação de vitamina E. Por fim, realizou-se um estudo de viabilidade econômica das dietas utilizadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 40 machos não castrados da raça Red Norte, com idade média de 20 meses e peso corporal inicial médio de 339 ± 15 kg. Antes do início do experimento os animais foram pesados e tratados contra endo e ectoparasitas.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x2, com quatro tratamentos e dez repetições por tratamento. As dietas experimentais foram balanceadas segundo o Nutrient Requirements of Dairy Cattle - NRC (2000), para serem isonitrogenadas, tendo a silagem de milho como volumoso e dois tipos de concentrados, um contendo grão de soja moído e o outro, caroço de algodão moído, como fontes de lipídeos (Tabela 1). Realizou-se a moagem das oleaginosas com o objetivo de aumentar a energia metabolizável das dietas, conforme relatado por Maddock, Bauer e Koch (2006). Além disso, tem sido relatado que a moagem do caroço de algodão proporciona aumento da digestibilidade total da matéria orgânica e também da proteína bruta (PIRES et al., 1997). Metade dos animais que receberam cada concentrado foi suplementada com 2.500 UI de Vitamina E/dia, durante todo o período experimental. O nível de vitamina E utilizado neste estudo seguiu as recomendações de Yang et al. (2002) para bovinos confinados. Anteriormente à adição de vitamina E aos concentrados, foi realizada uma pré-mistura com milho e farelo de soja.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: GS: concentrado contendo grão de soja, sem suplementação de Vitamina E; GSE: concentrado contendo grão de soja, com suplementação de Vitamina E; CA: concentrado contendo caroço de algodão, sem suplementação de Vitamina E; CAE: concentrado contendo caroço de algodão, com suplementação de Vitamina E.

Tabela 1 Ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (%)	GS	GSE	CA	CAE
Silagem de milho	40,0	40,0	40,0	40,0
Grão de soja moído	20,0	20,0	-	-
Farelo de soja	-	-	3,00	3,00
Caroço de algodão	-	-	24,0	24,0
Milho grão moído	38,2	38,2	31,2	31,2
Núcleo mineral ¹	1,80	1,80	1,80	1,80
Vitamina E basal (UI/dia)	281	275	394	386
Vitamina E suplementar (UI/dia)	-	2500	-	2500
Composição Química (%)				
Proteína bruta	12,9	12,9	12,7	12,7
Extrato Etéreo	6,48	6,48	6,56	6,56
FDN	27,0	27,0	36,0	36,0
CNF ²	46,0	46,0	40,0	40,0
NDT ²	82,0	82,0	77,0	77,0

¹Níveis de garantia por kg do produto: Ca: 170 g; Co: 15 mg; Cu: 396 mg; P: 31 g; I: 29 mg; Mg: 15 g; Mn: 515 mg; Se: 5,4 mg; Na: 155 g; Zn: 2.000 mg. ²Calculado segundo o NRC (2001)

A duração do experimento foi de 84 dias precedidos por 28 dias de adaptação às instalações e dietas. A cada quinze dias foram coletadas amostras dos alimentos para análises de composição química. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 28 dias, depois de jejum de 16 horas. Diariamente foi realizada pesagem das sobras da dieta fornecida, antes da primeira alimentação da manhã, para determinação do consumo médio de matéria seca de cada tratamento.

Os animais foram confinados em baias coletivas, com 30 m² de área por animal, contendo comedouro do tipo vinilona e bebedouro na divisória das baias. As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 07h00 e 15h00, na forma

de ração total e ajustada de forma a manter as sobras em torno de 5% do oferecido.

As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos alimentos foram realizadas de acordo com AOAC (1990). As concentrações de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram analisadas segundo Goering e Van Soest (1970) e o FDNcp dos concentrados analisados segundo o procedimento descrito por Van Soest et al. (1991). O NDT das dietas foi estimado segundo a equação sugerida pelo NRC (2001).

Os carboidratos não fibrosos foram determinados pela expressão $CNF = [100 - (\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%Cinzas)]$, segundo o NRC (2001).

O abate dos animais foi realizado em frigorífico comercial, utilizando a técnica de concussão cerebral e secção da veia jugular, seguido de remoção do couro e evisceração. As carcaças foram identificadas, lavadas, divididas em duas metades, sendo estas pesadas individualmente e levadas à câmara fria, por aproximadamente 24 horas, à temperatura de 1°C. Após esse período foram novamente pesadas e divididas entre os cortes dianteiro, traseiro e ponta de agulha.

As mensurações realizadas nas carcaças após o resfriamento foram: rendimento total da carcaça fria, peso total da carcaça fria e dos cortes primários, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea. A área de olho de lombo foi mensurada entre a 12ª e 13ª costelas, com o auxílio de uma grade quadriculada. A espessura de gordura subcutânea foi mensurada também entre a 12ª e 13ª costelas, a $\frac{3}{4}$ da borda medial no lado esquerdo da carcaça fria, sobre o músculo *Longissimus dorsi*, com o auxílio de um paquímetro digital.

Na desossa, às 24h *post mortem*, foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* (LD) da meia carcaça esquerda, para a determinação da força de cisalhamento (FC). Estas amostras foram embaladas à vácuo em sacos de

polietileno e submetidas a quatro tempos de maturação a 2°C (0, 7, 14 e 21 dias).

A perda por cozimento (PPC) foi determinada conforme Amasa (1978). As amostras foram assadas na forma de bife (2,54 cm de espessura) em forno pré-aquecido a 170°C até atingir a temperatura de 70°C no centro geométrico, controlado por termopares. Após 60 minutos, foram retiradas 6 sub-amostras de cada bife, no sentido paralelo às fibras musculares, conforme Wheeler, Koohmaraie e Shackelford (1995). A força de cisalhamento foi medida individualmente, de forma que cada sub-amostra foi colocada no sentido perpendicular às fibras musculares na célula Warner-Bratzler com lâmina de 1,016 mm, acoplada ao texturômetro MTA.TX.plus (Stable Micro Systems Ltd., Vienna Court, UK) e com velocidade de 200 mm/minuto (RAMOS; GOMIDE, 2007), concluindo-se a um cisalhamento completo da amostra. A força máxima foi registrada para cada sub-amostra, na curva do programa Texture Expert e as médias dos valores nos tempos 0, 7, 14 e 21 dias de maturação foram usadas na análise estatística.

Os custos com alimentação foram calculados considerando-se os preços de cada ingrediente praticados no mês de maio de 2009. Os valores dos alimentos utilizados (R\$/tonelada) foram: 80,00 para silagem de milho; 747,00 para a soja; 300,00 para o milho; 300,00 para o caroço de algodão; 681,00 para o farelo de soja e 1315,00 para o núcleo mineral. Considerou-se o valor de R\$77,00/@ para comercialização das carcaças. Para o cálculo do custo operacional total considerou-se que o custo com alimentação representou 87% do custo total da atividade (LOPES et al., 2011). A margem bruta com a venda dos animais foi calculada subtraindo-se a receita recebida com a venda dos animais do custo operacional total de todo o confinamento. Para o cálculo da receita obtida em arrobas de carcaça, multiplicou-se o ganho de peso diário durante o período de confinamento pelo rendimento de carcaça. Também foi

calculada a margem bruta considerando a oportunidade gerada com a pastagem liberada durante o confinamento. Nesta situação, foi feita uma simulação que considerou o tempo necessário para obter, em pastagem, o ganho de peso obtido em confinamento. Considerou-se que o ganho de peso dos animais a pasto recebendo suplemento proteico (0,5% do PV) seria em média 600 g/cabeça/dia. A margem bruta total correspondeu à soma da margem bruta com a venda da carne mais a receita estimada com o aluguel da pastagem liberada em virtude do confinamento. Foi considerado o custo de R\$25,00 por animal por mês em regime de pastagem.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 2 x 2. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + V_j + (LV)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = observação referente aos animais submetidos à i-ésima fonte de lipídeos (i=1-2) e j-ésima suplementação com vitamina E (1-2);

μ = média geral

L_i = efeito da fonte de lipídeos (caroço de algodão ou soja grão)

V_j = efeito da suplementação com vitamina E (com ou sem)

$(LV)_{ij}$ = efeito da interação entre fonte lipídica e vitamina E

e_{ijk} = erro inerente a cada observação

Os dados de desempenho e características de carcaça foram submetidos à análise de variância utilizando o PROC GLM do *software* estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSES SYSTEMS - SAS, 1999). Os dados de força de cisalhamento e perda por cozimento foram submetidos à análise de variância utilizando o PROC MIXED do *software* estatístico SAS (SAS, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificado efeito ($P>0,05$) da suplementação das fontes lipídicas utilizadas sobre o ganho de peso médio diário (GMD) dos animais durante todos os períodos analisados (Tabela 2). O desempenho semelhante dos animais submetidos às diferentes dietas pode ser justificado pelo consumo de matéria seca semelhante entre as dietas. Os dados de consumo foram discutidos com base em análise descritiva, uma vez que o consumo de matéria seca foi medido por lote, e não pode ser submetido a teste estatístico. Apesar do maior teor de FDN e menor concentração energética das dietas com caroço de algodão, estas diferenças não foram suficientes para influenciar o desempenho dos animais.

Segundo Millen et al. (2009) o caroço de algodão é o principal subproduto da agroindústria utilizado em dietas para bovinos confinados no Brasil, sendo que 45,2% destes empreendimentos têm este subproduto como primeira opção. O grande interesse na utilização de caroço de algodão é consequência de suas características químicas, uma vez que reúne altas concentrações de fibra, proteína e gordura em apenas um ingrediente, o que segundo Cranston et al. (2006), pode colaborar para a redução do custo das dietas. O nível médio de inclusão de caroço de algodão em dietas de confinamento no Brasil é de 15%, atingindo o nível máximo de 27,5% (MILLEN et al. 2009), valor este próximo ao utilizado no presente experimento (24% da MS dietética).

Diante dos resultados observados para desempenho e eficiência alimentar (Tabela 2), é possível concluir que a concentração de extrato etéreo em dietas para ruminantes, pode ser superior a 5-6% da MS, nível este, considerado máximo em algumas publicações (NRC, 2000; VALADARES FILHO et al., 2002). Trabalhos recentes indicam a possibilidade de aumento da concentração de lipídeos em dietas de ruminantes para níveis bem superiores a

6%. Segundo Vasconcelos e Galyean (2007) o nível médio de extrato etéreo das dietas de confinamento nos Estados Unidos é de 7,6%. Gunn et al. (2009) realizaram experimento com a utilização de níveis crescentes de grãos de destilaria, onde as dietas com maior teor deste subproduto apresentavam 9,2% de extrato etéreo e o ganho médio diário observado foi semelhante ao do presente experimento (1,43 kg/dia). Uma vez que o grão de destilaria é uma fonte de gordura parcialmente protegida da biohidrogenação ruminal, assim como o caroço de algodão e o grão de soja, é possível inferir que o aumento na concentração destes ingredientes podem não resultar em efeitos negativos sobre o desempenho animal.

Tabela 2 Peso vivo inicial, final e desempenho de tourinhos alimentados com soja grão (SG), grão de soja + vitamina E (SGV), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAV)

Itens	Dietas				EPM	Probabilidade		
	SG	SGV	CA	CAV		L	V	LxV
Peso inicial (Kg)	343	343	327	340	15,67	0,85	0,73	0,86
Peso final (Kg)	457	461	450	455	15,10	0,96	0,75	0,94
Consumo de MS (kg/dia)	10,6	10,4	10,5	10,3	-	-	-	-
GMD (kg/dia; 0-28 dias)	1,94	1,87	2,03	1,75	0,110	0,32	0,33	0,66
GMD (kg/dia; 0-56 dias)	1,78	1,86	1,69	1,57	0,080	0,15	0,20	0,77
GMD (kg/dia; 0-84 dias)	1,39	1,42	1,50	1,40	0,070	0,68	0,36	0,88
Eficiência alimentar	0,131	0,136	0,142	0,136	-	-	-	-

L = Efeito da fonte lipídica; V = Efeito da suplementação vitamínica; LxV = interação. GMD = Ganho de peso médio diário

Não foi verificado efeito da suplementação com vitamina E sobre as variáveis relacionadas ao desempenho animal. Poderia ser esperado efeito positivo da suplementação de vitamina E sobre estas características, uma vez que a suplementação desta pode melhorar o sistema imune dos animais

(NEMEC et al., 1994; PEPLOWSKI; MAHAN; MURRAY, 1980; REDDY et al., 1986). Hill e Williams (1993) relataram que a suplementação diária de 200 UI de vitamina E pode aumentar o ganho de peso diário, principalmente se os animais encontram-se em situação de estresse. Portanto, nas condições deste experimento, provavelmente, a ingestão de vitamina E já era satisfatória e os animais não se encontravam sob estresse.

Em relação às características quantitativas da carcaça, foi observada redução ($P < 0,05$) do rendimento de carcaça quando houve inclusão do caroço de algodão na dieta (Tabela 3). Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira (2010), que trabalharam com novilhos Nelore recebendo dietas semelhantes à deste experimento e observaram rendimento de carcaça de 56,1% para animais alimentados com soja grão e 54,1% para animais submetidos à dieta com caroço de algodão. Da mesma forma, Pesce (2008) observou diminuição do rendimento de carcaça quando submeteu os animais a dietas com 10 ou 20% de caroço de algodão. A provável explicação para a redução no rendimento de carcaça é devido ao fato de que o maior teor de FDN nas dietas com caroço de algodão ocasionou maior conteúdo de trato digestório e, conseqüentemente, maior peso das vísceras (CRANSTON et al., 2006).

Tabela 3 Características quantitativas da carcaça de tourinhos alimentados com soja grão (SG), grão de soja + vitamina E (SGV), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAV)

Itens	Dietas				EPM	Probabilidade		
	SG	SGV	CA	CAV		L	V	LxV
PCQ (kg)	252	258	243	248,9	9,34	0,33	0,96	0,58
PCF (kg)	250	255	234	240	9,33	0,18	0,98	0,69
PDIANT (kg)	99,9	103	92,7	98,3	4,05	0,15	0,76	0,88
PTRAS (kg)	113	115	109	108	3,97	0,15	0,72	0,96
PPAgulha (kg)	36,8	37,1	32,2	33,4	1,57	0,11	0,77	0,78
AOL (cm ²)	72,0	75,2	70,5	72,8	2,42	0,52	0,72	0,81
AOL (cm ² /100 kg)	29,18	29,15	29,43	29,37	1,210	0,85	0,96	0,98
EGS (mm)	3,60	3,76	3,04	3,26	0,26	0,04	0,92	0,90
RC (%)	55,1	55,8	53,8	54,6	0,53	0,02	0,96	0,94

L = Efeito da fonte lipídica; V = Efeito da suplementação vitamínica; LxV = interação. PCQ: Peso de carcaça quente, PCF: peso de carcaça fria; PDIANT: Peso de dianteiro; PTRAS: Peso de traseiro; PPAgulha: Peso de ponta de agulha; AOL: Área de olho de lombo; EGS: Espessura de gordura subcutânea; RC(%): Rendimento de carcaça

Não foi verificado efeito das dietas ($P>0,05$) sobre o peso da carcaça quente, sendo que em todas as situações verificou-se que o seu valor esteve acima de 240 kg, valor considerado ideal pela indústria frigorífica. Da mesma forma, não foi observado efeito das dietas sobre a variável peso de carcaça fria ($P>0,05$). Costa (2009) também não observou efeito de diferentes níveis de caroço de algodão (0, 14, 27 e 34% da MS) na dieta sobre o peso de carcaça quente. Todavia, Huerta-Leidenz et al. (1991), em experimento com bovinos cruzados Hereford-Angus, terminados por um período de 56 dias e submetidos a dietas com caroço de algodão nos níveis de 0, 15 e 30% da MS dietética, observaram redução significativa do peso da carcaça e também da área de olho de lombo no nível de 30% de inclusão de caroço de algodão.

Não foi verificado efeito das dietas ($P>0,05$) sobre os cortes primários da carcaça (dianteiro, traseiro e ponta de agulha). Uma vez que não foi observado efeito das dietas sobre o ganho de peso médio diário e peso de carcaças, era de se esperar que não fossem observados efeitos sobre os pesos destes cortes. Restle et al. (2002) em experimento com novilhos Red Angus superprecoces, submetidos a diferentes pesos de abate observaram redução linear do peso relativo do corte traseiro a medida que o peso de abate foi aumentado, tendo havido aumento linear do peso relativo da ponta de agulha, o que segundo Vaz e Restle (1999) é resultado da maior deposição de gordura nesta região. No presente experimento, os cortes dianteiro, traseiro e ponta de agulha representaram, em média, 40,2, 45,5 e 14,2% do peso da carcaça fria, respectivamente.

Foi observada redução ($P<0,05$) da espessura de gordura subcutânea na carcaça dos animais submetidos às dietas com caroço de algodão. Tal comportamento foi relatado por Costa (2009), que observou redução linear da espessura de gordura subcutânea com o aumento do nível de caroço de algodão nas dietas. Entretanto, Oliveira (2010) não observou efeito do caroço de algodão sobre a espessura de gordura subcutânea de novilhos zebuínos. A redução da espessura de gordura subcutânea observada na carcaça dos animais alimentados com caroço de algodão pode ser resultado da menor concentração energética das dietas contendo este alimento, uma vez que apresentavam 77% de NDT, enquanto que as dietas com soja grão tinham 82%. Portanto, haveria menos energia disponível para a síntese de gordura subcutânea.

A área de olho de lombo (AOL) também não foi afetada pelas dietas ($P>0,05$) e resultados semelhantes foram observados por Pesce (2008) em experimento com 20% de inclusão de caroço de algodão na MS dietética. Segundo Lucchiari Filho (2000) para se ter bons rendimentos de cortes cárneos na carcaça, o valor de AOL deve ser de aproximadamente 29 cm²/100 kg de

carcaça, valor este próximo dos encontrados no presente trabalho (Tabela 3). Em relação às perdas por cocção (Figura 2) não foi verificado efeito da fonte de lipídeos ($P>0,05$), suplementação vitamínica ($P>0,05$), interação entre oleaginosa e suplementação vitamínica ($P>0,05$) bem como interação entre dias em maturação e as demais variáveis.

Em relação à força de cisalhamento não foi verificado efeito da fonte de lipídeos ($P>0,05$), da suplementação vitamínica ($P>0,05$) e das interações entre essas variáveis ($P>0,05$). Da mesma forma, não foi verificado efeito de interação ($P>0,05$) entre o tempo de maturação e as demais variáveis (fonte lipídica, suplementação vitamínica). A ausência de efeito das dietas experimentais sobre a força de cisalhamento da carne pode ser consequência da concentração energética semelhante observada entre as dietas, além disso, o fato do consumo de matéria seca ter sido semelhante nos diferentes tratamentos dietéticos pode ter colaborado para o resultado observado. Ademais, pode-se inferir que as diferentes dietas tiveram o mesmo efeito sobre a proteólise *post-mortem*. Todos os valores de força de cisalhamento observados no presente experimento estiveram abaixo de 4,5 kg, valor este, bem aceito como padrão de maciez, segundo Leme et al. (2002).

As dietas contendo grão de soja foram as que apresentaram maior custo com alimentação (Tabela 5), sendo que a suplementação com vitamina E resultou em um aumento de R\$0,15 por animal/dia, ou R\$12,60/animal para um período de confinamento de 84 dias. Considerando que não foram detectados efeitos positivos da utilização desta vitamina, sua utilização pode implicar em redução da margem de lucro da operação de confinamento.

O custo total por arroba produzida em confinamento foi bastante superior ao valor recebido por arroba junto ao frigorífico (Tabela 5). Desta forma, considerando apenas a receita obtida com a venda da carcaça e a engorda intensiva como um sistema de produção isolado, o confinamento foi inviável

para terminação de bovinos, independentemente da dieta utilizada. Entretanto é importante destacar que não se pode avaliar a atividade de confinamento de forma isolada. No contexto global da empresa rural, este proporciona aumento na taxa de lotação da propriedade e, como consequência, o aumento do ganho de peso vivo por hectare, que pode elevar a rentabilidade da atividade e o capital de giro.

A utilização de soja grão na dieta dos animais confinados implicou em menor margem bruta total quando comparada ao caroço de algodão, o que implica em redução da rentabilidade do confinamento, considerando os preços praticados no estado de Minas Gerais no ano de 2009. Enquanto a tonelada da soja apresentou custo de R\$747,00, a tonelada do caroço de algodão apresentou custo bastante inferior, R\$300,00. Portanto, fica demonstrado que a utilização de alimentos alternativos é de suma importância para a redução dos custos de produção.

Diante dos resultados obtidos, verifica-se que o confinamento como atividade exclusiva não apresentou lucratividade, o que pode ser verificado através da receita bruta total, oriunda das arrobas produzidas no confinamento, em que o preço recebido por arroba foi inferior ao custo total do confinamento.

Tabela 4 Avaliação econômica do confinamento de novilhos alimentados com diferentes fontes de lipídeos na dieta (no primeiro semestre de 2009)

Ítem	GS	GSE	CA	CAE
Custo com alimentação/animal/dia (R\$)	4,48	4,63	3,59	3,74
Custo com suplementação de vitamina E (R\$/dia)	0	0,15	0	0,15
Dias de confinamento	84	84	84	84
Custo com alimentação total/animal (R\$ em 84 dias)	376,32	388,92	301,56	314,10
Custo total/animal (R\$)	432,55	447,03	346,62	361,10
Custo total/@ (R\$)	111,20	113,75	84,54	94,28
Ganho de peso médio diário (kg/animal/dia)	1,39	1,42	1,50	1,40
Ganho de peso médio total (kg/animal)	116,76	119,28	126	117,6
Rendimento de carcaça (%)	55,1	55,8	53,8	54,6
Ganho de peso em carcaça (@)	4,28	4,44	4,52	4,28
Preço recebido por @ (R\$)	77,00	77,00	77,00	77,00
Receita bruta total (R\$)	329,56	341,88	348,04	329,56
Ganho de peso estimado em pastagem (kg/animal/dia)	0,6	0,6	0,6	0,6
Tempo necessário para ganhar em pastagem o mesmo peso obtido em confinamento (dias)	194,6	198,8	210	196
Tempo necessário para ganhar em pastagem o mesmo peso obtido em confinamento (meses)	6,50	6,60	7,0	6,50
Aluguel da pastagem (R\$/animal/mês)	25,00	25,00	25,00	25,00
Margem bruta com a venda da carcaça (R\$/animal)	-102,99	-105,15	1,42	-31,54
Margem bruta total (aluguel da pastagem + venda da carcaça)	59,17	60,51	176,42	131,79

Considerando-se que em regime de pastagens com suplemento na dose de 0,5% do PV, os animais submetidos ao confinamento, ganhariam 0,6 kg/dia, seriam necessários de 194 a 210 dias a mais para obterem o peso conseguido na terminação em confinamento. A liberação das pastagens, portanto, corresponde a uma importante vantagem para o empresário rural que faz a opção pela engorda confinada.

A atividade de confinamento apresenta lucratividade de forma direta ao produtor, em situações muito particulares, como tem sido relatado na literatura. Segundo Lanna e Almeida (2005), entre os principais benefícios do confinamento podem ser citados: a liberação de pastagens para outras categorias animais, aumentando a taxa de lotação da propriedade e reduzindo os riscos, por permitir reserva de forragens. Em algumas situações o aumento na produção de carne pode chegar a 300% por hectare. Além disso, outros importantes benefícios da engorda confinada seriam: elevação do retorno sobre o capital investido, antecipação de receitas e do giro do capital, obtenção do abate de bovinos mais jovens e/ou de bovinos com carcaças com maior grau de acabamento e redução da variabilidade da carne produzida tanto em acabamento como em idade. Um dos grandes problemas da cadeia produtiva da carne bovina é a inconstância de qualidade do produto final, o que poderia ser atenuado através da utilização da engorda confinada. Além disso, a utilização do confinamento pode aumentar a eficiência da indústria frigorífica, como consequência da possibilidade de aumento do peso de abate.

4 CONCLUSÕES

A suplementação com vitamina E não apresenta efeitos positivos sobre o desempenho de bovinos confinados, bem como, nos níveis utilizados o grão de soja ou caroço de algodão proporcionam desempenhos semelhantes. No entanto, a utilização de caroço de algodão reduz o rendimento de carcaça e a espessura de gordura subcutânea. As fontes lipídicas utilizadas não apresentam influencia sobre a maciez da carne. A utilização do caroço de algodão ao invés do grão de soja possibilita aumento da rentabilidade do confinamento devido ao menor custo.

REFERÊNCIAS

AMASA. **Guidelines for cooking sensory evaluation of meat**. Chicago, 1978.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the association of the agricultural chemists**. 15th ed. Washington, 1990. v. 2.

COSTA, D. P. B. **Características da carne de novilhos Nelore alimentados com caroço de algodão**. 2009. 69 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009.

CRANSTON, J. J. et al. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 9, p. 2186-2194, 2006.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, J. P. Forage fiber analysis (apparatus reagents, procedure, and some applications). **Agriculture Handbook**, Washington, n. 379, p. 150, 1970.

GUNN, P. J. et al. Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass characteristics, and meat quality in finishing steers fed differing levels of dried distillers grains with soluble. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 4, p. 2882-2890, 2009.

HILL, G. M.; WILLIAMS, S. E. Vitamin E in beef nutrition and meat quality. In: MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE, 54., 1993, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: University of Minnesota Extension Service, 1993. p. 197-212.

HUERTA-LEIDENZ, N. O. et al. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3665-3672, 1991.

LANNA, D. P. D. ; ALMEIDA, R. A terminação de bovinos em confinamento. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 3, p. 55 - 58, 2005.

LEME, P. et al. Desempenho e características de carcaça de animais Nelore, $\frac{1}{2}$ Caracu x $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{3}{4}$ Caracu x $\frac{1}{4}$ Nelore confinados com dietas de alto concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, Gnosis, [2002]. 1 CD ROM.

LOPES, L. S. et al. Viabilidade econômica da terminação de novilhos Nelore e Red Norte em confinamento na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 774-780, 2011.

MILLEN, D. D. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

NEMEC, M. Effect of supplementing gilts' diets with different levels of vitamin E and different fats on the humoral and cellular immunity of gilts and their progeny. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 6, p. 665-675, 1994.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7th ed. Washington: National Academic, 2000.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7th ed. rev. Washington: National Academic, 2001. 287 p.

OLIVEIRA, D. M. **Características de carcaça e qualidade da carne de novilhos zebuínos recebendo diferentes grãos de oleaginosas**. 2010. 107 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PEPLOWSKI, M. A.; MAHAN, D. C.; MURRAY, E. A. Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 51, n. 6, p. 344-351, 1980.

PESCE, D. M. C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados**. 2008. 155 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

REDDY, J. K. et al.. Transcriptional regulation of peroxisomal fatty acyl-CoA oxidase and enoyl-CoA hydratase/3-hydroxyacyl-CoA dehydrogenase in rat liver by peroxisome proliferator. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 83, n. 9, p. 1344-1360, 1986.

RESTLE, J. et al. Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 350-362, 2002.

SECRIST, D. S. et al. Effects of vitamin E on performance of feedlot cattle: a review. **The Professional Animal Scientist**, Stillwater, v. 13, p. 47-54, 1997.

VALADARES FILHO, S. C. et al. Modelos nutricionais alternativos para otimização de renda na produção de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 2002, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Suprema, 2002. v. 1, p. 197-254.

VAN SOEST, P. J. et al. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELOS, J. T.; GALYEAN, M. L. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: the 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 2, p. 2772-2781, 2007.

VAZ, F. N.; RESTLE, J. Produção de carne com qualidade. In: RESTLE, J. et al. (Ed.). **Produção intensiva com qualidade em bovinos de corte**. Santa Maria: UFSM, 1999. p.104-119.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D. **Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement**. Clay Center: R. L. Hruska, 1995. 7 p.

CAPÍTULO 3 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E QUALIDADE DA CARNE DE TOURINHOS RED NORTE ALIMENTADOS COM OLEAGINOSAS E VITAMINA E

RESUMO

Objetivou-se com o presente experimento avaliar o perfil de ácidos graxos e a qualidade da carne de bovinos alimentados com oleaginosas e vitamina E. Foram utilizados 40 bovinos com média de 20 meses de idade e peso vivo inicial médio de 339 ± 15 kg, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2. Os tratamentos foram: grão de soja (GS); grão de soja + vitamina E (GSE); caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE). As características qualitativas avaliadas foram composição centesimal, perfil de ácidos graxos, índice de oxidação lipídica e coloração. Foram observados aumentos nos índices L*, a* e b*, à medida que ocorreu a maturação da carne, tendo a carne de animais alimentados com GS apresentado pior coloração, em relação à carne dos animais alimentados com dietas a base de CA. Observou-se que a gordura subcutânea dos animais alimentados com a dieta com CA apresentou maior concentração de C16:0 e C18:0 ($P < 0,01$). Foi observada maior atividade das enzimas $\Delta 9$ dessaturase 16 e 18 no músculo de animais alimentados com soja grão ($P < 0,01$). Já na gordura subcutânea, animais alimentados com caroço de algodão apresentaram menor atividade de $\Delta 9$ dessaturase 18 ($P < 0,01$), não tendo sido observados efeitos sobre a atividade de $\Delta 9$ dessaturase 16 ($P > 0,05$). A inclusão de CA reduziu a concentração de ácidos graxos insaturados na gordura subcutânea, como o C18:1 e o C18:3 ($P < 0,05$). A inclusão dietética de CA deprimiu a concentração de CLA C18:2 cis-9,trans-11 na gordura subcutânea ($P < 0,05$). Entretanto, observaram-se concentrações superiores de ácido vaccênico ($P < 0,05$). No perfil de ácidos graxos do músculo, verificou-se tendência de aumento da concentração de C16:0 e de C18:0. Animais alimentados com CA apresentaram menor concentração de C18:2 e CLA C18:2 cis-9,trans-11 no músculo ($P < 0,05$). Aos 21 dias de maturação, a carne de bovinos alimentados com GS apresentou maior índice de oxidação lipídica ($P < 0,05$). Conclui-se que a inclusão de CA na dieta de bovinos confinados resultou em aumento da concentração de ácidos graxos maléficos à saúde. No entanto, a suplementação com grão de soja, apesar de melhorar o perfil lipídico da carne, aumenta a susceptibilidade à oxidação lipídica e prejudica sua coloração em condições de maturação. A suplementação com vitamina E não afetou as características qualitativas da carne.

Palavras-chave: Ácido estercúlico. Ácido linoleico conjugado. Confinamento. Oxidação. Tocoferol.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the fatty acid profile and meat quality of cattle fed oilseeds and vitamin E. Forty young bulls with an average of 20 months of age and initial weight of 339 ± 15 kg, distributed in a completely randomized design in factorial arrangement 2×2 were utilized. The treatments were: grain soybean (GS), soybean + vitamin E (GSE), cotton seed (CS) and cotton seed + vitamin E (CSE). The qualitative characteristics of meat were evaluated as chemical composition, fatty acids profile, index of lipid oxidation and coloration. Vitamin supplementation did not affect the characteristics evaluated ($P > 0.05$). Increases in the index was observed L *, a * and b *, as the maturation of the meat occurred, with meat from animals fed with GS presented worse coloration in relation to meat from animals fed based diets of CS. It was observed that the subcutaneous fat of animals fed with CS diet had a higher concentration of C16:0 and C18:0 ($P < 0.01$). Increased activity were observed $\Delta 9$ desaturase enzymes 16 and 18 in the muscle of animals fed grain soybeans ($P < 0.01$). In the subcutaneous fat, animals fed with cotton seed showed lower activity $\Delta 9$ desaturase 18 ($P < 0.01$), and there were no observed effects on the activity $\Delta 9$ desaturase 16 ($P > 0.05$). The inclusion of CS reduced the concentration of unsaturated fatty acids in subcutaneous fat, such as C18:1 and the C18:3 ($P < 0.05$). The inclusion of dietary CS depressed the concentration of CLA C18:2 cis-9, trans-11 in the subcutaneous fat ($P < 0.05$). However, higher concentrations were observed of acid vaccenic ($P < 0.05$). Regarding the fatty acid profile of muscle, there was a trend towards increased concentration of C16:0 and also the C18:0. Animals fed with CS showed lower concentrations of C18:2 and CLA C18:2 cis-9,trans-11 in muscle ($P < 0.05$). At 21 days of ripening, the meat of cattle fed with GS had a higher index of lipid oxidation ($P < 0.05$). It is concluded that the inclusion of CS in the diet of feedlot cattle resulted in increased concentration of fatty acids harmful to health. However, supplementation with soybean, despite improving the lipid profile of meat, increases the susceptibility to lipid oxidation and prejudice its color in ripening conditions. Supplementation with vitamin E did not affect the qualitative characteristics of meat.

Keywords: Acid sterculic. Conjugated linoleic acid. Feedlot. Oxidation. Tocopherol.

1 INTRODUÇÃO

A importância da carne como uma fonte de proteína de alto valor biológico e de micronutrientes está bem estabelecida na literatura (BIESALSKI, 2005; WILLIAMSON; FOSTER; STANNER, 2005). Entretanto, nos últimos anos estes atributos positivos ficaram em segundo plano pela comunidade médica, que se preocupou principalmente com a composição lipídica, constituída em grande parte pelos ácidos graxos saturados (AGS).

Analisando melhor a fração lipídica dos produtos de origem animal, tem sido demonstrado que gorduras da carne de ruminantes são fontes de importantes ácidos graxos, como o oleico e os isômeros de CLA, em particular o C18:2 cis-9, trans-11 (FRENCH et al., 2000), e que a inclusão de fontes lipídicas em dietas de bovinos em terminação pode alterar o perfil de ácidos graxos da carne (KRONBERG et al., 2011; MADDOCK; BAUER; KOCH, 2006; OLIVEIRA et al., 2011). No Brasil, o algodão e a soja são oleaginosas altamente disponíveis, devido à grande produção, e estas oleaginosas apresentam alta concentração de ácidos graxos insaturados (AGI), como os ácidos oleico e linoleico, podendo melhorar o perfil lipídico da carne com sua utilização.

Entretanto, o aumento do teor de AGI na carne pode reduzir a vida de prateleira deste produto, como consequência da maior susceptibilidade à peroxidação lipídica (CALKINS; HODGEN, 2007). Além disso, a oxidação lipídica pode acelerar o processo de oxidação da mioglobina (NUTE et al., 2007; ZAKRYS et al., 2008). Portanto, a suplementação dietética de vitamina E com o objetivo de aumentar a vida de prateleira da carne tem sido estudada nos últimos anos (DESCALZO et al., 2007). No entanto, não existem avaliando o efeito de dietas com alta inclusão destas oleaginosas moídas associadas à suplementação de vitamina E.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de grão de soja ou caroço de algodão, ambos moídos, associados ou não à suplementação de vitamina E sobre o perfil de ácidos graxos e a qualidade da carne bovina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais foram submetidos à apreciação e aprovados pela Comissão de Ética e Bem-Estar Animal da Universidade Federal de Lavras antes do início do experimento.

Foram utilizados 40 machos não castrados, do grupo genético Red Norte, com idade inicial média de 20 meses e peso vivo inicial médio de 339 ± 15 kg. Antes do início do experimento os animais foram pesados e tratados contra endoparasitas e ectoparasitas (Ivomec, Paulínia, Brazil). A duração do experimento foi de 84 dias precedidos por 28 dias de adaptação às instalações e dietas. Os animais foram pesados no início e final do experimento, após jejum de 16 horas. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2×2 , com quatro tratamentos e dez repetições por tratamento.

As dietas experimentais foram balanceadas segundo o *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* - NRC (2000), para serem isonitrogenadas, continham a silagem de milho como volumoso e dois tipos de concentrados, um contendo grão de soja moído e o outro caroço de algodão moído, como fontes de lipídeos (Tabela 1).

Tabela 1 Composição química e de ingredientes das dietas experimentais

INGREDIENTES, %	DIETAS COM GRÃO DE SOJA	DIETAS COM CAROÇO DE ALGODÃO
Silagem de milho	40,0	40,0
Milho grão moído	38,2	31,2
Grão de soja moído	20,0	-
Farelo de soja	-	3,00
Caroço de algodão	-	24,0
Núcleo mineral ¹	1,80	1,80
NUTRIENTES, % MS		
Matéria seca ²	66,07	66,18
Proteína bruta	12,9	12,7
Extrato etéreo	6,48	6,56
FDN	27,0	36,0
CNF ³	46,0	40,0
EM ³ (Mcal/Kg)	2,96	2,79

¹Níveis de garantia por kg do produto: Ca: 170 g; Co: 15 mg; Cu: 396 mg; P: 31 g; I: 29 mg; Mg: 15 g; Mn: 515 mg; Se: 5,4 mg; Na: 155 g; Zn: 2.000 mg. ²Base da matéria natural ³Calculado segundo o NRC (2001)

Metade dos animais que receberam cada concentrado foi suplementada com 2.500 UI de Vitamina E/dia (acetato de DL-alfa-tocoferol), durante todo o período experimental. Portanto, foram avaliados os seguintes tratamentos: GS: dieta contendo grão de soja como fonte lipídica, sem suplementação de Vitamina E; GSE: dieta contendo grão de soja como fonte lipídica, com suplementação de Vitamina E; CA: dieta contendo caroço de algodão como fonte lipídica, sem suplementação de Vitamina E; CAE: dieta contendo caroço de algodão como fonte lipídica, com suplementação de Vitamina E.

A cada quinze dias foram coletadas amostras dos ingredientes do concentrado e da silagem de milho. As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das dietas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, de acordo com AOAC (1990). A concentração de fibra em detergente neutro (FDNcp) foi analisada segundo Goering e Van Soest (1970) e o FDN dos concentrados analisados segundo o procedimento descrito por Van Soest et al. (1991). Os

carboidratos não fibrosos e a energia metabolizável (EM) foram determinados pelas equações propostas pelo NRC (2001).

O abate dos animais foi realizado utilizando a técnica de concussão cerebral e secção da veia jugular, seguido de remoção do couro e evisceração. As carcaças foram identificadas, lavadas, divididas em duas metades, sendo estas pesadas individualmente e levadas à câmara fria, por aproximadamente 24 horas, à temperatura de 1°C.

As leituras de temperatura e pH das carcaças foram realizadas no músculo *Longissimus dorsi* (LD), entre a 11^a e 12^a vértebra, logo após o abate e 24h após, com potenciômetro portátil Testo-205 (Testo, Campinas, Brazil).

Na desossa, às 24h *post mortem*, foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi*, da meia carcaça esquerda, para as análises físico-químicas, de composição centesimal e perfil de ácidos graxos.

Para a determinação da composição centesimal, amostras de carne foram homogeneizadas em multiprocessador até a obtenção de uma massa homogênea. A proteína bruta foi quantificada pelo método de Kjeldahl, o extrato etéreo foi extraído pelo método de Soxhlet, a umidade em estufa a 105°C, por 24 horas, e as cinzas em mufla a 550°C.

A extração dos lipídeos do músculo e da gordura subcutânea foi realizada de acordo com procedimentos estabelecidos por Hara e Radim (1978) e metiladas segundo Christie (1982).

As amostras transmetiladas foram analisadas em cromatógrafo a gás modelo Focus CG-Finnigan (Thermo Finnigan, San Jose, CA), com detector de ionização de chama, coluna capilar CP-Sil 88, com 100 m de comprimento por 0,25 µm de diâmetro interno e com espessura do filme de 0,20 µm ((Varian, Palo Alto, CA). Foi utilizado o hidrogênio como gás de arraste, numa vazão de 1,8 mL/min. O programa de temperatura inicial do forno foi de 70°C, mantida por 4 min., elevação de 13°C/min. até 175°C e mantida por 27 min., elevação de

4°C/min. até 215°C e mantida por 9 min. e, em seguida aumentando 7°C/min. até 230°C, permanecendo por 5 min., totalizando 65 min. A temperatura do vaporizador foi de 250°C e a do detector 300°C.

A identificação dos ácidos graxos foi feita pela comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões de ácidos graxos de manteiga. Os ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos. Os resultados dos ácidos graxos foram expressos em porcentual de área (%), obtido através do *software* – *Chromquest 4.1* (Thermo Electron, Milan, Italy).

As atividades das enzimas Δ^9 dessaturases e elongases foram determinadas conforme descrito por Malau-Aduli et al. (1997), por meio de índices matemáticos. O índice de aterogenicidade foi calculado, de acordo com Ulbricht e Southgate (1991), como indicador para o risco de doenças cardiovasculares. Os cálculos foram realizados da seguinte maneira:

$$\Delta^9 \text{ dessaturase 16: } 100 [(C16:1cis9)/(C16:1cis9 + C16:0)]$$

$$\Delta^9 \text{ dessaturase 18: } 100 [(C18:1cis9)/(C18:1cis9 + C18:0)]$$

$$\text{Elongase: } 100 [(C18:0 + C18:1cis9)/(C16:0 + C16:1cis9 + C18:0 + C18:1cis9)]$$

$$\text{Aterogenicidade: } [C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/\sum \text{AGI}$$

Para determinação da coloração da carne pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$, as amostras de carne foram submetidas a quatro tempos de armazenagem: 0, 7, 14 e 21 dias, tendo sido utilizado um bife do músculo *Longissimus dorsi* com 2,54 cm de espessura. A coloração foi mensurada através do colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japan). Foram realizadas seis leituras por bife e a média das determinações foi utilizada na análise estatística. A determinação dos componentes da cor L^* , a^* e b^* foi realizada após a retirada das peças das

embalagens e exposição ao ar por 30 minutos, para oxigenação da mioglobina (ABULARACH; ROCHA; FELÍCIO, 1998). A leitura da cor foi realizada utilizando o iluminante D65 e 10° graus para observador padrão. Utilizou-se a calibração para um padrão branco, em que: L* é o índice associado à luminosidade (0 = preto, 100 = branco); a* é o índice que varia do verde (-) ao vermelho (+); e b* do azul (-) ao amarelo (+) (HOUBEN et al., 2000).

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

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

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

Para a análise da estabilidade lipídica, o teor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi determinado utilizando a técnica de precipitação ácida descrita por Tarladgis, Watts e Younathan (1960), com pequenas modificações. Foram utilizados 50 g do LD, após maturação de 0, 21 e 42 dias, a 2°C. Destas, retirou-se 10 g de amostras, que foram previamente trituradas em multiprocessador, no qual foram adicionados 0,2 mL de antioxidante BHT (0,03%) e 50 mL de água destilada. As amostras foram novamente trituradas e homogeneizadas por 1 minuto. Após a homogeneização, as amostras foram transferidas para um balão de 250 mL de capacidade, contendo fragmentos de porcelana, no qual foram adicionados 50 mL de solução de HCl 4 M. Posteriormente, as amostras foram destiladas em manta aquecedora a 100°C, até a coleta de 50 mL de destilado. Do destilado foram transferidos 5 mL para um tubo de ensaio e adicionados 5 mL de solução 0,02 M de TBA (ácido tio-barbitúrico). Os tubos de ensaio ficaram em banho-maria com água em ponto de ebulição por 35 minutos. A seguir, foram resfriados em água

corrente. Por fim, fez-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 530 nm. O valor de TBARS, expresso em mg de malonaldeído/kg de carne, foi obtido multiplicando-se a absorbância por 7,8.

A composição química do músculo, perfil de ácidos graxos e os índices de atividade enzimática foram analisados por meio do procedimento GLM do *software* estatístico SAS 9.1 (SAS Inst. Inc., Cary, NC), tendo o tratamento como efeito fixo (STATISTICAL ANALYSES SYSTEMS - SAS, 2003). Os dados de coloração e oxidação lipídica foram analisados por meio do procedimento MIXED do *software* estatístico SAS 9.1, conforme proposto por Littell, Henry e Ammerman (1998). No modelo, dias e dietas foram incluídos como efeitos fixos, bem como os efeitos de interação. As análises foram conduzidas tendo os dias como medida repetida.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificado efeito da fonte lipídica e da suplementação vitamínica sobre o pH inicial e final da carcaça, bem como interação entre estas variáveis (Tabela 2). Uma vez que as dietas utilizadas no presente experimento apresentavam teores próximos de carboidratos não fibrosos e o consumo diário de matéria seca (dados não apresentados) não diferiu entre os animais submetidos às diferentes dietas, pode-se inferir que o nível de glicogênio muscular era semelhante no momento do abate. O glicogênio presente no músculo no momento do abate é metabolizado por processo anaeróbico, resultando na formação de ácido láctico e na acidificação da carne (PETERSEN, 1984), o que influencia positivamente os processos de conversão de músculo em carne. Ainda de acordo com Felicio (1997), às 24 horas *post-mortem*, a carne bovina deve apresentar pH igual ou inferior a 5,8. Carnes com pH maior que 5,8 apresentam alta capacidade de retenção de água e menor vida de prateleira, pois, de acordo com Gil e Newton (1981), na ausência de ácido láctico e glicose livre, as bactérias utilizam aminoácidos da carne, com produção de odores desagradáveis. Além disso, segundo Shorthose (1989) carnes embaladas à vácuo com elevado pH final podem apresentar coloração esverdeada, causada por bactérias que produzem H₂S.

Tabela 2 Médias e erros padrões do pH inicial e final da carcaça e da composição centesimal da carne de tourinhos alimentados com grão de soja (GS), grão de soja + vitamina E (GSE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta

Características	Dietas				EPM	Probabilidade		
	SG	SGE	CA	CAV		L	V	LxV
pHi	7,11	7,09	7,07	7,05	0,08	0,66	0,70	0,85
pHf	5,83	5,88	5,80	5,86	0,15	0,54	0,61	0,64
Umidade (%)	75,13	75,99	76,09	75,22	0,33	0,60	0,72	0,71
Cinzas (%)	1,13	1,18	1,14	1,13	0,01	0,63	0,70	0,77
Proteína (%)	20,11	20,46	20,33	20,67	0,18	0,59	0,77	0,73
Extrato etéreo (%)	2,14	2,09	2,17	2,11	0,25	0,30	0,60	0,64

L: efeito para a fonte de lipídeo; M: efeito para suplementação vitamínica; LxV: interação entre lipídeo e vitamina

Não foi verificado efeito da fonte lipídica e da suplementação vitamínica sobre a composição centesimal do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 2). Poder-se-ia esperar que as dietas afetassem a composição química do músculo, especificamente no que diz respeito ao teor lipídico, uma vez que as dietas apresentavam teores de energia diferentes. Como o ganho de peso (1,43 kg/dia em média; $P=0,68$) e o peso de abate (455,7 kg em média; $P=0,96$) foram semelhantes entre os animais submetidos às diferentes dietas, tal resultado pode explicar como a composição química do músculo não foi afetada. Abrahão, Prado e Perotto (2008), avaliando resultados obtidos em diferentes experimentos sobre a composição química do músculo *Longissimus dorsi*, concluíram que existe pouca variação quanto aos seus teores de umidade, cinzas e proteína, o que é corroborado por Geay et al. (2001), segundo o qual a composição química dos músculos é relativamente constante (cerca de 75% de água, 19 a 25% de proteínas e 1 a 2% de minerais) e a maior variação encontrada se refere ao teor de lipídeos, que pode variar em função do músculo ou grau de acabamento da

carcaça (RULE et al., 1997), manejo alimentar (SILVA et al., 2002), raça (MOREIRA et al., 2003), *frame size* (PRADO et al., 2005) e sexo (RODRIGUES; ANDRADE, 2004).

No que diz respeito à suplementação vitamínica, era de se esperar que esta não afetasse a composição química do músculo, uma vez que o objetivo de sua inclusão nas dietas foi prolongar a vida de prateleira da carne.

Para um melhor entendimento do efeito das dietas sobre as características qualitativas da carne, foi determinado o perfil de ácidos graxos do volumoso e das oleaginosas utilizadas (Tabela 3). Observa-se que o grão de soja apresenta maior teor de ácido linoleico e linolênico e total de ácidos graxos poliinsaturados, enquanto o caroço de algodão apresenta em sua composição maior concentração dos ácidos mirístico, palmítico, esteárico e total de ácidos graxos saturados.

Tabela 3 Porcentagem dos principais ácidos graxos da silagem e das principais fontes de lipídeos utilizadas na dieta

Ácidos Graxos	Ingredientes da dieta		
	Silagem	Soja grão	Caroço de algodão
Mirístico C14:0	1,42	0,21	1,44
Palmítico C16:0	21,80	12,00	30,00
Esteárico C18:0	12,86	4,20	4,92
Oleico C18:1 c9	24,31	21,99	15,00
Linoleico C18:2 c9-c12	31,12	49,64	45,03
Linolênico C18:3 n3	4,29	5,13	0,72
ΣAGS	37,46	19,38	37,34
ΣAGI	61,35	79,81	62,03
ΣAGMI	25,94	23,31	18,11
ΣAGPI	35,41	56,51	53,15

Não foi verificado efeito da suplementação de vitamina E e efeitos de interação entre fonte lipídica e vitamina E sobre a concentração de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* e da gordura subcutânea (Tabela 4). Por outro lado, Juarez et al. (2011) avaliaram o efeito da inclusão de canola moída, associada ou não à suplementação de vitamina E, na dieta de novilhos em terminação e verificaram aumento da concentração de ácido alfa-linolênico como consequência da suplementação vitamínica. Este autor justifica o resultado encontrado como sendo consequência da vitamina E agir como aceptora de elétrons de *Butyrivibrio fibrisolvens*, desta forma a biohidrogenação dos ácidos graxos da série n-3 parece ter sido atenuada.

Também tem sido descrito na literatura que a vitamina E pode produzir alterações em rotas de biohidrogenação ruminal, através do estímulo ao crescimento e atividade de bactérias produtoras de ácidos graxos trans-11. Hino et al. (1993) observaram que a adição *in vitro* de óleo de cártamo a uma cultura mista de microrganismos ruminais, deprimiu o crescimento destes. Entretanto, a adição de alfa-tocoferol e beta caroteno ao meio reduziu o efeito inibitório dos ácidos graxos insaturados sobre o crescimento microbiano. Além disso, a adição de alfa-tocoferol e beta caroteno melhorou a digestão da celulose, claramente por meio do estímulo ao crescimento de bactérias celulolíticas, as quais são as principais responsáveis pelas primeiras etapas da biohidrogenação e produção de ácidos graxos trans-11 (MARTIN; JENKINS, 2002). Apesar destes resultados, o mecanismo de ação da vitamina E sobre a biohidrogenação ruminal não está definido. Hughes e Tove (1980) trabalhando com *Butyrivibrio fibrisolvens* identificaram nesta bactéria compostos semelhantes ao alfa-tocoferol, como o α -tocoferolquinol e o deoxi- α -tocoferolquinol, que exerciam o papel de doadores de elétrons na conversão de ácido rumênico em ácido vaccênico.

Não foi verificado efeito das dietas sobre as concentrações de ácido láurico e palmítico no músculo. Entretanto, a gordura subcutânea dos animais

submetidos à terminação com caroço de algodão apresentou maiores teores destes ácidos graxos. Não foram observadas alterações nas concentrações de ácido mirístico na gordura subcutânea, tampouco no músculo dos animais submetidos às diferentes fontes lipídicas, apesar do maior teor deste ácido graxo no caroço de algodão. O maior teor de ácido palmítico na gordura subcutânea dos animais suplementados com caroço de algodão é explicado pela maior concentração deste ácido graxo nesta oleaginosa (Tabela 3).

O ácido palmítico pode responder por até 27% dos ácidos graxos presentes na carne bovina, e de acordo com Grundy, Florentin e Nix (1988), há evidências de que este ácido graxo pode aumentar os níveis de colesterol no sangue e que isto ocorre, predominantemente através do aumento da concentração de LDL. Segundo Woollett, Spady e Dietschy (1992), os ácidos mirístico e palmítico interferem na função normal dos receptores hepáticos de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), o que reduz sua remoção e aumenta sua concentração no plasma, sendo considerados hipercolesterolêmicos. Entre esses, o ácido mirístico é o mais hipercolesterolêmico e possui potencial para elevar a concentração plasmática de colesterol quatro vezes mais que o ácido palmítico (ROSSATO et al., 2009). Desta forma, altas concentrações deste ácido são indesejáveis, uma vez que podem aumentar o risco de aterosclerose, doença cardiovascular e acidente vascular cerebral (NICOLOSI; ROGERS; KRITCHEVSKY, 1997).

Houve tendência ($P=0,07$) de aumento na concentração de ácido esteárico no músculo de animais suplementados com caroço de algodão. Já na gordura subcutânea, a concentração deste ácido foi aumentada com a utilização desta oleaginosa, o que não traz problemas à saúde humana, pois este ácido graxo não tem a capacidade de aumentar os níveis séricos de colesterol. O ácido esteárico não está associado ao colesterol, pela capacidade do organismo de metabolizá-lo a ácido oleico, como consequência da ação da enzima Δ -9

dessaturase (HARTMAN, 1993). Entretanto, este ácido graxo apresenta efeito sobre a dureza da gordura da carne bovina (CHUNG; CHOI; KAWACHI, 2006; SMITH; KNABE; SMITH, 1996; WOOD; RICHARDSON; NUTE, 2004). Sendo assim, estratégias nutricionais que possibilitem o aumento da conversão de ácido esteárico em ácido oleico, colaboram para a melhoria da qualidade da carne bovina.

A inclusão de caroço de algodão reduziu a concentração de ácido oleico tanto no músculo quanto na gordura subcutânea dos animais. Este efeito não é interessante, uma vez que de acordo com a literatura, a concentração de ácido oleico na carne é positivamente correlacionada com a sua palatabilidade (WALDMAN et al., 1968; WESTERLING; HEDRICK, 1979). Além disso, o consumo de ácido oleico colabora para a redução dos níveis plasmáticos de LDL-colesterol e triglicerídeos (GILMORE et al., 2011). Ademais, este autor concluiu que o consumo de carne bovina com alto teor de ácidos graxos monoinsaturados resultou em aumento das concentrações plasmáticas de HDL-colesterol. Segundo Feldman (2002), os ácidos graxos monoinsaturados também têm a capacidade de inibir a agregação plaquetária.

As diferenças observadas podem ser justificadas pela presença do ácido estercúlico no caroço de algodão, que tem a capacidade de deprimir a atividade de dessaturação da enzima Δ^9 -dessaturase, tendo como consequência a redução do teor de ácido oleico no tecido. Costa (2009) observou comportamento semelhante para a concentração de ácido oleico na carne, trabalhando com os níveis dietéticos de 0, 14, 27 e 34% de caroço de algodão. O potencial do ácido estercúlico em inibir a atividade desta enzima está bem estabelecido na literatura (CORL et al., 1999; RAJU; REISER, 1972; SMITH; KNABE; SMITH, 1996; YANG; LARSEN; SMITH, 1999). Bauman et al. (1999) relataram que o ácido estercúlico causou uma marcante redução no teor de CLA cis-9,trans-11 na gordura do leite de vacas em lactação. Além disso, o maior teor de FDN das

dietas com caroço de algodão, talvez possa ter colaborado para o aumento do tempo de retenção da digesta no rúmen, com isso os ácidos graxos insaturados seriam expostos à biohidrogenação ruminal por um maior período de tempo. O processo de biohidrogenação ruminal consiste na conversão de ácidos graxos insaturados em ácidos graxos trans, intermediários, e posteriormente em ácidos graxos saturados, como consequência da hidrogenação de duplas ligações dos ácidos graxos (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988).

Houve redução na concentração de ácido linolênico no músculo de animais que receberam caroço de algodão e tendência de redução na gordura subcutânea, o que é explicado pela sua concentração praticamente irrisória neste alimento. Neste contexto, a utilização de grão de soja nas dietas de bovinos confinados quase dobrou a concentração de ácido linolênico no músculo *Longissimus dorsi*. Em relação ao teor de ácido linoleico foi verificada uma concentração ligeiramente superior deste ácido graxo no músculo de animais submetidos ao tratamento com caroço de algodão, no entanto, este resultado não era o esperado, devido à maior concentração de ácido linoleico no grão de soja e ao maior conteúdo fibroso destas dietas.

Os ácidos linoleico e alfa linolênico são ácidos graxos poliinsaturados classificados como essenciais, ou seja, devem ser ingeridos através da alimentação, pois as células de mamíferos não tem a capacidade de sintetizá-los (MOREIRA et al., 2003; SOUZA; VISENTAINER, 2006). Os ácidos linoleico e gama linolênico são precursores dos ácidos araquidônico (20:4n-6) e ácido docosatetraenoico (20:4n-6), ácidos graxos de cadeia longa formados através da ação de enzimas elongases e dessaturases presentes no retículo endoplasmático das células (SOUZA; VISENTAINER, 2006).

Animais alimentados com caroço de algodão apresentaram maior concentração de ácido octadecenoico (C18:1 t-10-11-12) no músculo e gordura subcutânea. Este ácido graxo é o principal substrato disponível para a síntese de

ácido linoleico conjugado (C18:2 c9-t11) no tecido adiposo e músculo. Apesar do maior teor de ácido vaccênico nestes tecidos, a concentração de CLA, todavia, foi inferior quando se utilizou o caroço de algodão, o que pode ser resultado da presença do ácido estercúlico, que como mencionado é inibidor da enzima $\Delta 9$ dessaturase. De acordo com Palmquist et al. (2005) e Turpeinen, Mutanen e Aro (2002) cerca de 20% do ácido vaccênico ingerido pode ser convertido em CLA no corpo humano, o que compensaria parte da redução observada no teor deste ácido graxo, que foi de aproximadamente 35 e 53% no músculo e gordura subcutânea, respectivamente.

Santarosa (2011), em experimento com níveis semelhantes de grão de soja na dieta de bovinos em terminação obteve concentrações semelhantes de CLA cis-9, trans-11 às observadas no presente experimento. O isômero de CLA C18:2 cis-9, trans-11 é reconhecido como o de maior importância entre todos os isômeros, respondendo por aproximadamente 90% de todo o CLA contido em alimentos oriundos de ruminantes (PARODI, 2003). Assim, o aumento na concentração de CLA na carne bovina pode trazer benefícios à saúde humana.

Tabela 4 Porcentagem dos principais ácidos graxos presentes no músculo e na gordura subcutânea de tourinhos alimentados com grão de soja (GS), grão de soja + vitamina E (GSE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta

		MÚSCULO					VALOR P			GORDURA					VALOR P		
ÁCIDO GRAXO		GS	GSE	CA	CAE	EPM	L	V	LXV	GS	GSE	CA	CAE	EPM	L	V	LXV
Láurico	C12:0	0,15	0,09	0,11	0,11	0,03	0,63	0,30	0,38	0,07	0,07	0,08	0,08	0,006	0,03	0,75	0,80
Mirístico	C14:0	2,32	2,21	2,03	2,27	0,15	0,43	0,68	0,25	3,02	2,92	3,13	3,29	0,150	0,12	0,86	0,40
Miristoleico	C14:1 C-9	0,51	0,46	0,42	0,38	0,51	0,07	0,33	0,84	0,92	1,15	0,83	0,87	0,081	0,02	0,10	0,27
Pentadecenoico	C15:0	0,25	0,26	0,26	0,30	0,02	0,34	0,39	0,57	0,38	0,36	0,43	0,42	0,020	0,06	0,53	0,83
Palmitico	C16:0	22,5	22,1	23,1	23,4	0,63	0,11	0,99	0,57	24,5	23,9	26,4	26,4	0,575	0,01	0,59	0,62
Palmitoleico	C16:1 C-9	2,45	2,16	1,96	1,81	0,19	0,02	0,22	0,69	3,71	4,12	3,27	3,46	0,261	0,04	0,25	0,66
Margárico	C17:0	0,74	0,72	0,71	0,71	0,05	0,64	0,84	0,82	0,81	0,74	0,81	0,79	0,031	0,45	0,13	0,39
Heptadecenoico	C17:1	0,53	0,47	0,38	0,31	0,04	0,01	0,09	0,86	0,76	0,78	0,57	0,57	0,034	0,01	0,64	0,73
Estearico	C18:0	17,3	17,8	18,5	19,5	0,81	0,07	0,32	0,78	14,9	14,2	18,3	17,2	0,858	0,01	0,29	0,78
Oleico	C18:1 C9	34,9	32,0	28,7	27,4	1,42	0,01	0,11	0,58	40,1	41,1	35,3	36,0	1,149	0,01	0,46	0,92
Octadecenoico	C18:1 T11	0,59	0,61	0,92	0,90	0,13	0,01	0,97	0,87	0,77	0,81	1,69	1,62	0,255	0,01	0,94	0,81
CLA	C18:2 C9-T11	0,43	0,43	0,33	0,36	0,03	0,01	0,66	0,66	0,64	0,68	0,52	0,51	0,040	0,01	0,75	0,57
Linoleico	C18:2 C9-C12	9,36	11,81	13,8	13,6	1,43	0,03	0,42	0,33	3,60	3,11	3,06	3,13	0,244	0,30	0,40	0,26
Linolênico	C18:3 N3	0,54	0,57	0,31	0,27	0,04	0,01	0,80	0,34	0,40	0,31	0,11	0,12	0,021	0,09	0,93	0,04
Araquidônico	C20:4 N6	1,68	2,22	2,36	2,22	0,36	0,32	0,56	0,33	0,08	0,08	0,09	0,08	0,005	0,12	0,78	0,78

Foi verificado que a inclusão de caroço de algodão aumentou o teor de ácidos graxos saturados (AGS) no músculo, e não foram detectados efeitos sobre a gordura subcutânea (Tabela 5). Entretanto, Oliveira et al. (2011) obtiveram valores superiores, de 54,6% e 54,9% de ácidos graxos saturados no músculo de novilhos zebuínos alimentados com grão de soja e caroço de algodão moídos, respectivamente. A inclusão de grão de soja na dieta dos animais aumentou o teor de ácidos graxos insaturados totais no músculo e gordura subcutânea (Tabela 5), o que pode ser justificado pelo fato da soja apresentar aproximadamente 20% mais ácidos graxos insaturados totais em sua composição, quando comparada ao caroço de algodão.

Além disso, como já relatado, a presença de inibidores da enzima Δ^9 dessaturase no caroço de algodão, deprime a conversão de ácido esteárico em ácido oleico, o que também colabora para a redução observada no teor de ácidos graxos insaturados da carne. No que diz respeito ao teor de ácidos graxos poliinsaturados totais, não foram verificados efeitos das dietas sobre a concentração destes no músculo, entretanto observou-se redução da concentração de ácidos graxos poliinsaturados totais na gordura subcutânea de animais alimentados com caroço de algodão.

Verificou-se grande redução no teor de ácidos graxos da série ômega-3 na gordura subcutânea dos animais alimentados com caroço de algodão. O principal ácido graxo da série ômega-3 é o alfa-linolênico, que é precursor da síntese dos ácidos eicosapentanoico (C20:5n-3) e docosahexanoico (C22:6n-3). Estes ácidos graxos apresentam funções biológicas importantes, uma vez que podem reduzir a concentração sérica de triglicérides em até 35% (VRABLÍK et al., 2009). Uma vez que no organismo humano apenas 5% do ácido alfa-linolênico são convertidos nestes ácidos supracitados, fontes dietéticas destes são também de grande importância (PLOURDE et al., 2008). Outro importante benefício de ácidos graxos da série ômega-3, está relacionado à modulação da

resposta imune e propriedades anti-inflamatórias. De acordo com Bhatnagar e Durrington (2003), a administração de EPA e DHA reduziu os níveis séricos de interleucina-6, interleucina 1 β e fator de necrose tumoral (TNF).

Os animais alimentados com caroço de algodão apresentaram maior concentração de ácidos graxos da série ômega-6 no músculo, quando comparados aos alimentados com grão de soja, o que pode ser justificado pela maior concentração de ácido linoleico no músculo dos animais submetidos a essa dieta.

Um fator de grande importância é a relação entre a concentração dos ácidos graxos destas séries (relação ômega-6/ômega 3), pois o consumo de grandes quantidades de ácidos graxos da série ômega 6 pode inibir a conversão do ácido alfa-linolênico em ácido eicosapentanoico (LIOU et al., 2007). Tem sido preconizada na literatura a necessidade de uma baixa relação n-6/n-3 na dieta de seres humanos, pois de acordo com Harris et al. (2006), está estabelecido que existe uma competição entre os ácidos linoleico e alfa-linolênico pela enzima $\Delta 6$ dessaturase, a qual converte estes ácidos para γ -linolênico (C18:3n6) e ácido estearidônico (C18:4n3), respectivamente. Estes ácidos são então convertidos respectivamente em ácido araquidônico (C20:4n-6) e ácido eicosapentanoico (C20:5n-3) por ação da enzima $\Delta 5$ dessaturase e posteriormente convertidos em ácido docosapentanóico (C22:5n-6) e ácido docosahexanoico (C22:6n-3) (HARRIS et al., 2006). Sendo assim, uma alta relação n-6/n-3, pode favorecer o aumento do conteúdo de ácido araquidônico nos fosfolípidios das membranas celulares, aumentando, conseqüentemente, a produção de prostaglandina E2 e leucotrieno B4, por meio das vias enzimáticas da ciclooxigenase e 5-lipoxigenase, respectivamente (GARÓFOLO; PETRILLI, 2006).

Foi observado que a relação ômega-6/ômega-3 no músculo e na gordura subcutânea de animais alimentados com caroço de algodão foi bastante superior

à observada para animais submetidos à terminação com grão de soja. De acordo com Simopoulos (2008) as dietas ocidentais, atualmente são deficientes em ácidos graxos da série ômega-3 e apresentam uma relação ômega-6/ômega-3 de 15 a 20/1.

Oliveira et al. (2011) também observaram maior relação n-6/n-3 no músculo e na gordura de animais alimentados com dietas à base de caroço de algodão, quando comparados a animais alimentados com grão de soja ou linhaça. Os altos valores observados na relação entre ácidos graxos n-6 e n-3 é resultado do alto teor de ácido linoleico observado no músculo dos animais do presente experimento. Aharoni et al. (1995), em experimento com bovinos holandeses submetidos à terminação com dietas de baixa, média e alta energia, observaram teores de ácido linoleico entre 14,3 e 16,4% no músculo *Longissimus dorsi*. Mach et al. (2006) submeteram bovinos holandeses à suplementação com concentrados contendo 5, 8 ou 11% de lipídeos e também observaram teores de ácido linoleico entre 15,5 e 22,4%.

Tabela 5 Médias e erros padrões das médias das proporções dos ácidos graxos da gordura subcutânea (%) e no músculo (%) de tourinhos Red Norte alimentados com grão de soja (SG), grão de soja + vitamina E (SGE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta

Ácido graxo	Músculo					Probabilidade		
	GS	GSE	CA	CAE	EPM	L	V	LxV
Σ Saturados	43,46	43,94	44,98	46,58	1,002	0,03	0,44	0,46
Σ Insaturados	54,92	54,89	53,51	51,81	1,146	0,03	0,35	0,37
Σ AGI/AGS	1,27	1,27	1,19	1,11	0,055	0,04	0,45	0,46
Σ Monoinsaturados	41,65	38,30	35,00	33,58	1,407	0,01	0,12	0,53
Σ Poli-insaturados	13,27	16,59	18,81	17,92	2,008	0,09	0,48	0,31
Σ Ômega 3	1,06	1,18	0,97	0,93	0,144	0,11	0,97	0,34
Σ Ômega 6	11,72	14,92	17,14	16,67	1,897	0,05	0,45	0,31
Σ Ômega 6/ômega3	12,14	12,46	18,47	20,99	1,055	0,01	0,06	0,54
Gordura subcutânea								
Σ Saturados	43,75	42,28	49,14	48,12	1,116	0,01	0,27	0,84
Σ Insaturados	54,17	55,46	48,64	49,70	1,158	0,01	0,32	0,92
Σ AGI/AGS	1,24	1,33	1,20	1,11	0,060	0,04	0,59	0,66
Σ Monoinsaturados	49,38	51,27	44,85	45,80	1,186	0,01	0,24	0,69
Σ Poli-insaturados	4,78	4,18	3,79	3,86	0,248	0,05	0,32	0,18
Σ Ômega 3	0,40	0,32	0,11	0,12	0,020	0,01	0,93	0,03
Σ Ômega 6	3,57	3,14	3,09	3,16	0,245	0,36	0,48	0,32
Σ Ômega 6/ômega3	8,93	11,07	28,26	26,36	2,030	0,01	0,95	0,33

Os índices de atividades das enzimas Δ^9 dessaturase foram afetados pela fonte de lipídeo utilizada, sendo que animais alimentados com dietas à base de caroço de algodão apresentaram menor atividade da Δ^9 dessaturase 18 no músculo e gordura subcutânea e da Δ^9 dessaturase 16 também nestes dois tecidos, o que comprova mais uma vez a ação do ácido estercúlico. Uma vez que o ácido palmítico tem capacidade de aumentar os níveis séricos de colesterol, sua conversão em ácido palmitoleico é de grande importância para a nutrição humana e também para características sensoriais da carne, pois de acordo com Larick e Turner (1990) e Melton et al. (1982) a concentração deste ácido está

relacionada com o sabor da carne bovina, colaborando para a melhoria desta característica.

Animais alimentados com caroço de algodão apresentam menor atividade de elongase no músculo e na gordura subcutânea. Os ácidos graxos poliinsaturados, como os ácidos graxos essenciais linoleico e linolênico, são importantes para a formação de membranas celulares e são precursores para a síntese de eicosanoides. Desta forma, a redução na atividade desta enzima pode reduzir a produção dos eicosanoides.

Não foram verificados efeitos das dietas experimentais sobre os índices de aterogenicidade do músculo. Entretanto, animais alimentados com caroço de algodão apresentaram maior índice de aterogenicidade da gordura subcutânea. Este índice relaciona os ácidos pró e antiaterogênicos, dessa forma, quanto menor os valores de aterogenicidade maior a quantidade de ácidos graxos antiaterogênicos presentes nas gorduras e, conseqüentemente, maior o potencial de prevenção ao aparecimento de doenças coronárias.

Tabela 6 Médias e erros padrões das médias dos índices das enzimas envolvidas no metabolismo de ácidos graxos e índice de aterogenicidade da gordura subcutânea e no músculo de tourinhos Red Norte alimentados com grão de soja (SG), grão de soja + vitamina E (SGE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta

Índices	Músculo					P		
	SG	SGE	CA	CAE	EPM	L	V	LxV
Δ^9 dessaturase 16	9,70	8,80	7,70	7,10	0,633	0,01	0,19	0,75
Δ^9 dessaturase 18	66,83	64,01	60,55	58,41	1,753	0,01	0,15	0,83
Elongase	67,68	67,23	65,29	64,97	0,805	0,01	0,61	0,94
Aterogenicidade	0,58	0,57	0,62	0,64	0,034	0,25	0,56	0,32

Gordura Subcutânea

Δ^9 dessaturase 16	13,20	14,70	11,00	11,60	0,700	0,01	0,19	0,57
Δ^9 dessaturase 18	72,90	74,30	65,50	67,70	1,680	0,01	0,29	0,82
Elongase	66,10	66,30	64,50	64,10	0,800	0,03	0,90	0,72
Aterogenicidade ^a	0,749	0,690	0,808	0,807	0,036	0,01	0,67	0,65

Δ^9 dessaturase 16: $100 [(C16:1cis9)/(C16:1cis9 + C16:0)]$

Δ^9 dessaturase 18: $100 [(C18:1cis9)/(C18:1cis9 + C18:0)]$

Elongase: $100 [(C18:0 + C18:1cis9)/(C16:0 + C16:1cis9 + C18:0 + C18:1cis9)]$

^aAterogenicidade: $[C12:0 + 4(14:0) + C16:0]/\sum AGI$

Diante dos resultados observados para o perfil de ácidos graxos do músculo e da gordura subcutânea, verifica-se que a inclusão de caroço de algodão reduziu a concentração de ácidos graxos considerados importantes para a saúde do consumidor deste produto. Considerando que o caroço de algodão é um alimento utilizado em larga escala em confinamentos de bovinos de corte no Brasil, talvez haja necessidade da limitação de sua inclusão a essas dietas, uma vez que, segundo Millen et al. (2009), 45% dos confinamentos de bovinos de corte do país tem este alimento como o subproduto preferencial para inclusão a

essas dietas e 35% o utilizam como a segunda opção de subproduto. Ainda segundo esses autores, o nível médio de inclusão deste alimento nos confinamentos do país é de 15% da MS dietética, podendo chegar ao nível máximo de 27,5%, nível este próximo do utilizado no presente experimento (24%).

Não foi verificado efeito da fonte de óleo ($P=0,54$) e da suplementação vitamínica ($P=0,70$) sobre a concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). No entanto, foi verificado efeito dos dias de maturação ($P<0,01$) e a interação entre fonte de óleo e dias de maturação ($P<0,05$).

Aos 42 dias de maturação foi observada maior peroxidação lipídica na carne de animais alimentados com grão de soja, o que pode ser consequência da maior concentração de ácidos graxos insaturados na carne desses animais. Para que a oxidação lipídica seja desencadeada há necessidade de alguns substratos, por exemplo, ácidos graxos insaturados, oxigênio e compostos químicos que aceleram o processo de oxidação, como exemplo o ferro (KANNER; HAZAN; DOLL, 1988). A suplementação das dietas de animais em terminação com ácidos graxos insaturados aumenta a concentração destes ácidos no tecido adiposo, e diante deste fato a suplementação com antioxidantes, como a vitamina E pode ser indicada (LIU et al., 1995). No entanto, no presente experimento não foi verificado efeito da suplementação vitamínica sobre a estabilidade lipídica da carne bovina, o que pode ser resultado da forma de armazenamento. Além disso, segundo Eikelenboom, Hoving-Bolink e Houben (2000) a ausência de efeito da suplementação de vitamina E sobre as características qualitativas da carne bovina pode ser consequência da ingestão de forragem de bom valor nutricional no período que antecede a engorda confinada e desta forma, o músculo já estaria saturado de α tocoferol. Uma vez que os animais do presente experimento foram abatidos com aproximadamente 24 meses de idade, pode-se inferir que a taxa de ganho de peso no período que

antecedeu a fase de terminação foi satisfatória e que os animais deveriam ter consumido forragens com alto valor nutricional. Considerando que, segundo Arnold et al. (1993), a depleção da concentração de alfa-tocoferol no músculo é lenta, a carne poderia ter alta concentração de alfa tocoferol e outros antioxidantes obtidos da pastagem. Da mesma forma, Descalzo et al. (2005) avaliaram o efeito do sistema de alimentação (pastagem ou confinamento) e da suplementação de vitamina E (500 UI/animal/dia por 140 dias) e não observaram efeito da suplementação vitamínica sobre os valores de TBARS, tendo sido verificado apenas efeito do sistema de terminação sobre este parâmetro. Entretanto, Gatellier et al. (2001), avaliaram o efeito da suplementação de vitamina E (1000 mg/animal dia durante 111 dias) sobre a estabilidade lipídica da carne bovina, tendo observado redução nos valores de TBARS como consequência da suplementação vitamínica.

No presente trabalho, foi verificado que as concentrações de malonaldeído, ficaram abaixo de 2,28 mg/kg de carne. Segundo Campo et al. (2006) a partir deste valor, a rancidez oxidativa da carne bovina torna-se perceptível para o ser humano. Diante desses resultados é possível inferir que carnes submetidas a 42 dias de maturação não teriam sua aceitabilidade prejudicada.

Os dados de coloração da carne são discutidos levando-se em consideração os efeitos da interação entre fonte de lipídeo e o tempo de maturação (Figura 2), pois a suplementação vitamínica não influenciou tais características ($P>0,10$).

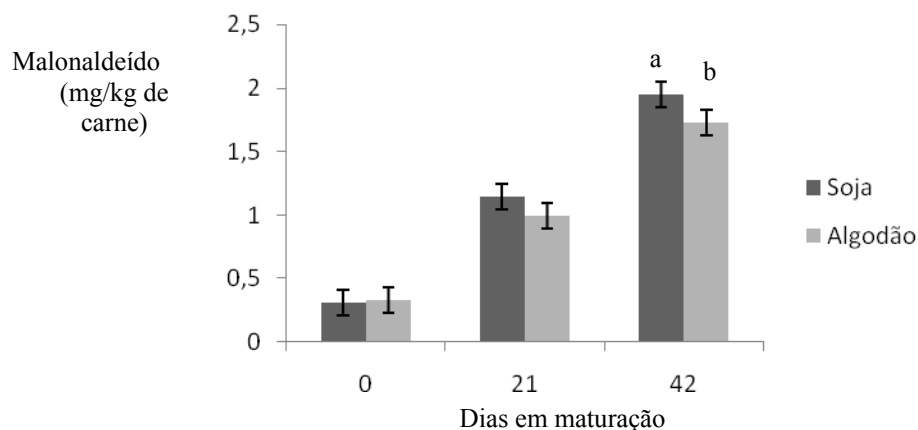


Figura 1 Valores observados para concentração de malonaldeído (mg/kg de carne) na carne de tourinhos alimentados com grão de soja (SG), grão de soja + vitamina E (SGE), caroço de algodão (CA) e caroço de algodão + vitamina E (CAE) na dieta, durante o armazenamento refrigerado (2°C)

Foi verificado aumento do índice de luminosidade e intensidade de vermelho em função do tempo de maturação da carne, o que pode ser explicado por diferenças na taxa de consumo de oxigênio (TCO). A TCO está associada ao consumo de O_2 pela carne no período *post-mortem* e está relacionada à intensidade de penetração do oxigênio na superfície exposta do músculo (MCKENNA et al., 2005). Após a transformação do músculo em carne, continua ocorrendo respiração neste tecido e conseqüentemente, o oxigênio sofre o processo de redução pelo NADH no final da cadeia mitocondrial de transporte de elétrons. Este sistema compete com a mioglobina pelo oxigênio disponível que se difunde na carne (LANARI; CASSENS, 1991). O resultado deste processo de difusão e consumo de oxigênio é uma redução no gradiente de concentração de oxigênio do ar para o interior do corte cárneo, e com isso a taxa de formação da oximioglobina será diminuída (MACDOUGALL; TAYLOR, 1975). Entretanto, o consumo de oxigênio é diminuído com o passar do tempo

post mortem, de modo que o balanço entre o consumo de oxigênio pela mitocôndria e a ligação do oxigênio à mioglobina sofre alterações, com isso a concentração de oximioglobina na carne torna-se maior.

Verificou-se que com 14 e 21 dias de maturação, os valores observados de a* foram inferiores na carne de animais submetidos às dietas com grão de soja, podendo-se inferir que se tratava de uma carne com coloração menos vermelha. A menor intensidade de vermelho pode ser resultado do estado da forma química dos pigmentos heme (MANCINI; HUNT, 2005). Uma vez que o perfil de ácidos graxos da carne dos animais suplementados com grão de soja apresenta maior teor de ácidos graxos insaturados, conclui-se que a mesma estava mais susceptível à oxidação lipídica, o que pode ser comprovado com os resultados de TBARS. Considerando que a oxidação lipídica pode acelerar o processo de oxidação da mioglobina (NUTE et al., 2007; O'GRADY et al., 2001; ZAKRYS et al., 2008), pode-se inferir que a carne de animais alimentados com grão de soja maturada por mais de sete dias, apresentou maiores concentrações de metamioglobina quando comparada à carne de animais alimentados com caroço de algodão. Muitos fatores parecem afetar a oxidação da oximioglobina. Estes incluem a temperatura, pH, atividade da metamioglobina redutase, pressão parcial de oxigênio e oxidação lipídica (FAUSTMAN et al., 2010). A oxidação da oximioglobina é favorecida por altas temperaturas (BROWN; MEBINE, 1969), baixos valores de pH (GOTOH; SHIKAMA, 1974) e a presença de ferro não heme (ALLEN; CORNFORTH, 2006). O aumento observado no valor a* em decorrência da maturação também pode ser resultado da ausência de luz no local de estocagem da carne.

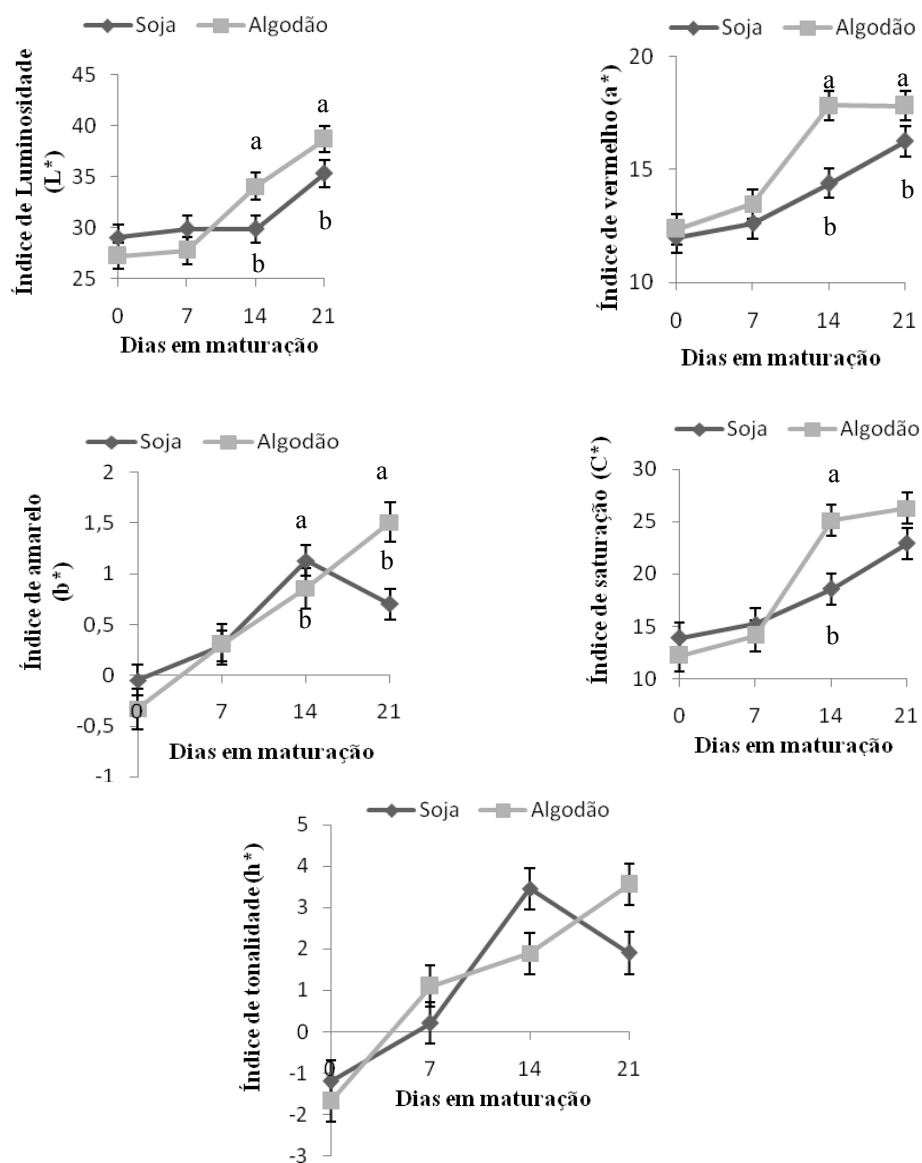


Figura 2 Índice de luminosidade (L*), índice de vermelho (a*), índice de amarelo (b*), índice de saturação (C*) e índice de tonalidade (h*) nos tempos 0, 7, 14 e 21 dias de maturação, da carne de tourinhos alimentados com grão de soja (GS) ou caroço de algodão (CA)

Em bovinos jovens, Abularach, Rocha e Felício (1998) classificaram carnes escuras quando $L^* \leq 29,68$, e carnes claras quando $L^* \geq 38,51$. Neste contexto, pode-se considerar, que a carne dos animais do presente experimento, que não foram submetidas à maturação eram escuras, o que pode ser consequência do pH relativamente alto observado. De acordo com Oliete, Moreno e Carballo (2005), o aumento no valor L^* em função do período de maturação pode ser consequência da desintegração do disco Z do sarcômero, o que leva a maior difusão da luz incidente e o aumento da luminosidade.

Andrade et al. (2010), em experimento com carne de animais Red Norte, submetidas a quatro tempos de maturação (0, 7, 14 e 21 dias) verificou o mesmo efeito que o presente experimento. No presente experimento, foi verificado que com 14 e 21 dias de maturação houve maior intensidade de amarelo na carne dos animais suplementados com caroço de algodão, quando comparados aos suplementados com grão de soja.

O índice de saturação (C^*) é um indicativo de pureza da cor e pode-se observar que o comportamento dos dados é semelhante aos valores determinados de a^* . Aos 14 dias de maturação, a carne de animais alimentados com caroço de algodão apresentou maior índice de saturação, o que indica a obtenção de uma carne mais escura para os animais submetidos à alimentação com grão de soja.

A partir do o ângulo de tonalidade, se pode estimar a posição de uma amostra no sólido de cor (RAMOS; GOMIDE, 2007) e de acordo com os resultados obtidos é possível estimar a cor predominante do objeto analisado. Portanto, é possível afirmar que a cor predominante na carne dos animais do presente experimento era a cor vermelha, uma vez que valores de h^* entre -2° e 4° representam posições no 3º e 4º quadrantes, na faixa da tonalidade vermelha.

4 CONCLUSÕES

A inclusão de caroço de algodão moído em dietas de terminação, em relação à utilização de grão de soja moído, aumenta o teor de ácidos graxos saturados do músculo *Longissimus dorsi*. No entanto, animais alimentados com caroço de algodão apresentam carne com coloração mais atrativa ao consumidor. A utilização de grão de soja pode reduzir a vida de prateleira de carnes maturadas. Nas condições deste experimento a inclusão de vitamina E não afetou as características qualitativas da carne.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. J. S.; PRADO, I. N.; PEROTTO, D. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1640-1650, 2008.

ABULARACH, M. L. S.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé de touros jovens da raça nelore. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998

AHARONI, Y. et al. Dietary effects on fat deposition and fatty acid profiles in muscle and fat depots of Friesian bull calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 2712-2720, 1995.

ALLEN, K. E.; CORNFORTH, D. P. Myoglobin oxidation in a model system as affected by nonheme iron and iron chelating agents. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, Easton, v. 54, p. 10134–10140, 2006.

ANDRADE, P. L. et al. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, p. 1791-1800, 2010.

ARNOLD, R. N. et al. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 105–118, 1993.

BAUMAN, D. E. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, Savoy, 1999. p. 1–15. Disponível em: <<http://jas.fass.org/content/77/E-Suppl/1.32.full.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2011.

BHATNAGAR, D.; DURRINGTON, P. N. Omega-3 fatty acids: their role in the prevention and treatment of atherosclerosis related risk factors and complications. **International Journal of Clinical Practice**, Surrey, v. 57, p. 305-14, 2003.

BIESALSKI, H. K. Meat as a component of a healthy diet - are there any risks or benefits if meat is avoided? **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 509-524, 2005.

BROWN, W. D.; MEBINE, L. B. Autoxidation of oxymyoglobins. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 244, p. 6696-6701, 1969.

CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. A fresh look at meat flavour. **Meat Science**, Barking, v. 77, p. 63-80, 2007.

CAMPO, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v. 72, p. 303-311, 2006.

COSTA, D. P. B. **Características da carne de novilhos Nelore alimentados com caroço de algodão**. 2009. 59 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009.

CHRISTIE, W. W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 23, p. 1072, 1982.

CHUNG, K. Y.; CHOI, C. B.; KAWACHI, H. *Trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid antagonizes arginine-promoted differentiation of bovine preadipocytes. **Adipocytes**, [S. l.], v. 2, p. 93-100, 2006.

DESCALZO, A. M. et al. Antioxidant status and odor profile in fresh beef from pasture or grain-fed cattle. **Meat Science**, Barking, v. 75, p. 299-307, 2007.

DESCALZO, A. M. et al. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. **Meat Science**, Barking, v. 70, p. 35-44, 2005.

EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A. H.; HOUBEN, J. H. Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability. **Meat Science**, Barking, v. 54, p. 17-22, 2000.

FAUSTMAN, C. et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. **Meat Science**, Barking, v. 86, p. 86-94, 2010.

FELDMAN, E. B. The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, n. 5, p. 1062-1101, 2002.

GARÓFOLO, A.; PETRILLI, A. S. Balanço entre ácidos graxos ômega-3 e 6 na resposta inflamatória em pacientes com câncer e caquexia. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 5, p. 611-621, Oct. 2006.

GATELLIER, P. et al. Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. **Meat Science**, Barking, v. 69, p. 175-186, 2001.

GEAY, Y. et al. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. **Reproduction Nutrition Development**, Paris, v. 41, p. 1-26, 2001.

GILL, C. O.; NEWTON, K. G. Microbiology of DFD beef. In: HOOD, D. E.; TARRANT, P. V (Ed.). **The problem of dark-cutting in beef**. Amsterdam: M. Nijhoff, 1981. p. 305-321.

GILMORE, L. A. et al. Consumption of High-Oleic Acid Ground Beef Increases HDL-Cholesterol Concentration but Both High- and Low-Oleic Acid Ground Beef Decrease HDL Particle Diameter in Normocholesterolemic Men. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 141, p. 1188-1194, 2011.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, J. P. Forage fiber analysis (apparatus reagents, procedure, and some applications). **Agriculture Handbook**, Washington, n. 379, p. 150, 1970.

GOTOH, T.; SHIKAMA, K. Autoxidation of oxymyoglobin from bovine heart muscle. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 163, p. 476-481, 1974.

GRUNDY, S. M.; FLORENTIN, L.; NIX, D. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for reducing raised levels of plasma cholesterol in man. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 47, p. 965-969, 1988.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, H. D. (Ed.). **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier Science, 1988. p. 285-322.

HARRIS, W. The omega-6/omega-3 ratio and cardiovascular disease risk: Uses and abuses. **Current Atherosclerosis Reports**, Philadelphia, v. 8 p. 453-459, 2006.

HARTMAN, L. A evolução de idéias sobre a função dos óleos e gorduras na alimentação humana. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 27, p. 55-58, 1993.

Houben, J. H. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation, fat level and packaging on color stability and lipid oxidation in minced meat. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 3, p. 331-336, 2000.

HUGHES, P. E.; TOVE, S. B. Identification of deoxy- α -tocopherolquinol as another endogenous electron donor for biohydrogenation. **Journal of Biology Chemistry**, Bethesda, v. 255, p. 11802-11806, 1980.

JUÁREZ, M. et al. Effects of vitamin E and flaxseed on rumen-derived fatty acid intermediates in beef intramuscular fat. **Meat Science**, Barking, v. 88, p. 434-440, 2011.

KANNER, J.; HAZAN, B.; DOLL, L. Catalytic “free” iron ions in muscle foods. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 36, n. 3, p. 412-415, 1988.

KRONBERG, S. L. et al. The effect of flaxseed supplementation on growth, carcass characteristics, fatty acid profile, retail shelf life, and sensory characteristics of beef from steers finished on grasslands of the northern Great Plains. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 2892-2903, 2011.

LANARI, M. C.; CASSENS, R. G. Mitochondria activity and beef muscle colour stability. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 56, p. 1476-1479, 1991.

LARICK, D. K.; TURNER, B. E. Flavour characteristics of forage- and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 55, p. 312–317, 1990.

LIU, Y. A. et al. Decreasing linoleic acid with constant α -linolenic acid in dietary fat increases (n-3) eicosapentaenoic acid in plasma phospholipids in healthy men. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 137, p. 945–952, 2007.

LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1216-1231, 1998.

LIU, Q.; LANARI, M. C.; SCHAEFER, D. M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3131–3140, 1995.

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

MACH, N. et al. Increasing the amount of n-3 fatty acid in meat from young Holstein bulls through nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 3039–3048, 2006.

MADDOCK, T. D.; BAUER, M. L.; KOCH, K. B. Effect of processing flax in beef feedlot diets on performance, carcass characteristics, and trained sensory panel ratings. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1544-1551, 2006.

MALAU-ADULI, A. E. O. et al. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 48, p. 715–722, 1997.

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

MARTIN, S. A.; JENKINS, T. C. Factors affecting conjugated linoleic acid and *trans*-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3347–3352, 2002.

McKENNA, D. R. et al. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**, Barking, v. 70, p. 665–682, 2005.

MELTON, S. L. et al. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass, forage-grain- and grain-finished steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 77-87, 1982.

MILLEN, D. D. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science** Champaign, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MOREIRA, F. B. et al. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 609-616, 2003.

NICOLOSI, R. J.; ROGERS, E. J.; KRITCHEVSKY, D. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. **Artery**, Fulton, v. 22, p. 266-77, 1997.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7th ed. Washington: National Academic, 2000.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE. 7th ed. rev. Washington: National Academic, 2001. 287 p.

NUTE, G. R. et al. Effect of dietary oil source on the flavor and the colour and lipid stability of lamb meat. **Meat Science**, Barking, v. 77, p. 547–555, 2007.

O'GRADY, M. N. et al. Colourstabilising effect of muscle vitamin E in minced beef stored in high oxygen packs. **Meat Science**, Barking, v. 50, p. 73–80, 1998.

OLIETE, B.; MORENO, T.; CARBALLO, J. A. Influence of ageing time on the quality of yearling calf meat under vacuum. **European Food Research and Technology**, Springer, v. 220, p. 489 – 493, 2005.

OLIVEIRA, D. M. et al. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, p. 2546-2555, 2011.

PALMQUIST, D. L. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**, New York, v. 50, p. 179-217, 2005.

PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid in food. **Advances in Conjugated Linoleic Acid Research**, Madison, v. 2, p. 101-122, 2003.

PETERSEN, G. V. Cross-sectional studies of ultimate pH in lambs. **New Zealand Veterinary Journal**, Wellington, v. 32, p. 51-57, 1984.

PLOURDE, M. et al. Conjugated linoleic acids: why the discrepancy between animal and human studies? **Nutrition Reviews**, New York, v. 66, p. 415-421, 2008.

PRADO, I. N. et al. Longissimus dorsi fatty acids composition of Bos indicus and Bos indicus vs Bos Taurus crossbred steers finished in pasture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 601-608, 2003.

RAJU, P. K.; REISER, R. Inhibition of stearoyl coenzyme-A desaturase by sterulate in mouse liver microsomes. **Journal of Biology Chemistry**, Bethesda, v. 247, p. 3700–3708, 1972.

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

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1839-1849, 2004.

ROSSATO, L. V. et al. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 5, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982010000500025&script=sci_arttext#back>. Acesso em: 23 out. 2011.

RULE, D. C. et al. Influence of sire growth potential time on feed, and growing-finishing strategy on cholesterol and fatty acids of ground carcass and longissimus muscle of beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, n. 10, p. 1525-1533, 1997.

SANTAROSA, L. C. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de novilhos Red Norte alimentados com lipídeos e ionóforos. 2011. 96 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SILVA, R. C. Effects of substitution of corn by pulp citrous pellets on muscle fatty acid composition of finished heifers. **Anais da Associação Brasileira de Química**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 2, p. 175-181, 2001

SIMOPOULOS, A. P. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. **Experimental Biology and Medicine**, Maywood, v. 233, n. 6, p. 674-688, 2008.

SHORTHOSE, W. R. Effects of growth and composition on meat quality. In : PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. **Growth regulation in farm animals: advances in meat research**. New York: Elsevier Science, 1989. p. 515-556.

SMITH, D. R.; KNABE, D. A.; SMITH, S. B. Depression of lipogenesis in swine adipose tissue by specific dietary fatty acids. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 975-983, 1996.

SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. **Colesterol da mesa ao corpo**. São Paulo: Varela, 2006. p. 85.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEMS. **User's guide**: statistic. Cary: SAS Institute, 2003. 176 p.

TARLADGIS, B. G.; WATTS, B. M.; YOUNATHAN, M. T. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 37, p. 44-48, 1960.

TURPEINEN, A. M.; MUTANEN, M.; ARO, A. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 76, p. 504-510, 2002.

ULBRICHT, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, p. 985-992, 1991.

VAN SOEST, P. J. et al. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VARELA, A.; OLIETE, B.; MORENO, T. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. **Meat Science**, Barking, v. 67, p. 515-522, 2004.

VRABLIK, M. et al. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease risk: do we understand the relationship? **Physiologic Research**, Prague, v. 58, p. 19-26, 2009.

WALDMAN, R. C.; SUESS, G. G.; BRUNGARDT, V. H. Fatty acids of certain bovine tissue and their association with growth, carcass and palatability traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 27, p. 632-635, 1968.

WESTERLING, D. B.; HEDRICK, H. B. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 48, p. 1343-1348, 1979.

WILLIAMSON, C. S.; FOSTER, R. K.; STANNER, S. A. Red meat in the diet. **Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 30, p. 323-335, 2005.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, R. A. Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2004.

WOOLLETT, A. L.; SPADY, K. D.; DIETSCHY, M. J. Saturated and unsaturated fatty acids independently regulate low-density lipoprotein receptor activity and production rate. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 33, p. 77-88, 1992.

YANG, A. et al. Warmed-over flavor and lipid stability of beef effects of prior nutrition food chemistry and toxicology. **Journal of Food Science, Chicago**, v. 67, n. 9, p. 3309-3313, Sept. 2002.

YANG, A.; LARSEN, T. W.; SMITH, S. B. Δ^9 desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue of different fatty acid composition. **Lipids**, Champaign, v. 34, p. 971-978, 1999.

ZAKRYS, P. I. Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 648-655, 2008.