

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE
DE CARNE DE BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM FONTES
DE LIPÍDIOS

CAROLINA FLORET DA COSTA

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia como parte das exigências para a obtenção do Título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Dezembro – 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E QUALIDADE
DE CARNE DE BOVINOS NELORE ALIMENTADOS COM FONTES
DE LIPÍDIOS

CAROLINA FLORET DA COSTA

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni

Co-orientadora: Prof. Dra. Cyntia Ludovico Martins

Tese apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para a obtenção do Título de
Doutor.

BOTUCATU - SP

Dezembro – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C837d Costa, Carolina Floret da, 1990-
Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore alimentados com fontes de lipídios / Carolina Floret da Costa. - Botucatu: [s.n.], 2018 x, 89 f.: grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2018

Orientador: Mário De Beni Arrigoni
Coorientador: Cyntia Ludovico Martins
Inclui bibliografia

1. Carne bovina - Qualidade. 2. Nelore (Zebu) - Alimentação e rações. 3. Confinamento (Animais). 4. Ácidos graxos. I. Arrigoni, Mário De Beni. II. Martins, Cyntia Ludovico. III. Meirelles, Paulo Roberto de Lima. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. V. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

“ A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê. ”

Arthur Schopenhauer

Dedico

À minha mãe, pelo amor e apoio incondicional.

Às minhas irmãs Karina e Camila, que longe ou perto sempre torceram pela minha
felicidade e sucesso.

Ao Ismael, companheiro durante esta e outras jornadas, pelo apoio, carinho e paciência.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu agradecimento a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho e foram importantes durante a realização do meu doutorado.

Quero agradecer em especial,

Ao Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni pela orientação, confiança, ensinamentos e conhecimentos compartilhados durante toda as etapas da minha pós-graduação.

À Prof. Dra. Cyntia Ludovico Martins, pela parceria, dedicação, paciência e ensinamentos, desde a época da iniciação científica até a conclusão desta tese.

À Nutricorp, pelo apoio financeiro para a realização do experimento que originou esta tese.

Ao pesquisador Dr. Rodrigo Dias Lauritano Pacheco, pela disponibilidade e ajuda com o delineamento do experimento e dietas.

Ao Prof. Dr. Danilo Domingues Millen, pela ajuda com as análises estatísticas, além da disponibilidade, atenção e paciência durante toda a minha pós-graduação.

Aos colegas Gabriel Melo, Ramon Rizzieri e Leonardo Miller, pela parceria no desenvolvimento do experimento.

Aos funcionários do confinamento Eduardo Bueno, Wilson Biazon e Sidney do Império, pelo apoio durante o período experimental.

A todos os estagiários, principalmente Maria Betania Niehues, Caroline Barabach, Tainá Eburneo, Letícia Vecchi, Leandro Pessin, Thamiris Sturion, Alex Garcia, Adelino Francischinelli, Ana Gabriela Sabadini, Daniel Gouvêa, Ana Bárbara Sartor, Monise Santos, Larissa Duarte, entre tantos outros... A ajuda de vocês foi essencial.

Aos colegas de pós-graduação e amigos Alexandre Perdigão, Daniela Estevam, Gabriel Melo, Ismael Pereira, Laís Tomaz, Lucas Miranda, Maria Betania Niehues, Ramon Rizzieri, pela ajuda na realização do experimento, abate, análises, coleta de amostras.

Ao Prof. Dr. Otávio Machado Neto pela ajuda durante o abate e coleta de amostras.

Ao Prof. Dr. Bradley J. Johnson, por me receber como aluna de doutorado sanduíche na Texas Tech University, por todo o auxílio e ensinamentos. Aos seus alunos Alex Schaubhut, Jongkyoo Kim, Kimberly Wellmann, Phillip Urso e Zachary Smith, por todo o aprendizado, pela acolhida e paciência.

À Prof. Dr. Angélica Cravo Pereira, bem como suas alunas, em especial à Adrielle Ferrinho, Lenise Mueller e Mariana Zanata, pela disponibilidade e ajuda com as análises de qualidade de carne e perfil de ácidos graxos no Laboratório de Ciência da Carne da FMVZ – USP.

Ao Prof. Dr. Roberto Roça, Prof. Dr. Guilherme Sampaio e às alunas de pós-graduação Bruna Domeneghetti e Carolina Toledo, pela ajuda com as análises de composição centesimal da carne no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal da FCA – UNESP.

À Prof. Dra. Regina Takahira e Dr. Marcos Montanha, pelo auxílio na realização das dosagens bioquímicas no Laboratório de Clínica Veterinária da FMVZ – UNESP.

À Prof. Dra. Maeli Dal-Pai e Bruno Duran, pelo apoio e auxílio nas análises de expressão gênica no Laboratório de Biologia do Músculo Estriado do IBB – UNESP.

À Gisele, por toda a disponibilidade e auxílio com as análises no Laboratório de Bromatologia da FMVZ – UNESP.

Ao Michel Castilhos, bem como todos os funcionários da Fabrica de Ração da FMVZ – UNESP, pela ajuda durante o experimento.

À Usina São Manuel, pela doação do bagaço-de-cana.

Ao Van Mondelli, pela parceria com os animais utilizados no experimento.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles e Prof. Dr. Luis Artur Loyola Chardulo pela participação na banca de meu exame de qualificação e, ao Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça, Prof. Dr. Otávio Machado Neto, Prof. Dr. Marco Aurélio Factori e Prof. Dr. Guilherme Sampaio, membros da banca da defesa da tese, pela importante colaboração, pelas correções e sugestões.

Às funcionárias da Seção de Pós-graduação Seila Vieira, Ellen Guilhen e Cláudia Moreci pela ajuda, paciência e colaboração durante a realização do doutorado. À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial ao prof. José Roberto Sartori, pela oportunidade de receber o título de doutora.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal em especial ao Luís Carlos Fernandes, o querido Carlão (*in memoriam*), pela atenção e ajuda. Aos demais professores e funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Departamento de Produção Animal, Supervisão das Fazendas de Ensino Pesquisa e Extensão da FMVZ – UNESP, que colaboraram na minha formação ao longo desses anos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Desta forma, gostaria de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela apoio financeiro por meio de bolsa de estudos concedida durante a realização do doutorado, além da bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE – CAPES), que me possibilitou a experiência de estudar e participar de pesquisas desenvolvidos na Texas Tech University.

E finalmente, à minha mãe, Cláudia e minhas irmãs, Karina e Camila, pelo amor, incentivo e suporte. Ao Ismael, meu companheiro em todos os momentos, pelo apoio, paciência e amor. Às minhas queridas amigas Ana Paula, Beatriz, Mariana, Nathália, Roberta e Vanessa, que se fazem sempre presentes, independente da distância física. Ao meu cunhado Rogério, pela amizade de tantos anos. À minha avó Jandira e tias Nei, Terezinha e Vera e todos os tios e primos, pelo carinho e torcida constante pela minha felicidade e sucesso. À Adriana, Pereira, Rafael e Gabriel, pela amizade e carinho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA DA AUTORA

Carolina Floret da Costa nasceu em 23 de fevereiro de 1990 na cidade de Torrinha – SP, filha de Cláudia Gonçalves Floret e Luiz Antonio Homem da Costa.

Graduou-se em Zootecnia pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em 2012. Obteve o título de Mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual Paulista em 2015, ano em que ingressou no Doutorado na mesma instituição, sob orientação do Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni e co-orientação da Prof. Dra. Cyntia Ludovico Martins.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do caroço de algodão e dos suplementos Nutrigordura e Blend, produzidos pela Nutricorp, Araras – SP, Brasil.....	45
Tabela 2. Composição e conteúdo nutricional das dietas de adaptação oferecidas aos animais durante o estudo.....	46
Tabela 3. Composição e conteúdo nutricional das dietas de crescimento oferecidas aos animais durante o estudo.....	47
Tabela 4. Composição e conteúdo nutricional das dietas de terminação oferecidas aos animais durante o estudo.....	48
Tabela 5. Sequenciamento dos primers (5' para 3') que foram utilizados na PCR quantitativa em tempo real.....	56
Tabela 6. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios.....	58
Tabela 7. Expressão relativa de genes relacionados ao perfil lipídico da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios.....	59
Tabela 8. Desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios, monitorados por meio de ultrassom.....	60
Tabela 9. Indicadores de qualidade e composição centesimal da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios.....	61
Tabela 10. Perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios.....	63
Tabela 11. Lipídios séricos de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios durante as fases inicial e final de confinamento.....	64
Tabela 12. Índice de rumenites, lactato e pH sanguíneo de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios.....	66

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Uso de lipídios na alimentação de bovinos.....	14
2.2 Crescimento dos tecidos muscular e adiposo e transporte de lipídios em bovinos...	19
2.3 Desempenho e características de carcaça.....	22
2.4 Qualidade da carne.....	23
2.5 Perfil de ácidos graxos.....	26
2.6 Expressão de genes relacionados ao metabolismo de lipídios.....	28
3. REFERÊNCIAS.....	32

CAPÍTULO II

1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Animais e local experimental.....	44
2.2 Delineamento experimental.....	44
2.3 Manejo, arraçamento e cuidados com os animais.....	48
2.4 Desempenho produtivo dos animais.....	49
2.5 Acompanhamento da deposição dos tecidos muscular e adiposo por ultrassom.....	50
2.6 Lipídios séricos.....	50
2.7 Características de carcaça e cortes comerciais.....	51
2.8 Avaliação da qualidade da carne.....	51
2.8.1 pH, coloração da carne, perdas de peso por cozimento e força de cisalhamento ..	51
2.8.2 Composição centesimal da carne.....	52
2.8.3 Perfil de ácidos graxos.....	52
2.9 Expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico.....	53
2.9.1 Extração, quantificação e análise da integridade de RNA.....	53
2.9.2 Tratamento com DNase e transcrição reversa.....	54
2.9.3 PCR em tempo real.....	55
4. DISCUSSÃO.....	65

5. CONCLUSÕES 80

6. REFERÊNCIAS 81

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES 88

CAPÍTULO I

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A atividade pecuária brasileira tem passado por intensas transformações, principalmente em relação ao sistema de produção. O uso de confinamentos na terminação de bovinos, apesar de recente no Brasil, cresceu consideravelmente nos últimos dez anos, acompanhando a crescente demanda mundial por carne (OLIVEIRA; MILLEN, 2014). Da mesma forma, o mercado consumidor tem se tornado mais exigente com relação à qualidade e padronização da carne consumida.

Para garantir que os bovinos expressem todo o potencial genético para desempenho produtivo, é necessário assegurar uma ingestão adequada de energia. Uma alternativa para maximizar a ingestão de energia é a inclusão de lipídios na dieta. De acordo com Church e Dwight (2002) os lipídios apresentam densidade energética 2,25 vezes maior que os carboidratos. Isto porque a oxidação completa dos carboidratos produz 4 kcal/g e a de lipídios, 9 kcal/g. Desta forma, a inclusão de lipídios em dietas de terminação tem sido empregada com o intuito de melhorar a eficiência alimentar, obter carcaças com melhor grau de acabamento e carne com maior qualidade e gordura intramuscular.

As fontes de lipídios mais utilizadas no Brasil são sementes de oleaginosas, como algodão, girassol e soja (SOUZA, 2008), além de lipídios protegidos da degradação ruminal, compostos principalmente por ácidos linoleico e linolênico. Estes ácidos são considerados ácidos graxos essenciais, já que os ruminantes não são capazes de sintetizá-los (LOPES, 2009).

Os lipídios protegidos são fornecidos na forma de sabões de cálcio, que impedem a biohidrogenação dos ácidos graxos essenciais, que são insaturados, e os convertem em ácidos graxos saturados, não essenciais. Isso acontece porque os sais de cálcio são digeridos somente em meio ácido e o pH do rúmen em condições normais é apenas ligeiramente ácido, o que faz com que o produto permaneça parcialmente inalterado até chegar ao abomaso, onde o pH é extremamente ácido e proporciona a liberação dos lipídios para o intestino, onde serão absorvidos (CHURCH; DWIGHT, 2002; LOPES, 2009).

Além de melhorar a densidade energética da dieta, o fornecimento de lipídios protegidos pode melhorar a qualidade da carcaça e da carne. Garret et al. (1976),

observaram melhoras na textura, maciez e suculência da carne de animais suplementados com gordura protegida na fase de terminação.

Contudo, a característica da carne que sofre maior influência da suplementação com lipídios, protegidos ou não, é o perfil de ácidos graxos. O fornecimento de alto teor de lipídios na dieta pode aumentar a absorção intestinal de ácidos graxos insaturados (MEDEIROS; ALBERTINI, 2012). O fornecimento de lipídios protegidos também pode aumentar a concentração de ácido linoleico conjugado (CLA), um conjunto de isômeros do ácido linoleico. Alguns destes isômeros têm propriedades anticarcinogênicas e antilipogênicas, importantes do ponto de vista nutricional da carne.

Adicionalmente, a partir do avanço das técnicas de estudo da expressão gênica, torna-se possível a exploração das respostas do fornecimento de ácidos graxos específicos sobre os tecidos muscular e adiposo. Isto porque lipídios podem regular a expressão gênica pela indução ou inibição de genes que codificam enzimas específicas ou fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico (JUMP, 2002). De acordo com Choi et al. (2013), ácidos graxos saturados promovem e insaturados deprimem a expressão de determinadas enzimas que afetam a eficiência de crescimento em bovinos. Segundo o autor, gorduras com um perfil de ácidos graxos mais saturados tendem a produzir carcaça com melhor grau de acabamento e carne com mais gordura intramuscular. Portanto, o fornecimento de uma composição diferenciada de ácidos graxos saturados e insaturados protegidos da degradação ruminal pode representar uma ferramenta para melhorar o desempenho e qualidade de carne de bovinos confinados da raça Nelore, predominante no Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de lipídios na alimentação de bovinos

A terminação de bovinos em confinamento é crescente no Brasil. Para aumentar a eficiência de produção e desempenho dos animais, é comum o uso de dietas com altos teores de concentrado e grãos, entretanto, quanto maior a inclusão de grãos na dieta, maior a ocorrência de distúrbios digestivos nos bovinos (MILLEN, 2008). De acordo com Vasconcelos e Galvany (2007), os distúrbios metabólicos mais comuns e de maior impacto econômico em confinamentos americanos são a acidose, timpanismo e abscessos hepáticos. Dentre os distúrbios citados, a acidose é a maior responsável pelas quedas no desempenho e eficiência de ganho, podendo provocar abscessos hepáticos e rumenites (OWENS et al., 1998). No Brasil, a acidose foi descrita como a segunda doença mais frequente em confinamentos, com 34,4% de incidência (OLIVEIRA; MILLEN, 2014).

As fontes de lipídios podem ser utilizadas como alimentos alternativos aos grãos em dietas para confinamentos com o objetivo de aumentar o aporte energético destas, sem desencadear problemas como a acidose ruminal. De acordo com Hess et al. (2008), o fornecimento de gordura é uma estratégia eficiente para aumentar a densidade energética de dietas para ruminantes e o nível de inclusão depende principalmente da quantidade de forragem fornecida aos animais. Bovinos alimentados com dietas à base de volumosos podem receber até 4% de lipídios na dieta (com base na massa seca), enquanto bovinos alimentados com dietas ricas em grãos podem receber até 6% de gorduras sem prejuízo na eficiência de degradação ruminal dos outros componentes da dieta.

Os lipídios ou gorduras são substâncias pouco solúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. A oxidação completa destas substâncias produz em média 9,45 Kcal/g, sendo 2,25 vezes mais energética que a oxidação de carboidratos (ARRIGONI et al., 2016). Entretanto, os efeitos negativos causados por elevadas quantidades de gorduras limitam sua utilização a no máximo 20% da energia metabolizável da dieta (HESS, 2008). Os lipídios são compostos por ácidos graxos, que pertencem principalmente a dois grupos, de ácidos graxos insaturados ou ácidos graxos saturados.

O estado de saturação ou insaturação é uma importante característica química e nutricional (AFERRI, 2003).

Os lipídios têm papéis importantes no metabolismo de ruminantes: reduzem a produção de calor no rúmen, já que não são utilizados pelos microrganismos como fonte de energia, podem promover mitigação da produção de metano entérico, aumentam a capacidade de absorção de vitaminas lipossolúveis, além de fornecerem ácidos graxos essenciais e serem precursores de moléculas regulatórias como prostaglandinas (ARRIGONI et al., 2016).

As plantas, principalmente as forragens, contêm diversos lipídios específicos, sendo que a maior parte são encontrados sob forma de galactolipídios. A superfície das folhas e caules contêm ceras (ésteres de ácidos graxos e álcoois de cadeias longas) e cutina, frequentemente ligados à lignina (PALMQUIST; MATTOS, 2006). O teor de lipídios presentes em forragens e sementes varia em torno de 4 e 6%, respectivamente. Em plantas oleaginosas, este teor é maior e varia em torno de 18 e 50%, com predominância de triacilgliceróis. Com relação ao perfil destes ácidos graxos, forragens possuem maior proporção de ácido linolênico (C18:3) e grãos e oleaginosas possuem mais ácido linoleico (C18:2) e oleico (C18:1) (ARRIGONI et al., 2016).

O excesso de lipídios no rúmen pode provocar redução na ingestão de alimentos e prejuízos no desempenho dos animais (MEDEIROS; ALBERTINI, 2012), além de queda na digestibilidade das fibras (SOUZA, 2008). Isto porque o rúmen é intolerante a altos níveis de lipídios, principalmente os insaturados, que podem interferir na fermentação. Esta intolerância se deve à adsorção dos ácidos graxos às partículas de alimento presentes no rúmen e às bactérias, além de um efeito tóxico das gorduras sobre as bactérias celulolíticas. Esta toxicidade se deve à natureza anfipática dos ácidos graxos insaturados, que são solúveis em água e solventes orgânicos e apresentam solubilidade em membranas celulares. Desta forma, há um potencial para rompimento desta membrana em bactérias gram-positivas, que possuem membranas celulares simples em estrutura (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Entretanto, é importante destacar que o efeito negativo do fornecimento de gorduras no desempenho de ruminantes é dependente da fonte de lipídios e do teor de volumoso da dieta. Desta forma, quanto maior a inclusão de alimentos fibrosos na dieta, maior a possibilidade de ocorrerem quedas no desempenho se houver fornecimento de

lipídios (GOUVÊA, 2015). Costa et al. (2011) forneceram níveis crescentes de caroço de algodão a bovinos Nelore alimentados com 50% de volumosos e observaram redução linear no consumo de matéria seca e no peso corporal final conforme o aumento na inclusão de gorduras.

Entretanto, quando são avaliados experimentos com alta inclusão de concentrados, podem ser observadas respostas diferentes ao fornecimento de lipídios. Barducci et al. (2015) observaram maior ganho médio diário para bovinos Nelore alimentados com torta de algodão e lipídios protegidos, em comparação ao tratamento controle. Krehbiel et al. (1995) forneceram 0, 2 ou 4% de gordura animal a novilhos confinados e observaram aumento linear na eficiência alimentar de acordo com o nível de inclusão de gorduras. Entretanto, o perfil de ácidos graxos deste tipo de gordura é bastante saturado e, portanto, sofre pouca biohidrogenação ruminal.

Para contornar os efeitos indesejáveis da presença de gorduras no rúmen, os triacilgliceróis presentes na dieta são modificados pelas bactérias ruminais por meio de hidrólise, produzindo ácidos graxos e glicerol. Em seguida, os ácidos graxos sofrem saturação ou biohidrogenação (PALMQUIST, 2001). Sendo assim, existem diferenças marcantes entre o perfil de ácidos graxos da dieta consumida e o perfil dos lipídios que deixam o rúmen (JENKINS et al., 2008).

O glicerol, liberado após hidrólise do propionato, é rapidamente fermentado e convertido em ácidos graxos de cadeia curta (ARRIGONI et al., 2016). As bactérias não utilizam ácidos graxos como fonte de energia ou para funções estruturais (KOZLOSKI, 2011). Além disso, alguns ácidos graxos, principalmente os poli-insaturados, são tóxicos aos microrganismos. Esta toxicidade pode estar relacionada aos ácidos graxos com maior solubilidade em água e membranas celulares, com potencial para romper a estrutura das membranas. Os microrganismos mais suscetíveis à toxicidade dos ácidos graxos são as bactérias gram positivas, metanogênicas e protozoários (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Para neutralizar o efeito tóxico dos ácidos graxos, estes são biohidrogenados pelas bactérias ruminais, principalmente *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Anaerovibrio lipolytica* e *Propionibacter* (ARRIGONI et al., 2016). O processo de biohidrogenação converte ácidos graxos insaturados em saturados por meio da isomerização de ácidos

graxos intermediários para a forma *trans*, seguida da hidrogenação das duplas ligações. (PALMQUIST; MATTOS, 2006; JENKINS et al., 2008).

Durante as etapas da biohidrogenação, vários ácidos graxos intermediários são formados. Destaca-se, no entanto, a formação do ácido linoleico conjugado (CLA), um conjunto de isômeros do ácido linoleico, que está envolvido em diferentes processos fisiológicos e pode proporcionar efeitos anticarcinogênicos, antiteratogênicos, modulação do metabolismo intermediário e resposta imune dos animais (KOZLOSKI, 2011). As taxas de lipólise e biohidrogenação dependem de diversos fatores, como o grau de instauração dos ácidos graxos, o tipo e quantidade de lipídios que chegam ao rúmen, bem como o pH ruminal (JENKINS et al., 2008). Devido às modificações sofridas no rúmen, os ácidos graxos insaturados, que podem representar até cerca de 80% do total de ácidos graxos presentes nos alimentos utilizados em dietas para ruminantes, passam a representar cerca de apenas 25% do que chega ao intestino delgado, onde são absorvidos por difusão passiva (KOZLOSKI, 2011).

Os ganhos de produção alcançados com o uso de lipídios em confinamento nem sempre são satisfatórios, já que o uso de grandes quantidades de gordura pode reduzir a digestibilidade ruminal de fibras (JENKINS; PALMQUIST, 1984). Em função disso, nutricionistas têm buscado fontes de ácidos graxos que impactem o mínimo possível na cinética e fermentação ruminal. Desta forma, o uso de sementes de oleaginosas é vantajoso em comparação a óleos, por exemplo, já que a casca do grão serve como uma proteção física para a gordura, que será liberada de forma lenta devido à ruminação e remastigação das sementes. Destaca-se também o uso de sais de cálcio de ácidos graxos, ou gordura protegida, que permitem a passagem dos lipídios pelo rúmen sem que haja lipólise (AFERRI, 2003).

A gordura protegida se mantém relativamente inerte no rúmen em condições normais de pH, mas se dissocia completamente no abomaso, onde o pH é mais ácido. Desta forma, haverá um aumento na densidade energética da dieta sem efeitos negativos na degradação ruminal de fibras (JENKINS; PALMQUIST, 1984). O uso de gordura protegida também apresenta vantagens do ponto de vista nutricional, pois em condições ideais de pH ocorre pouca biohidrogenação no rúmen, permitindo a absorção intestinal de ácidos graxos essenciais, que são insaturados e não são produzidos naturalmente pelos bovinos (PUTRINO et al., 2006). Entretanto, em condições nas quais o pH

ruminal é baixo, como em casos de acidose aguda ou subaguda, pode ocorrer dissociação dos sais de cálcio de ácidos graxos, principalmente se forem preparados com ácidos graxos insaturados (JENKINS; PALMQUIST, 1984).

A estabilidade dos lipídios protegidos por sais de cálcio depende da fonte de ácidos graxos e seu grau de insaturação. Desta forma, quanto mais insaturados forem, menor será a estabilidade no ambiente ruminal (Nascimento, 2017). Os sais de cálcio provenientes de óleo de palma mostraram-se estáveis mesmo em pH de 5,5 com apenas 10% de dissociação, enquanto os sais de cálcio de óleo de soja apresentou dissociação de 45%. Esta diferença ocorre devido ao perfil de ácidos graxos das duas fontes lipídicas. O óleo de palma é rico em ácidos graxos saturados, que possuem pKa de 4,6, que resulta em menor solubilidade. Já o óleo de soja, rico em ácidos graxos insaturados, possui pKa de 5,6, o que o torna mais solúvel (SUKHIJA; PALMQUIST, 1990; PALMQUIST; MATTOS, 2006).

De acordo com Oliveira e Millen (2014), a principal fonte lipídica utilizada é a semente integral do algodão, além das sementes de outras oleaginosas como soja e girassol (SOUZA, 2008) e de lipídios protegidos da degradação ruminal. O caroço de algodão é uma importante fonte de lipídios na alimentação de ruminantes. É um subproduto da indústria têxtil, obtido após a remoção da fração fibrosa, que pode ser dividido em três partes: a fibra, composta pelo línter e sobras da pluma, a casca e a amêndoa (SOUZA, 2014). O caroço de algodão contém elevado teor de proteína bruta (em torno de 23% da matéria seca – MS), extrato etéreo (cerca de 20% da MS) e fibra insolúvel em detergente neutro (40 - 50% na MS), o que torna o uso deste alimento bastante favorável, já que ele combina altos teores de energia e proteína, além de fibra de alta degradabilidade (ARIELI, 1998; GOUVÊA, 2015). É importante destacar também o perfil de ácidos graxos do caroço de algodão, que contém em torno de 70% de ácidos graxos insaturados e é rico em ácido linoleico (C18:2) e oleico (C18:1), com valores médios de 53% e 17%, respectivamente (SOUZA, 2014).

O gérmen de milho também pode ser utilizado como fonte de energia em dietas para bovinos confinados. Este alimento é subproduto da trituração do milho por via seca para produção de fubá e farinha de milho, resultando no gérmen (SILVA et al., 2013), que é a parte vegetativa do milho, e pode ou não conter óleo, dependendo do processamento ao qual é submetido. Quando a extração do óleo não é executada, o

produto contém alto teor de extrato etéreo, cerca de 15% da MS (MIOTTO et al., 2009). O gérmen compõe cerca de 13% da massa total do grão de milho e é um importante alimento energético, pois concentra grande parte dos nutrientes (SILVA et al., 2013), além de conter elevado teor de ácido linoleico, ácido graxo poli-insaturado essencial na alimentação de ruminantes (MONTGOMERY et al., 2005).

2.2 Crescimento dos tecidos muscular e adiposo e transporte de lipídios em bovinos

O estudo da composição corporal, bem como das taxas de deposição dos tecidos muscular e adiposo em bovinos de corte, é fundamental para avaliar o efeito de fontes de lipídios em dietas para animais confinados. Desta forma, é necessário o entendimento do crescimento animal como um conjunto de modificações químicas, físicas e metabólicas do organismo (BOIN et al., 1994).

O crescimento é definido como o aumento de massa corporal, resultante da produção de novas células. Sendo assim, o crescimento pode ser medido em função do aumento na massa, resultante da multiplicação celular (hiperplasia) e do aumento no tamanho das células (hipertrofia) de diferentes tecidos, por meio da incorporação de componentes específicos (OWENS et al., 1993). O crescimento apresenta características alométricas, ou seja, os tecidos possuem taxas de crescimento diferentes, que se alteram de acordo com a fase de vida do animal. Sendo assim, o tecido ósseo é o que se desenvolve mais precocemente, seguido do tecido muscular e, finalmente, do tecido adiposo (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Durante o desenvolvimento embrionário, todos os tecidos crescem por hiperplasia. Entretanto, em mamíferos, após o nascimento, o tecido muscular, de maior interesse para a produção de carne, cresce apenas por hipertrofia ou incorporação de células satélites (OWENS et al., 1993). As células satélites são capazes de se dividir e podem doar núcleos quando incorporadas às fibras musculares. A fusão destas células com as fibras musculares resulta em um aumento na quantidade de DNA no músculo, que pode suportar um aumento de massa muscular (CHUNG; JOHNSON, 2008). O desenvolvimento dos tecidos no animal segue uma sequência cronológica. O crescimento tem início com tecidos neurais, seguido por ossos, músculos e tecido adiposo. Assim, a proporção de gordura aumenta conforme o aumento da idade (ANDREWS, 1958; OWENS et al., 1993).

Em bovinos, a qualidade da carne produzida está altamente relacionada à deposição de tecido adiposo na carcaça, principalmente intramuscular. A ordem de deposição de tecido adiposo é cavitária, intermuscular, subcutâneo e intramuscular (ANDREWS, 1958). O desenvolvimento do tecido adiposo se dá tanto por hiperplasia quanto por hipertrofia. Quando os animais atingem a fase de terminação, os depósitos de gordura perirrenal e intermuscular, que se desenvolvem mais rapidamente, completam seu desenvolvimento hiperplásico e a deposição passa a acontecer por meio do enchimento dos adipócitos existentes, enquanto os depósitos subcutâneo e intramuscular continuam a recrutar novos adipócitos, ao mesmo tempo em que os preenchem com lipídios (PAULINO et al., 2009). O tecido adiposo intramuscular pode se desenvolver também por meio da interconversão de células satélite em adipócitos (CHUNG; JOHNSON, 2008).

O desenvolvimento do tecido adiposo intramuscular é mais tardio em relação aos outros locais de deposição. Os adipócitos intramusculares apresentam 5 a 10% da taxa de deposição de ácidos graxos observada no tecido adiposo subcutâneo (HOOD e ALLEN, 1978). Com relação ao substrato para deposição de lipídios, na gordura intramuscular a glicose contribui com maior proporção das unidades de acetil para a biossíntese de ácidos graxos, quando comparado ao tecido adiposo subcutâneo, o que evidencia o metabolismo completamente distinto entre os dois locais de acúmulo de gordura (HAUSMAN et al., 2009).

A composição corporal da carcaça, ou seja, a proporção dos tecidos adiposo, muscular e ósseo da carcaça pode sofrer influência da suplementação com diferentes fontes de gordura. Fiorentini (2008) encontrou menor proporção de ossos e maior proporção de gordura estimada na carcaça de novilhas alimentadas com fontes de lipídios protegidos em comparação com o grupo alimentado com grãos de soja. Em estudo de Andrade et al. (2014) também foi observado maior deposição de gordura visceral em novilhos Angus-Nelore alimentados com lipídios protegidos em comparação à dieta controle, sem inclusão de lipídios protegidos.

Owens e Gardner (1999) fizeram uma revisão da literatura sobre o impacto do manejo e nutrição nas características de carcaça de bovinos em confinamento e encontraram associação entre o fornecimento de dietas com 4% de lipídios e maior área de olho de lombo, além de aumento no teor de gordura intramuscular de bovinos

confinados. Zinn (1989) estudou o fornecimento de 4 ou 8% de gordura vegetal, animal ou mistura das duas a bovinos confinados, em comparação a um tratamento controle e observou aumento na deposição de gordura visceral e intramuscular em animais alimentados com lipídios.

Os processos de mobilização e deposição de gordura no tecido adiposo podem ser mensurados por meio de lipidograma, que mensura as concentrações séricas de colesterol e triacilgliceróis (FERNANDES et al., 2012). Isto porque, no período absorptivo, quando ocorre a absorção dos nutrientes ingeridos, 95% dos lipídios plasmáticos estão associados a lipoproteínas, sendo 90% destes transportados aos tecidos periféricos em forma de fosfolipídios e colesterol. Em ruminantes, estes compostos estão ligados principalmente às lipoproteínas de densidade muito baixa – VLDL e a participação de quilomícrons no transporte de lipídios é pequena (KOZLOSKI, 2011).

Nos tecidos, os triacilgliceróis são hidrolisados liberando monoacilgliceróis e ácidos graxos livres, que se difundem para o interior das células teciduais. O destino destes substratos no interior das células vai depender do tipo de tecido e condição metabólica do animal. No tecido adiposo, os ácidos graxos livres são reconvertidos a triacilgliceróis, enquanto no tecido muscular são oxidados para produção de ATP (KOZLOSKI, 2011). No fígado, são sintetizadas lipoproteínas de alta densidade – HDL, que realizam o transporte reverso do colesterol, dos tecidos para o fígado, que será convertido em ácidos biliares. Em ruminantes, HDL são as lipoproteínas predominantes e são utilizadas para fornecer colesterol para os tecidos esteroideogênicos (ROSSATO, 2007).

Os triacilgliceróis são a principal forma de armazenamento de lipídios no tecido adiposo. Assim como ocorre com o colesterol, pode-se observar um aumento dos níveis séricos de triacilgliceróis durante o período absorptivo. Isto porque durante o processo de absorção de lipídios, parte dos ácidos graxos é re-esterificada a triacilgliceróis, que são incorporados nas VLDL. Estas são liberadas na circulação e direcionadas aos tecidos periféricos (KOZLOSKI, 2011).

Os níveis séricos de triacilgliceróis em ruminantes são mais baixos em comparação aos monogástricos, o que reflete a baixa capacidade de síntese hepática de triacilgliceróis nos primeiros. Porém, após a ingestão de dietas com alta densidade

energética, ocorre aumento da síntese hepática de ácidos graxos, resultando em aumento da exportação de triacilgliceróis em forma de VLDL (FERNANDES et al., 2012).

2.3 Desempenho e características de carcaça

Os efeitos do fornecimento de gorduras no desempenho e características de carcaça são variáveis e dependem da fonte de lipídios e do nível de inclusão na dieta. Aferri (2003) avaliou o efeito de dieta controle sem gorduras, dieta com 5% de sais de cálcio de ácidos graxos ou com 21% de caroço de algodão e reportou menor ingestão de massa seca para os animais suplementados com lipídios protegidos em comparação à dieta com caroço de algodão, porém sem efeitos no ganho de peso ou na eficiência alimentar. Em estudo de Krehbiel et al. (1995), que forneceram 0, 2 ou 4% de gordura animal a novilhos confinados, observou-se aumento linear na eficiência alimentar de acordo com o nível de inclusão de gorduras. Os autores atribuíram o resultado ao maior aporte energético proporcionado pelos lipídios da dieta.

Barducci et al. (2015) observaram maior ganho médio diário para bovinos Nelore alimentados com torta de algodão e lipídios protegidos, em comparação ao tratamento controle, além de maior eficiência alimentar para o grupo alimentado com lipídios protegidos em relação ao grupo controle. Da mesma forma, Fiorentini (2008), que comparou o fornecimento de lipídios protegidos e fontes naturais de lipídios a novilhas, observou maior ganho médio diário para o grupo que recebeu gordura protegida.

Allen (2000) desenvolveu equações envolvendo 24 estudos sobre o fornecimento de lipídios a bovinos, e observou que para cada 1% de gordura protegida adicionada à ração, há uma redução de 2,5% na ingestão de matéria seca. De acordo com o autor, outras fontes de gordura apresentaram efeitos menos consistentes no consumo de alimento pelos animais. Numa revisão de 18 experimentos sobre o uso de caroço de algodão em dietas para bovinos, Coppock et al. (1987) não encontraram diferenças no consumo de matéria seca quando até 25% de caroço é incluído nas dietas.

Quedas na ingestão de massa seca podem ser atribuídas ao maior aporte energético de dietas com lipídios ou a um aumento na deposição de tecido adiposo, que está relacionado à produção de leptina. O nível de leptina plasmática é proporcional ao teor de gordura corporal, refletindo a quantidade de triacilgliceróis acumulados no

tecido adiposo (MAFFEI et al., 1995), e funciona como um sinalizador de *status* metabólico, acarretando diminuição na ingestão de alimentos. Além disso, quando grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados chegam ao intestino, pode ocorrer aumento na liberação de colecistoquinina, um hormônio relacionado com a sensação de saciedade, em maior extensão em comparação com ácidos graxos saturados, o que pode ocasionar diminuição no consumo de alimento (DRACKLEY et al., 1992; ALLEN, 2000).

A suplementação com lipídios pode aumentar a deposição de tecido adiposo na carcaça. Owens e Gardner (1999) verificaram que a inclusão de 2,4% de fontes de gordura na ração, ou um total de 4,5% de extrato etéreo na dieta proporcionou aumento no rendimento de carcaça. Os autores também observaram maior área de olho de lombo e aumento no teor de gordura intramuscular de animais confinados alimentados com dietas com 4% de lipídios.

Jaeger et al. (2004), suplementaram bovinos de quatro grupos genéticos com lipídios protegidos, e não observaram efeitos sobre parâmetros de desempenho dos animais. Entretanto, a área de olho de lombo dos bovinos que receberam lipídios foi maior, indicando maior musculabilidade das carcaças. O fornecimento de níveis crescentes de gordura animal e gordura protegida aumentou o rendimento de carcaça em até 9% em estudo de Zinn et al. (2000), que utilizaram animais holandeses. Os autores também observaram que os animais suplementados apresentaram maior eficiência alimentar, em comparação ao grupo controle. Entretanto, Aferri (2003) não encontrou diferenças em características de carcaça como rendimento, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea.

2.4 Qualidade da carne

A carne bovina é um alimento de alto valor biológico, com importante papel nutricional. É fonte de ferro, zinco e vitaminas do complexo B, principalmente B1, B2, B3, B6, B12 (GEAY et al., 2001). Além disso, os componentes nutricionais da carne podem ser digeridos facilmente e o valor biológico da proteína é alto (PUTRINO et al., 2006).

As características biológicas dos músculos, a gordura intramuscular e o tecido adiposo que recobre a carcaça determinam as características nutricionais e sensoriais da

carne (GEAY et al., 2001). Estes fatores sofrem influência do sexo, raça e idade do animal (PESCE, 2008) e do tipo de alimentação fornecida aos animais, que exerce grande efeito no grau de acabamento e porcentagem de gordura na carcaça e na carne (FELÍCIO, 1997).

De acordo com estudo de Henschion et al. (2017), as perspectivas do consumidor de carne bovina sobre a qualidade do produto são complexas. Os autores investigaram quais os principais atributos utilizados pelo consumidor na tomada de decisão para a compra da carne bovina e encontraram 22 características consideradas decisivas pelos compradores. Os dois atributos considerados principais são fatores extrínsecos da carne: preço e informações sobre certificação e marca do produto, seguidos de três características intrínsecas da carne: quantidade de gordura visível, cor e aparência da carne. Com relação às características sensoriais da carne, a maciez é o atributo considerado essencial pelos consumidores.

O fornecimento de fontes de lipídios em dietas de confinamento pode aumentar a deposição de gordura na carcaça e na carne (ZINN, 1989; FIORENTINI, 2008; ANDRADE et al., 2014). Diversos estudos relatam aumento na deposição de gordura intramuscular em animais confinados alimentados com lipídios (ZINN, 1989; OWENS; GARDNER, 1999). De acordo com Arshad et al. (2018), a presença de gordura é o fator que mais contribui no desenvolvimento do sabor da carne bovina. A partir de alguns ácidos graxos poli-insaturados e oxigênio, peróxidos são sintetizados, assim como lactonas, aldeídos, hidrocarbonetos e cetonas são formados pela oxidação da carne, produzindo sabores indesejáveis. Desta forma, conteúdo e composição da gordura influenciam diretamente a qualidade sensorial da carne, já que estão relacionados à suculência e sabor.

Aferri (2003) comparou o fornecimento de dieta sem adição de lipídios e dietas com caroço de algodão ou gordura protegida a bovinos com $\frac{3}{4}$ de grau de sangue taurino, e observou que a carne tendeu a apresentar maiores valores de força de cisalhamento em comparação aos animais do grupo controle, quando não houve maturação das amostras. Entretanto, os valores obtidos encontraram-se abaixo de 4,4kg, indicando que a carne estava macia. Após maturação por 7 ou 14 dias, os resultados de força de cisalhamento foram reduzidos e apresentaram-se semelhantes para os três tratamentos. O autor também não encontrou diferenças no índice de perda de água no

cozimento entre os tratamentos. A capacidade de retenção de água da carne é correlacionada com a maciez, sendo que carnes que apresentam menor perda de água no cozimento são geralmente mais macias (PESCE, 2008). Em estudo de Silva et al. (2007) não houve diferença na força de cisalhamento da carne de animais alimentados ou não com lipídios protegidos, assim como o índice de perda de água no cozimento.

A adição de gordura à dieta de bovinos confinados pode alterar a aceitabilidade da carne avaliada por meio de painel sensorial. Fiorentini (2008) observou que a carne de novilhas suplementadas com gordura protegida obteve melhor pontuação para textura e aceitação global, avaliadas em painel sensorial, em comparação à carne de novilhas alimentadas com grão de soja. Entretanto, Barducci et al. (2016) não encontraram diferenças em painel sensorial realizado com carne de bovinos Nelore suplementados com lipídios protegidos, torta de algodão ou dieta controle à base de milho.

De acordo com Geay (2001), embora a composição química dos músculos seja relativamente constante (em média 75% de água, 19 a 25% de proteínas e 1 a 2% de minerais e carboidratos), a composição da carne pode variar em função do teor de lipídios decorrente da quantidade de gordura intramuscular e subcutânea. Putrino et al. (2006) encontraram diferenças na composição química da carne de bovinos alimentados ou não com gordura protegida. Segundo os autores, o uso da gordura proporcionou elevação no teor de extrato etéreo e consequente redução no teor de água da carne.

Os efeitos do uso de lipídios podem variar conforme a fonte, como observado em estudo de Santarosa (2011), que forneceu grão de soja ou gordura protegida da degradação ruminal a bovinos Nelore confinados e encontrou maior teor de umidade e cinzas e tendência a menor extrato etéreo na carne dos animais alimentados com grãos de soja. Entretanto, Gouvêa (2015) não encontrou diferenças na composição química da carne de bovinos Nelore alimentados com caroço de algodão ou óleo de soja.

A cor da carne bovina pode sofrer influência do fornecimento de diferentes fontes de lipídios e é usualmente mensurada por meio de coordenadas do sistema CIELAB, no qual a coordenada L* representa a luminosidade, que pode variar de 0 (preto) a 100 (branco) e a* e b* são as coordenadas de cromaticidade. A coordenada a* representa a intensidade de cor que vai de vermelho ou verde, sendo os valores positivos correspondentes à cor vermelha e os valores negativos, à cor verde; e a coordenada b* representa a intensidade de cor que vai de amarela a azul, sendo os valores positivos

relacionados à cor amarela e os negativos, à cor azul (MANCINI; HUNT, 2005). Um elevado teor de lipídios totais na carne pode aumentar a intensidade da cor amarela das carnes (GOUVÊA, 2015).

Ferrinho (2016) comparou a cor da carne de bovinos confinados que receberam ou não caroço de algodão e encontrou valores mais elevados para os cromas a^* e b^* da carne de animais alimentados com a dieta controle, em comparação aos animais que receberam caroço de algodão. A luminosidade (L^*) não foi afetada pelos diferentes tratamentos. Entretanto, Oliveira (2011) não encontrou diferenças na cor da carne de bovinos alimentados com dieta controle sem adição de gorduras, com adição de óleo de soja, óleo de linhaça, gordura protegida proveniente de óleo de soja ou óleo de linhaça protegido da degradação ruminal.

2.5 Perfil de ácidos graxos

De acordo com Medeiros e Albertini (2012), um dos fatores que sofre maior influência da suplementação com lipídios é o perfil de ácidos graxos da carne, que pode variar entre o tecido adiposo subcutâneo, intermuscular e intramuscular. Como a gordura intramuscular não pode ser removida pelo consumidor, maior ênfase deve ser dada à composição de ácidos graxos da mesma, já que ela exerce maior impacto na saúde humana (LUCHIARI FILHO, 2000). Em geral, a composição de ácidos graxos da gordura intramuscular da carne bovina é de 45 – 48% de saturados, 35 – 45% de monoinsaturados e 5% de poli-insaturados (SCOLLAN et al., 2014).

Os ácidos graxos saturados, compostos principalmente pelos ácidos graxos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), mirístico (C14:0) e láurico (C12:0), são sólidos à temperatura ambiente e quando predominam na dieta, tendem a aumentar o colesterol do plasma, com exceção do ácido esteárico. Entre os ácidos graxos monoinsaturados, o principal é o oleico (C18:1), que é o mais abundante na maioria dos músculos. Entre os ácidos graxos poli-insaturados, o mais comum é o ácido linoléico (C18:2), que ocorre em grandes quantidades em oleaginosas, porém em pequenas quantidades na carne (SILVA et al., 2007).

Os diversos ácidos graxos presentes na carne se comportam de maneiras diferentes com relação aos efeitos na saúde humana. O ácido palmítico (C16:0) e mirístico (C14:0) elevam os níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) em maior

proporção que o ácido esteárico (C18:0). Acredita-se que os ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico (C18:1), não influenciem nos níveis de colesterol sérico. Os ácidos graxos poli-insaturados, como o ácido linoleico (C18:2), reduzem os níveis de séricos de LDL (LIMA et al., 2000). Desta forma, acredita-se que seja interessante maximizar a deposição de ácidos graxos insaturados, de forma a melhorar a qualidade nutricional da carne.

De acordo com Tume (2004), cerca de 60 a 70% do total de ácidos graxos disponíveis para a absorção são compostos pelo ácido esteárico e ácido vacênico. Entretanto, de acordo com o autor, a composição do tecido adiposo indica que os lipídios são metabolizados, ou que a síntese de novo interfere na deposição de lipídios nos adipócitos. Alguns tecidos, como a mucosa intestinal, fígado e células adiposas contém uma enzima chamada esteroil-CoA dessaturase (SCD), ou Δ^9 -dessaturase, que converte ácidos graxos saturados em monoinsaturados, proporcionando diferenças entre o perfil de ácidos graxos que é absorvido e o que é depositado nos adipócitos (TUME, 2004; SMITH et al., 2006).

Para melhorar a composição da gordura da carne de ruminantes, é necessário fornecer lipídios que escapem do processo de biohidrogenação ruminal, para que os ácidos graxos insaturados sejam absorvidos na mesma forma que foram ingeridos pelo animal (PUTRINO et al., 2006). Neste sentido, o uso de sementes de oleaginosas é vantajoso já que a casca do grão serve como uma proteção física para a gordura, assim como o uso de sais de cálcio de ácidos graxos, ou gordura protegida, que permitem a passagem dos lipídios pelo rúmen sem que haja lipólise (AFERRI, 2003).

Entretanto, principalmente quando a concentração de ácidos graxos insaturados é elevada, a composição de lipídica pode exercer forte influência sobre o sabor da carne. Isto porque ácidos graxos insaturados predispõem à rancificação, devido à instabilidade proporcionada pelas ligações duplas, as quais favorecem a oxidação lipídica, que pode ocasionar sabor desagradável e alterações na cor da carne. O perfil de ácidos graxos também influencia na maciez e suculência da carne, já que o ponto de fusão da gordura varia conforme a presença de insaturações e ramificações (FERRINHO, 2016).

Em estudo de Santarosa (2011), o fornecimento de lipídios protegidos a novilhos confinados aumentou a concentração de ácido linoleico conjugado (CLA) na gordura subcutânea do músculo *Longissimus thoracis*. Este é um resultado interessante do ponto

de vista nutricional, já que alguns isômeros do CLA têm propriedades anticarcinogênicas, alteram a partição de nutrientes, têm efeitos antidiabéticos, reduzem o desenvolvimento de aterosclerose e modulam o sistema imunológico (PALMQUIST et al., 2005).

Barducci et al. (2016) observaram que o fornecimento de lipídios protegidos ou torta de algodão não aumentou a concentração de CLA na gordura subcutânea do músculo *Longissimus thoracis*, mas proporcionou maior teor de ácidos graxos poli-insaturados em comparação ao grupo controle.

2.6 Expressão de genes relacionados ao metabolismo de lipídios

Os mecanismos de síntese de gorduras na carne bovina podem ser melhor entendidos por meio da avaliação da expressão de genes relacionados à síntese ou degradação de ácidos graxos. Em ruminantes, há poucos estudos sobre a interação entre nutrientes da dieta e a expressão de genes relacionados ao metabolismo. Estudos afirmam que determinados ácidos graxos podem inibir ou induzir a expressão de genes que codificam enzimas específicas ou fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico (JUMP, 2002).

O processo de adipogênese pode ser dividido em duas etapas: a primeira consiste na formação de precursores de adipócitos, chamados de préadipócitos. A segunda etapa envolve a diferenciação destes precursores. Estes processos são controlados por diversos fatores de transcrição, entre eles os PPAR, ou receptores ativados por peroxissoma (DANI; BILLON, 2012). Existem três isoformas de PPAR: α , presente no fígado; γ , encontrada nos adipócitos e β , encontrada em diversos tecidos. O PPAR γ é o principal regulador da adipogênese e desempenha papel central no desenvolvimento adipogênico (DESVERGNE; WAHLI, 1999; GARCIA-ROJAS et al., 2010; DANI; BILLON, 2012).

De acordo com Oliveira (2013), os PPAR podem ser ativados por determinados ácidos graxos de cadeia longa. Os ácidos graxos podem atuar como hormônios, que controlam a atividade de fatores de transcrição como os PPAR. Sendo assim, pode-se afirmar que os ácidos graxos não são apenas moléculas fornecedoras de energia, já que podem funcionar como reguladores metabólicos. Os principais ligantes dos PPAR são os ácidos graxos insaturados (DESVERGNE; WAHLI, 1999).

Desta forma, do ponto de vista nutrigenômico, torna-se possível manipular a expressão do gene PPAR, por meio do fornecimento de determinados ácidos graxos de cadeia longa por meio da dieta. Brown et al. (2003) demonstraram que o isômero do CLA C18:2 trans-10, cis-12 diminui a expressão do gene PPAR γ em roedores, já que impede o preenchimento dos adipócitos. De acordo com Oliveira (2014), o ácido esteárico pode apresentar efeito agonista sobre o PPAR.

A atividade do PPAR- γ é induzida pelos fatores de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides (SREBP). O SREBP é responsável por mediar a indução da biossíntese de lipídios, por meio do aumento da expressão de genes lipogênicos. Existem três membros da família de SREBPs: 1a, 1c e 2. O SREBP-1 está relacionado com a regulação de genes envolvidos na lipogênese, enquanto o SREBP-2 exerce influência na regulação da expressão dos genes colesterogênicos (OLIVEIRA, 2013). No presente estudo, o gene de interesse é o do SREBP-1, já que diferenças no nível de expressão gênica podem desencadear diferenças na composição do perfil de ácidos graxos no tecido adiposo de bovinos (OLIVEIRA, 2013).

O fornecimento de ácidos graxos específicos pode regular a expressão de SREBP. De acordo com Botolin et al. (2006), a insulina induz e ácidos graxos poli-insaturados n-3 provenientes da dieta suprimem a lipogênese no fígado, por meio da regulação na concentração de SREBP. Entretanto, há poucas informações publicadas sobre o efeito de ácidos graxos poli-insaturados sobre a expressão gênica do SREBP (OLIVEIRA, 2013).

Outro gene de interesse para o presente estudo é o responsável pela enzima esteroil Coa dessaturase (SCD). A SCD, também conhecida como Δ^9 dessaturase, promove a síntese de ácidos graxos não só no adipócito, mas no tecido muscular. Existe mais de uma isoforma desta enzima em mamíferos, sendo a SCD1 predominante no fígado e tecido adiposo (OLIVEIRA, 2013). A expressão gênica e atividade enzimática do SCD no tecido adiposo de bovinos é um indicativo de maciez da gordura, assim como de outros aspectos relativos a qualidade da carne (CHUNG; JOHNSON, 2007).

A SCD é responsável também pela conversão de ácidos graxos saturados em ácidos graxos monoinsaturados nos adipócitos, tanto do tecido adiposo subcutâneo quanto intramuscular (OLIVEIRA, 2013). Esta conversão é interessante em ruminantes,

já que grande parte dos ácidos graxos insaturados são biohidrogenados no rúmen, sendo absorvidos como ácidos graxos saturados.

A enzima SCD, além de responsável pela conversão de ácidos graxos saturados em monoinsaturados, também está associada à conversão de ácido vacênico (C18:1 trans 11) a CLA (C18:2 cis-9, trans-11) (SMITH et al., 2006). De acordo com Waters et al. (2009), a suplementação dietética com ácidos graxos poliinsaturados pode diminuir a atividade da SCD, reduzindo a conversão de ácido vaccênico a CLA.

Os ácidos graxos absorvidos no intestino são transportados associados às lipoproteínas, que são muito grandes para penetrar o endotélio. Desta forma, a lipoproteína lipase (LPL), sintetizada nos adipócitos, atua liberando os ácidos graxos livres, que cruzam o endotélio para chegar aos adipócitos (OLIVEIRA, 2014). A LPL é observada em tecidos adiposo e muscular que utilizem os ácidos graxos como fonte ou estoque de energia (UTEMBERGUE, 2014). A expressão do gene responsável pela LPL ocorre durante o processo de diferenciação de adipócitos. A atividade da LPL aumenta conforme o tamanho das células adiposas (RAYALAM; BAILE, 2012).

O estudo da LPL é de interesse para a produção de carne bovina, já que a enzima é responsável pelo controle da divisão dos ácidos graxos entre o tecido adiposo e muscular (HOCQUETTE et al., 1998). Os genes responsáveis pela transcrição da LPL estão positivamente correlacionados com a atividade da enzima no tecido de ruminantes. Sendo assim, a atividade do gene LPL pode afetar a qualidade das carcaças, regulando os substratos disponíveis para desenvolvimento da gordura intramuscular. Em estudo de Utembergue (2014) a expressão do gene LPL foi correlacionada à concentração de ácido palmítico no tecido.

Diante do exposto, O capítulo II desta tese, intitulado **‘Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore alimentados com fontes de lipídios’**, teve por objetivo comparar o fornecimento de um blend de óleos vegetais, de lipídios protegidos a base de óleo de soja ou coprodutos como fontes de lipídios, a bovinos Nelore confinados, e os efeitos sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça, qualidade de carne, lipoproteínas sanguíneas, perfil de ácidos graxos da carne e expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico.

Acredita-se que o fornecimento de uma composição diferenciada de ácidos graxos saturados e insaturados protegidos possa melhorar o desempenho, aumentar a

deposição de tecido adiposo subcutâneo e intramuscular, modificar o perfil lipídico e aumentar a expressão diferencial de genes envolvidos no metabolismo lipídico de bovinos confinados. O capítulo a seguir será redigido conforme as normas do periódico *Journal of Animal Science*, exceto pelo idioma e posição de tabelas.

3. REFERÊNCIAS

AFERRI, G. **Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de gordura**. 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

ALLEN, M. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 1598-1694, 2000.

ANDRADE, E. N. et al. Beef quality of Angus x Nelore cattle supplemented with rumen-protected lipids during rearing and fattening periods. **Meat Science**, Barking, v. 98, p. 591-598, 2014.

ANDREWS, F. N. Fifty years of progress in animal physiology. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 17, p.1064–1078, 1958.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, p. 97-110, 1998.

ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; FACTORI, M. A. Lipid metabolism in the rumen. In: MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B. (Ed.). **Rumenology**. Switzerland: Springer, 2016. p. 103-126.

ARSHAD, M. S.; SOHAIB, M.; AHMAD, R. S. et al . Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids. **Lipids in Health and Disease**, London, v. 17, v. 1, p. 223, 2018.

BARDUCCI, R. S. et al. Ácidos graxos no desempenho e nas respostas imunológicas de bovinos Nelore confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 6, p. 499-509, 2015.

BARDUCCI, R. S. et al. Perfil de ácidos graxos e características da carne de bovinos Nelore confinados com diferentes fontes lipídicas protegidas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 68, p. 233-242, 2016.

BOIN, C. et al. Tourinhos Nelore em crescimento e acabamento. 2. Exigências de energia líquida de manutenção e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá, p. 473, 1994.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Australia: Sydney University Press, 1976. 240 p.

BOTOLIN, D. et al. Docosahexanoic acid (22:6,n-3) regulates rat hepatocyte SREBP-1 nuclear abundance by Erk- and 26S proteasome-dependent pathways. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 47, p. 181-192, 2006.

BROWN, J. M. et al. Isomer-specific regulation of metabolism and PPARgamma signaling by CLA in human preadipocytes. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 44, p. 1287-1300, 2003.

CHOI, S. H. et al. Fatty acid biosynthesis and lipogenic enzyme activities in subcutaneous adipose tissue of feedlot steers fed supplementary palm oil or soybean oil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 2091-2098, 2013.

CHUNG, K. Y.; JOHNSON, B. J. Application of cellular mechanisms to growth and development of food producing animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 14 sup. p. E226-E235, 2008.

CHURCH & DWIGHT CO. **Megalac-R, rumen bypass fat**. EFA alert research summary. Ewing 2002. 28 p.

COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; HORNER, J. L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 18, p. 89-129, 1987.

COSTA, Q. P. B. et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, p. 729-735, 2011.

DANI, C.; BILLON, N. Adipocyte precursors: developmental origins, self-renewal, and plasticity. In: SYMONDS, M. E. (Ed.). **Adipose tissue biology**. Switzerland: Springer, 2012. p. 1-16.

DESVERGNE, B.; WAHLI, W. Peroxisome proliferator activated receptors: nuclear control of metabolism. **The Endocrine Society**, Chevy Chase, v. 20, p. 649-688, 1999.

DRACKLEY, J. K. et al. Infusion of long-chain fatty acids varying in saturation and chain length into the abomasum of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 1517-1526, 1992.

FELÍCIO, P. E. Fatores ante e post mortem que influenciam na qualidade da carne bovina. In: SIMPÓSIO SOBRE A PECUÁRIA DE CORTE: PRODUÇÃO DO NOVILHO DE CORTE, 4., 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 79-79. 1997.

FERNANDES, S. R. et al. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 18, p. 21-32, 2012.

FERRINHO, A. M. **Caroço de algodão integral e vitamina E em dietas para bovinos Nelore confinados por 83, 104 e 111 dias**. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

FIorentini, G. **Fontes lipídicas na terminação de novilhas**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

GARCÍA-ROJAS, P. et al. Induction of peroxisomal proliferator-activated receptor γ and peroxisomal proliferator-activated receptor γ coactivator 1 by unsaturated fatty acids, retinoic acid, and carotenoids in preadipocytes obtained from bovine white adipose tissue. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 1801-1808, 2010.

GARRET, W. N. et al. Energy utilization, feedlot performance and fatty acid composition of beef steers fed protein encapsulated tallow or vegetable oils. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 6, p. 1522-1533, 1976.

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

GOUVÊA, V. N. **Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento**. 2015. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

HAUSMAN, G. J. et al. BOARD-INVITED REVIEW: The biology and regulation of preadipocytes and adipocytes in meat animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 1218-1246, 2009.

HENCHION, M. M.; McCARTHY, M.; RESCONI, V. C. Beef quality attributes: a systematic review of consumer perspectives. **Meat Science**, Barking, v. 128, p. 1-7, 2017.

HESS, B. W.; MOSS, G. E.; RULE, D. C. A decade of developments in the área of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 14 (sup.), p. E188-204, 1998.

HOCQUETTE, J. F.; GRAYLET, B.; OLIVECRONA, T. Lipoprotein lipase activity and mRNA levels in bovine tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology B: Biochemistry & Molecular Biology**, New York, v. 121, p. 201-212, 1998.

HOOD, R. L.; ALLEN, C. E. Lipogenesis in isolated intramuscular adipose tissue from four bovine muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 46, n. 6, p. 1626-1633, 1978.

JENKINS, T. C.; PALMQUIST, D. L. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 67, n. 5, p. 978-986, 1984.

JENKINS, T. C. et al. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 397-412, 2008.

JUMP, D. B. Dietary polyunsaturated fatty acids and regulation of gene transcription. **Current Opinion in Lipidology**, London, v. 13, p. 155-164, 2002.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 216 p.

KREHBIEL, C. R. et al. Influence of grain type, tallow level, and tallow feeding system on feedlot cattle performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 2916-2921, 1995.

LIMA, F. E. L. et al. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares: uma revisão. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 13, n. 2, p.73-80, 2000.

LOPES, C. N. **Suplementação de gordura protegida na produção de progesterona, momento da luteólise e prenhez em vacas Nelore**. 2009. 48 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: O Autor, 2000. 134 p.

MAFFEI, M. et al. Leptin levels in human and rodent: measurement of plasma leptin and on RNA in obese and weight-reduced subjects. **Nature Medicine**, New York, v. 1, n. 11, p. 1155-1161, 1995.

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

MEDEIROS, S. R.; ALBERTINI, T. Z. Uso de alimentos ricos em lipídios para alimentação de bovinos de corte: recomendações de uso, limitações e impactos na qualidade da carne. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8., **Anais...** Viçosa, MG, 2012.

MILLEN, D. **Desempenho, avaliação ruminal e perfil metabólico sanguíneo de bovinos jovens confinados suplementados com monensina sódica ou anticorpos policlonais**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MIOTTO, F. R. C. et al. Desempenho produtivo de tourinhos Nelore x Limousin alimentados com dietas contendo gérmen de milho integral. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, p. 624-632, 2009.

MONTGOMERY, S. P. et al. Effects of dried full-fat corn germ and vitamin E on growth performance and carcass characteristics of finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 2440-2447, 2005.

OLIVEIRA, E. A. **Qualidade da carne de tourinhos Nelore alimentados com diferentes fontes de óleos protegidos ou não da degradação ruminal**. 2011. 94 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

- OLIVEIRA, D. M. **Expressão de genes envolvidos no metabolismo lipídico no músculo de bovinos de corte alimentados com fontes de lipídeos**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em?) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 197, p. 64-75, 2014.
- OWENS, F. N.; GARDNER, B. A. A review of the impact of feedlot management and nutrition on carcass measurements of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 1-18, 1999.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3138-3150, 1993.
- OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 275-286, 1998.
- PALMQUIST, D. L. The feeding value of fat. In: PALMQUIST, D. L. **Use of fats in diets for lactating dairy cows**. London: Butterworths, 1984. p. 293-311.
- PALMQUIST, D. L. Ruminal and endogenous synthesis of CLA in cows. **Australian Journal of Dairy Technology**, Highett, v. 56, v. 2, p. 134-147, 2001.
- PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 299-322.
- PALMQUIST, D. L. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v. 50, p. 179-217, 2005.
- PAULINO, P. V. R. et al. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 12, p. 2516-2524, 2009.
- 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. 155f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- PUTRINO, S. M. et al. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão de milho úmido e gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, p. 301-308, 2006.

RAYALAM, S.; BAILE, C. A. Adipocyte growth and factors influencing adipocyte life cycle. In: SYMONDS, M. E. (Ed). **Adipose tissue biology**. Switzerland: Springer, 2012. p. 195-226.

ROSSATO, L. V. **Composição lipídica da carne bovina de rebanhos comerciais em diferentes sistemas de terminação e grupos genéticos**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SANTAROSA, L. C. **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos alimentados com lipídeos e ionóforo**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SCOLLAN, N. D. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with quality. **Meat Science**, Barking, v. 97, p. 384-394, 2014.

SILVA, S. L. et al. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 1426-1432, 2007.

SILVA, E. C. et al. Substituição do fubá de milho por gérmen de milho na dieta de ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, p. 442-449, 2013.

SMITH, S. B. et al. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 77, p. 478-486, 2006.

SOUZA, A. A. A. **Características físico-químicas e sensoriais da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) alimentados com diferentes fontes de lipídios e de selênio**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

SOUZA, R. A. **Caroço de algodão moído na alimentação de cordeiros (as) em confinamento**. 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba: 2014.

SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 1784- 1787, 1990.

TUME, R. K. The effects of environmental factors on fatty acid composition and the assessment of marbling in beef cattle: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, p. 663-668, 2004.

UTEMBERGUE, B. L. **Estudo da expressão de genes associados ao perfil de ácidos graxos em bovinos Nelore confinados**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

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, p. 2772–2781. 2007.

WATERS, S. M. et al. Effect of level and duration of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on the transcriptional regulation of Delta9-desaturase in muscle of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 244-252, 2009.

ZINN, R. A. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: Feedlot cattle growth and performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 4, p. 1029-1037, 1989.

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, n. 7, p. 1738-1746, 2000.

CAPÍTULO II

O capítulo II desta tese será redigido conforme as normas do periódico Journal of Animal Science, exceto pelo idioma e posição de tabelas.

Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore alimentados com fontes de lipídios

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do fornecimento de fontes de lipídios a bovinos Nelore confinados. O estudo foi conduzido no confinamento experimental da FMVZ, UNESP – Botucatu. Foram utilizados 96 bovinos machos Nelore, com média de 22 meses e peso vivo médio inicial de 399,90 ($\pm 19,32$). O delineamento experimental foi em blocos casualizados divididos em quatro tratamentos: Coprodutos, com adição de caroço de algodão e gérmen de milho como fontes de lipídios; Nutrigordura, com inclusão de fonte de lipídios protegidos da degradação ruminal provenientes de óleo de soja; Blend, com inclusão de uma mistura de óleos vegetais protegidos da degradação ruminal, contendo ácidos graxos saturados e insaturados e Mix, com adição de caroço de algodão, gérmen de milho e blend. Cada tratamento consistiu em seis baias (4 animais/baia), sendo estas consideradas as unidades experimentais para o estudo. Os animais foram abatidos após 108 dias de estudo. Os dados obtidos foram analisados com auxílio do programa SAS e as médias comparadas por meio do teste de Tukey ($P < 0,10$). Não foram observadas diferenças quanto aos parâmetros de desempenho, características de carcaça e deposição de tecido muscular e adiposo entre os tratamentos. O tratamento Nutrigordura apresentou menor expressão dos genes SREBP1 e LPL. O gene SCD foi menos expresso no tratamento Nutrigordura em comparação à Coprodutos e Mix. Quanto aos parâmetros de qualidade de carne, observou-se diferença apenas para luminosidade, intensidade da cor vermelha e intensidade da cor amarela. O tratamento com Nutrigordura proporcionou menor teor de ácidos graxos saturados e maior teor de CLA na carne. As lipoproteínas séricas aumentaram entre as fases inicial e final de confinamento e os tratamentos Nutrigordura e Mix apresentaram maior teor de triacilgliceróis e VLDL que o tratamento Coprodutos.

Palavras chave: carne bovina, confinamento, expressão gênica, Nelore, perfil de ácidos graxos.

Performance, carcass characteristics and meat quality of Nellore cattle fed with lipid sources

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of the supply of lipid sources to Nellore cattle. The study was conducted in experimental feedlot of FMVZ, UNESP - Botucatu. 96 Nellore male bulls were used, with a mean of 22 months and initial body weight of 399.90 (\pm 19.32). The experimental design was in randomized blocks divided into four treatments: Coproducts, with addition of cottonseed and corn germ as sources of lipids; Nutrigordura, with soybean oil protected from rumen degradation; Blend, with inclusion of a mixture of vegetable oils protected from ruminal degradation, containing saturated and unsaturated fatty acids and Mix, with of cottonseed, corn germ and blend. Each treatment consisted of six pens (4 animals / pen), which were considered the experimental units for the study. The cattle were slaughtered after 108 days of study. The data obtained were analyzed using SAS and the means were compared using the Tukey test ($P < 0.10$). No differences were observed regarding parameters of performance, carcass characteristics and deposition of muscular and adipose tissue between the treatments. Nutrigordura presented lower expression of SREBP1 e LPL genes. SCD gene was less expressed in Nutrigordura treatment, compared to Coproducts and Mix. Regarding meat quality parameters, differences were observed only for luminosity, red color intensity and yellow color intensity. The Nutrigordura treatment provided a lower content of saturated fatty acids and a higher CLA content in meat. Serum lipoproteins increased between initial and final phases of feedlot and the treatments Nutrigordura and Mix presented higher content of triacylglycerols and VLDL than the treatment Coproductos.

Key words: beef cattle, feedlot, genic expression, Nellore, fatty acids profile.

1. INTRODUÇÃO

A terminação de bovinos em confinamento é uma estratégia eficiente para o tempo de engorda dos animais. Entretanto, as dietas nos confinamentos brasileiros contêm proporções relativamente altas de volumosos, quando comparadas às americanas. De acordo com Oliveira e Millen (2014), o teor de volumosos mais utilizado no Brasil está entre 10 a 30%, enquanto em dietas americanas, a média é de 8 a 9% (HALES et al., 2013).

Uma alternativa para elevar a densidade energética da dieta é o aumento no uso de alimentos concentrados. Entretanto, quanto maior a inclusão de grãos na dieta, mais frequente é a ocorrência de desordens digestivas, principalmente acidose. Desta forma, o uso de lipídios como ingredientes energéticos em confinamento é uma estratégia interessante, pois permite minimizar a inclusão de amido na dieta (JAEGER et al., 2004). De acordo com Pinto e Millen (2016) nos confinamentos brasileiros utiliza-se em média 5% de extrato etéreo e a principal fonte lipídica utilizada é a semente integral do algodão.

No entanto, o excesso de lipídios no rúmen pode provocar redução na ingestão de alimentos e prejuízos no desempenho dos animais (MEDEIROS; ALBERTINI, 2012), além de queda na digestibilidade da fibra (SOUZA, 2008). Isto porque o rúmen é intolerante à altos níveis de ácidos graxos, que podem interferir na fermentação. Além disso, os ácidos graxos essenciais, presentes nas fontes lipídicas, sofrem biohidrogenação no rúmen e são convertidos em ácidos graxos saturados. Neste contexto, o uso de lipídios protegidos da fermentação ruminal torna-se vantajoso, já que a fonte de gordura passa inerte pelo rúmen e só será degradada no abomaso, onde não sofrerá biohidrogenação.

Do ponto de vista de qualidade da carne, a alimentação com fontes de lipídios pode modificar as características sensoriais da mesma. Entretanto, a característica da carne que sofre maior influência da suplementação com lipídios é o perfil de ácidos graxos. O fornecimento de alto teor de lipídios na dieta pode aumentar a absorção intestinal de ácidos graxos insaturados (MEDEIROS; ALBERTINI, 2012).

Adicionalmente, a partir do avanço das técnicas de estudo da expressão gênica, torna-se possível a exploração das respostas do fornecimento de ácidos graxos

específicos sobre os tecidos muscular e adiposo. Isto porque lipídios podem regular a expressão gênica pela indução ou inibição de genes que codificam enzimas específicas ou fatores de transcrição envolvidos no metabolismo lipídico (JUMP, 2002). De acordo com Choi et al. (2013), ácidos graxos saturados promovem e insaturados deprimem a expressão de determinadas enzimas que afetam a eficiência de crescimento em bovinos.

Portanto, o fornecimento de uma composição diferenciada de ácidos graxos saturados e insaturados protegidos da degradação ruminal pode representar uma ferramenta para melhorar o desempenho e qualidade de carne de bovinos confinados. No entanto, a maior parte destes estudos foi realizada *in vitro* ou com animais taurinos, grupo genético com metabolismo lipídico bastante diferente do Nelore, raça mais utilizada para produção de carne no Brasil.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do fornecimento de um blend de óleos vegetais, de lipídios protegidos a base de óleo de soja ou de coprodutos como fontes de lipídios a bovinos Nelore nos parâmetros de desempenho, deposição de tecido muscular e adiposo, características de carcaça, qualidade de carne, concentrações de lipídios séricos, perfil de ácidos graxos da carne e expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Animais e local experimental

O estudo foi conduzido no confinamento experimental do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP – Campus de Botucatu. Foram utilizados 96 bovinos machos não castrados da raça Nelore, com média de 22 meses e peso vivo médio inicial de 399,90 ($\pm 19,32$). O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp, Campus de Botucatu, sob protocolo 117/2015.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, divididos em quatro tratamentos, que seguem:

- **Coprodutos (COP)**, com adição de caroço de algodão e gérmen de milho como fontes de lipídios;
- **Nutrigordura (NUTRI)**, com inclusão de fonte de lipídios protegidos da degradação ruminal provenientes de óleo de soja (produzido pela Nutricorp, Araras, SP – Brasil);
- **Blend**, com inclusão de uma mistura de óleos vegetais protegidos da degradação ruminal, contendo ácidos graxos saturados e insaturados (produzido pela Nutricorp, Araras – SP, Brasil);
- **Mix**, com adição de caroço de algodão, gérmen de milho e blend – mistura de óleos vegetais protegidos da degradação ruminal, contendo ácidos graxos saturados e insaturados.

As dietas foram formuladas de modo a serem isoprotéicas e conterem o mesmo teor de extrato etéreo. O perfil de ácidos graxos da Nutrigordura e Blend estão apresentados na Tabela 1.

Cada tratamento foi composto por seis baias (4 animais/baia), que foram consideradas as unidades experimentais para o estudo. Os animais receberam dieta de adaptação durante 10 dias. A partir do 11º dia do período experimental até o 35º os animais receberam as dietas de crescimento, e do 36º ao abate os animais receberam as

dietas de terminação (Tabelas 2, 3 e 4). Os animais foram abatidos após 108 dias de estudo.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do caroço de algodão e dos suplementos Nutrigordura e Blend, produzidos pela Nutricorp, Araras – SP, Brasil.

Ácidos Graxos (%)		Nutrigordura	Blend	C. Algodão
C10:0	Cáprico	0,03	0,12	0,00
C12:0	Láurico	0,33	0,94	0,39
C14:0	Mirístico	0,72	0,92	0,60
C15:0	Pentadecaenóico	0,13	0,09	0,06
C16:0	Palmítico	18,48	29,65	14,54
C16:1 trans9	Palmitoléico	0,59	0,21	0,51
C17:0	Margárico	0,3	0,16	0,19
C17:1 cis10	Heptadecenóico	0,12	0,09	0,10
C18:0	Esteárico	6,95	5,45	3,39
C18:1 trans9	Elaídico	4,96	4,08	0,00
C18:1 cis9	Oléico	25,65	31,93	42,51
C18:2	Linoleico	37,00	23,53	31,54
C18:2 trans	t-Linoléico	0,07	0,06	0,10
C18:3	Linolênico	3,21	1,73	3,79
C20:0	Araquídico	0,48	0,35	0,75
C20:1	Eicosenóico	0,20	0,12	0,63
C22:0	Behênico	0,52	0,37	0,57
C24:0	Lignocérico	0,26	0,20	0,33
Saturados		28,20	38,25	20,82
Insaturados		71,80	61,75	79,18
Monoinsaturados		31,52	36,43	43,75
Poli-insaturados		40,28	25,32	35,43

Tabela 2. Composição e conteúdo nutricional das dietas de adaptação oferecidas aos animais durante o estudo.

Ingrediente (%)	Tratamentos			
	COP	NUTR	BLEND	MIX
Bagaço de cana-de-açúcar	23,73	23,73	23,73	23,73
Milho moído	26,55	27,46	27,46	27,46
Polpa Cítrica	21,24	25,99	25,99	23,16
Farelo de Amendoim	15,82	18,08	18,08	16,95
Caroço de algodão	4,52	0	0	2,26
Gérmen de milho	4,52	0	0	2,26
Nutrigordura	0	1,13	0	0
Ácidos graxos essenciais protegidos	0	0	1,13	0,56
Suplemento mineral ¹	3,50	3,50	3,50	3,50
Água	0,11	0,11	0,11	0,11
Conteúdo nutricional²				
Matéria Seca (% MS)	65,00	65,00	65,00	65,00
Nutrientes Digestíveis Totais (% MS)	72,00	72,00	72,00	72,00
ELg (Mcal/kg MS)	1,08	1,09	1,09	1,08
Extrato Etéreo (% MS)	3,10	3,10	3,10	3,10
Proteína Bruta (% MS)	16,40	16,40	16,40	16,40
Fibra em Detergente Neutro (%MS)	34,90	34,30	34,30	34,50
FDN fisicamente efetivo (% MS)	21,00	20,00	20,00	21,00
Ca (% MS)	1,13	1,36	1,36	1,24
P (% MS)	0,35	0,34	0,34	0,35

¹Núcleo mineral contendo: 15,20% Ca; 2,63% S; 1,45% Mg; 4,24% Na; 1,95% P; 1350,00 ppm Zn; 148,00 ppm Mn; 388,00 ppm Cu; 10,80 ppm I; 5 ppm Se; 43,2 ppm Co; 32,29% Uréia; 720,00 ppm de monensina sódica

²Conteúdo nutricional em porcentagem da matéria seca estimado pelo LRNS.

Tabela 3. Composição e conteúdo nutricional das dietas de crescimento oferecidas aos animais durante o estudo.

Ingrediente (%)	Tratamentos			
	COP	NUTR	BLEND	MIX
Bagaço de cana-de-açúcar	20,90	20,90	20,90	20,90
Milho moído	22,60	28,59	28,59	25,42
Polpa Cítrica	20,34	27,12	27,12	24,01
Farelo de Amendoim	12,99	17,40	17,40	15,25
Caroço de algodão	9,04	0	0	4,52
Gérmen de milho	10,51	0	0	5,08
Nutrigordura	0	2,37	0	0
Ácidos graxos essenciais protegidos	0	0	2,37	1,19
Suplemento mineral ¹	3,50	3,50	3,50	3,50
Água	0,11	0,11	0,11	0,11
Conteúdo nutricional²				
Matéria Seca (% MS)	67,00	66,00	66,00	66,00
Nutrientes Digestíveis Totais (% MS)	73,00	74,00	74,00	74,00
ELg (Mcal/kg MS)	1,12	1,15	1,15	1,13
Extrato Etéreo (% MS)	4,00	4,00	4,00	4,00
Proteína Bruta (% MS)	16,20	16,20	16,20	16,20
Fibra em Detergente Neutro (%MS)	33,80	32,30	32,30	33,10
FDN fisicamente efetivo (% MS)	21,00	18,00	18,00	20,00
Ca (% MS)	1,11	1,52	1,52	1,32
P (% MS)	0,35	0,34	0,34	0,35

¹Núcleo mineral contendo: 15,20% Ca; 2,63% S; 1,45% Mg; 4,24% Na; 1,95% P; 1350,00 ppm Zn; 148,00 ppm Mn; 388,00 ppm Cu; 10,80 ppm I; 5 ppm Se; 43,2 ppm Co; 32,29% Uréia; 720,00 ppm de monensina sódica

²Conteúdo nutricional em porcentagem da matéria seca estimado pelo LRNS.

Tabela 4. Composição e conteúdo nutricional das dietas de terminação oferecidas aos animais durante o estudo.

Ingrediente (%)	Tratamentos			
	COP	NUTR	BLEND	MIX
Bagaço de cana-de-açúcar	11,69	11,88	11,88	11,88
Milho moído	37,83	60,88	60,88	51,81
Polpa Cítrica	14,92	10,65	10,65	13,05
Farelo de Amendoim	2,38	8,94	8,94	4,75
Caroço de algodão	13,31	0	0	9,51
Gérmen de milho	16,16	0	0	3,33
Nutrigordura	0	3,94	0	0
Ácidos graxos essenciais protegidos	0	0	3,94	1,97
Suplemento mineral ¹	3,52	3,52	3,52	3,52
Água	0,19	0,19	0,19	0,19
Conteúdo nutricional²				
Matéria Seca (% MS)	68,00	68,00	68,00	68,00
Nutrientes Digestíveis Totais (% MS)	78,00	81,00	81,00	79,00
ELg (Mcal/kg MS)	1,24	1,33	1,33	1,27
Extrato Etéreo (% MS)	5,50	5,50	5,50	5,50
Proteína Bruta (% MS)	13,50	13,50	13,50	13,50
Fibra em Detergente Neutro (%MS)	26,50	22,30	22,30	25,20
FDN fisicamente efetivo (% MS)	16,00	11,00	11,00	15,00
Ca (% MS)	0,97	1,36	1,36	1,17
P (% MS)	0,35	0,35	0,35	0,35

¹Núcleo mineral contendo: 15,20% Ca; 2,63% S; 1,45% Mg; 4,24% Na; 1,95% P; 1350,00 ppm Zn; 148,00 ppm Mn; 388,00 ppm Cu; 10,80 ppm I; 5 ppm Se; 43,2 ppm Co; 32,29% Uréia; 720,00 ppm de monensina sódica

²Conteúdo nutricional em porcentagem da matéria seca estimado pelo LRNS.

2.3 Manejo, arração e cuidados com os animais

Os bovinos foram todos vacinados, desverminados e submetidos a um período de pré-adaptação de sete dias, com o objetivo de uniformizar a população ruminal dos mesmos e adaptá-los à alimentação em cochos. Durante o período experimental os animais foram mantidos em instalação coberta, com baias de piso de concreto de fácil limpeza com lotação de quatro animais por baia (7,5 m² e 1,25 m de cocho por animal). As dietas foram formuladas com auxílio do sistema Large Ruminant Nutrition System

(LRNS) atendendo às exigências nutricionais dos animais, esperando-se ganhos de peso diários de 1,300 a 1,500kg/dia/animal. A ração foi fornecida duas vezes ao dia e os animais tiveram livre acesso à água em bebedouros automáticos. Ao longo do período experimental, a ração foi submetida a análise bromatológica de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), e matéria mineral (MM) segundo AOAC (1990) e fibra em detergente neutro (FDN) segundo Van Soest et al (1991). O fornecimento de ração foi ajustado diariamente com base na quantidade de sobra nos cochos antes da primeira refeição.

2.4 Desempenho produtivo dos animais

No início e final do período experimental todos os animais foram pesados após período de 16 horas em jejum de sólidos. Dessa forma, ao final do experimento foi calculado o ganho de peso diário dos animais utilizando-se os pesos obtidos nas pesagens iniciais e finais (BAKER; GUILBERT, 1942). A conversão alimentar foi calculada por meio da divisão do consumo de massa seca total pelo ganho de peso vivo total durante o experimento. Foram feitas pesagens intermediárias a cada 28 dias, com o intuito de acompanhar o ganho de peso dos animais. Nas pesagens intermediárias os animais não foram submetidos a jejum, em virtude do alto valor energético da dieta, para minimizar os riscos de oscilações de consumo.

A ingestão de massa seca foi medida por meio da pesagem do alimento fornecido diariamente para cada baia. As sobras de cada cocho foram pesadas diariamente, permitindo calcular a média de consumo por baia. A matéria seca da dieta total foi determinada diariamente, para se obter o consumo diário em quilos de massa seca. Os dados de consumo de matéria seca também foram calculados em porcentagem do peso vivo.

A avaliação da flutuação na ingestão de massa seca foi feita de acordo com metodologia descrita por Bevans et al. (2005). O alimento fornecido no cocho e as sobras foram coletados e pesados diariamente, para cálculo da ingestão diária de massa seca. Flutuações na ingestão de massa seca foram calculadas pela diferença no consumo de massa seca entre dois dias consecutivos.

2.5 Acompanhamento da deposição dos tecidos muscular e adiposo por ultrassom

Os bovinos foram submetidos no início e no final do período experimental à avaliação da deposição dos tecidos adiposo e muscular, por meio de ultrassom. Além disso, foi calculada a deposição dos tecidos pela diferença entre as mensurações final e inicial. As avaliações foram realizadas segundo as normas internacionais da UGC (ULTRASOUND GUIDELINES COUNCIL, 2014), utilizando-se ultrassom veterinário “ALOKA 500V”, com sonda de 17,2cm/3,50MHz e óleo vegetal como acoplante acústico. Foram coletadas imagens da área de olho de lombo (AOL), teor de gordura intramuscular (marmorização) e espessura do tecido adiposo subcutâneo (EGS) no músculo *Longissimus thoracis* entre as 12^a e 13^a costelas e do músculo *Biceps femoris* (corte da picanha), por meio do software “BIA PRO PLUS”. As imagens foram analisadas no Laboratório de Imagens da Designer Genes Technologies Brasil, por técnicos certificados pela UGC.

2.6 Lipídios séricos

No início e final do período experimental foram coletadas amostras de sangue por meio de punção da veia jugular dos animais em tubos com vácuo de acordo com metodologia descrita por Allain et al. (1974), para dosagem de lipoproteínas sanguíneas e leptina.

Para a análise de colesterol, lipoproteínas de alta densidade (HDL) e triacilgliceróis, logo após a formação do coágulo, as amostras foram centrifugadas em velocidade de 3000 rpm por 15 minutos e uma alíquota de 0,5 mL de soro foi colocada em dois tubos eppendorf. Foram utilizados kits enzimáticos comerciais (Bioclin, Belo Horizonte, MG, Brasil). As análises foram realizadas no Laboratório de Clínica Veterinária, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp – Botucatu, com o auxílio do aparelho Cobas Mira Plus, da marca Roche®. Além dos valores de Colesterol total, HDL e Triacilgliceróis, também foram calculados os valores de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) e lipoproteínas de baixa densidade (LDL) por meio das equações:

$$\text{VLDL} = \text{Triacilgliceróis}/5$$

$$\text{LDL} = \text{Colesterol total} - (\text{HDL} + \text{VLDL})$$

2.7 Características de carcaça e cortes comerciais

Ao final do experimento os bovinos foram abatidos em frigorífico comercial, onde foram coletados dados referentes aos pesos das carcaças. Após o procedimento de resfriamento das carcaças do frigorífico, foram determinados o peso de carcaça fria, rendimento de carcaça, peso dos quartos traseiro, dianteiro e ponta de agulha.

2.8 Avaliação da qualidade da carne

As carcaças foram resfriadas em câmara fria por 48 horas após o abate. Durante a desossa das carcaças, foram coletadas amostras de carne do músculo *Longissimus thoracis* (*L. thoracis*) das meias carcaças esquerdas de todos os animais. Para análise de cor, perdas de peso por cozimento, força de cisalhamento e composição centesimal foram coletados três bifês de 2,54 cm do músculo *L. thoracis* da região próxima a 12-13° costelas de cada animal. Os bifês foram identificados, embalados a vácuo individualmente e congelados em freezer (-20°C).

2.8.1 pH, coloração da carne, perdas de peso por cozimento e força de cisalhamento

As amostras foram descongeladas em refrigerador por 24h e expostas ao oxigênio por 20 minutos. Posteriormente, o pH foi avaliado com auxílio de peagâmetro digital com sondas de penetração (marca HANNA – modelo HI99163). Para determinação da cor objetiva, foi utilizado o sistema CIELab (CIE, 1986). A medida da cor foi realizada em três pontos distintos da amostra, utilizando um espectrofotômetro modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil), com iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e abertura do obturador de 30mm. Os valores de cor foram considerados como a média das três leituras.

Após a mensuração da cor, as amostras do músculo *L. thoracis* foram identificadas, pesadas em balança de precisão e submetidas à cozimento em forno elétrico de dupla resistência a 170°, até atingirem temperatura interna de 71°C, conforme recomendado pela American Meat Science Association (AMSA, 1995). Após resfriamento à temperatura ambiente, as amostras foram novamente pesadas e, por meio da diferença dos pesos inicial e final, foi calculada a perda de peso por cozimento utilizando metodologia descrita por Honikel (1998).

Após a pesagem, as amostras foram envolvidas em filme plástico e colocadas em geladeira (4 - 6°C) por 24 horas, para posterior retirada de 6 a 8 cilindros (1,27 cm de diâmetro) de cada amostra, no sentido paralelo às fibras. Para determinação da força de cisalhamento, os cilindros foram cisalhados em equipamento *Warner-Bratzler Shear Force*, com velocidade de seccionamento de 20 cm min⁻¹. A força de cisalhamento de cada amostra foi determinada como a média das 6 a 8 repetições e expressa em Kg (WHEELER et al, 1997). A análise foi realizada no Laboratório de Ciência da Carne da FZEA - USP, Campus Pirassununga, São Paulo, Brasil.

2.8.2 Composição centesimal da carne

A composição centesimal foi realizada nas amostras do músculo *Longissimus thoracis*. Foram avaliados o teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e resíduo mineral fixo. O teor de umidade foi determinado de acordo com metodologia 950.46 da AOAC (2007); a proteína foi determinada segundo o método Kjeldahl-micro, metodologia 981.10 da AOAC (2007), para determinação do teor de nitrogênio total da amostra. A proteína foi então calculada em função do teor de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25. O extrato etéreo foi obtido por extração com éter de petróleo em aparelho Soxhlet, de acordo com metodologia 920.39 da AOAC (2007). O resíduo mineral fixo foi obtido por queima total da amostra de acordo com metodologia descrita na metodologia 920.153 da AOAC (2007). As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Botucatu.

2.8.3 Perfil de ácidos graxos

Para análise do perfil de ácidos graxos da carne, foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus thoracis*. Foi utilizada uma sub amostra de aproximadamente 2,8g do centro do músculo, adicionada em um tubo Falcon de 50 mL. A extração foi realizada pelo método descrito por Folch et al. (1957), na qual os lipídios foram extraídos por homogeneização da amostra com solução de clorofórmio e metanol 2:1 em homogeneizador Ultra Turrax (Marconi®). Em seguida, os lipídios foram isolados após a adição de solução de NaCl a 1,5%.

A gordura separada foi metilada e os ésteres metílicos foram formados de acordo com metodologia descrita por Kramer et al. (1997). Os ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (CG-2010 Plus - Shimadzu, auto injetor AOC 20i), usando coluna capilar SP-2560 (100 m × 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). A temperatura inicial da coluna foi de 45°C, com aquecimento progressivo até chegar à temperatura de 175°C, mantida por 27 minutos. Em seguida, a temperatura foi aumentada em 4°C/minuto, até atingir 215°C, mantendo-se durante 35 minutos. Foi utilizado hidrogênio (H₂) como gás de arraste com fluxo de 40 cm³/s. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com o tempo de retenção dos ésteres de metil das amostras, utilizando-se os padrões 463 Nu-Chek[®], ácido vacênico C18:1 trans-11 (V038-1G, Sigma[®]), C18:2 trans-10 cis-12 (UC-61M 100mg - Nu-Chek[®]), C18:2 cis-9, trans-11 (UC- 60M 100mg - Nu-Chek[®]), e ácido tricosanóico (Sigma[®]). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização da área dos picos dos ésteres de metil, com auxílio do software *GS solution 2.42*[®].

Os ácidos graxos foram expressos em porcentagem do total de metil éster quantificado. As análises foram realizadas no Laboratório de Ciência da Carne da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

2.9 Expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico

2.9.1 Extração, quantificação e análise da integridade de RNA

As amostras utilizadas para a análise da expressão de genes foram coletadas logo após o abate dos animais, de um animal por baía, totalizando 24 amostras. Após a coleta, as amostras foram identificadas, congeladas em nitrogênio líquido e posteriormente acondicionadas em biofreezer. O RNA total foi extraído das amostras musculares através do reagente *TRIzol*[®] (Thermo Fisher Scientific, USA), seguindo as orientações do fabricante. As amostras congeladas foram trituradas com o homogeneizador de tecidos *IKA*[®] *T-25 Digital Ultra-Turrax*[®] (IKA, Germany) em 1 mL de *TRIzol*[®]/50-100 mg de tecido muscular. O homogeneizado foi transferido para um tubo de 1,5 mL e incubado durante 5 minutos à temperatura ambiente. Foi acrescentado 0,2 mL de clorofórmio e, posteriormente, os tubos foram agitados vigorosamente e incubados por 15 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, o

material foi centrifugado a 12000 x g por 15 minutos a 4°C. A fase aquosa formada após a centrifugação foi coletada e o RNA foi precipitado através da incubação com 0.5 mL de álcool isopropílico, durante 10 minutos à temperatura ambiente. Em seguida, o material foi novamente centrifugado a 12000 x g por 15 minutos a 4°C, e o pellet de RNA resultante foi lavado com 1 mL de etanol 75%. O material foi centrifugado a 12000 x g por 10 minutos a 4°C e o sobrenadante foi removido cuidadosamente. Após secagem, o pellet de RNA foi dissolvido em *UltraPure™ Distilled Water DNase, RNase Free* (Thermo Fisher Scientific, USA) e armazenado a -80°C.

Para a quantificação do RNA foi utilizado o espectrofotômetro *NanoVue™ Plus* (GE Healthcare, USA), que forneceu a medida de absorvância a 260 nm. Também foi realizada a medida de absorvância a 280 nm, que identifica a quantidade de proteínas e permite uma análise da pureza do RNA extraído, garantida pela obtenção de uma razão 260/280 nm superior a 1.8. Foram utilizadas somente as amostras com razão igual ou superior a 1.8.

A integridade do RNA total extraído foi avaliada por eletroforese em gel de agarose 1%. A agarose foi dissolvida em tampão TBE 1X (89 mM Tris base, 89 mM ácido bórico, 2 mM EDTA). Uma alíquota de 1 µL do RNA total foi adicionada a 5 µL de uma solução contendo o tampão de corrida OrangeG e o corante *GelRed®* (Biotium, USA). Essa mistura foi aplicada no gel e submetida à corrida eletroforética a 120 V por cerca de 1 hora e 30 minutos. O gel foi fotografado sob luz ultravioleta e a integridade do RNA total extraído foi confirmada pela presença das bandas referentes aos RNAs ribossomais 28S e 18S.

2.9.2 Tratamento com DNase e transcrição reversa

Durante os procedimentos de extração do RNA, pode ser que ocorra contaminação das amostras por DNA genômico. Esse DNA contaminante pode, eventualmente, servir de molde durante a amplificação pela PCR, gerando um produto que não corresponde ao fragmento de interesse. Dessa forma, o RNA total extraído foi submetido ao tratamento com o kit *DNase I, Amplification Grade* (Thermo Fisher Scientific, USA), a fim de eliminar qualquer possível resíduo de DNA genômico contaminante das amostras. Conforme as instruções do protocolo, 1 µL de *10X DNase I Reaction Buffer*, 1 µL de *DNase I Amplification Grade* (1 U/µL) e *UltraPure™*

Distilled Water DNase, RNase Free (Thermo Fisher Scientific, USA), na quantidade suficiente para completar 10 μ L de solução, foram adicionados a 1 μ g do RNA total de cada amostra. Essa solução permaneceu à temperatura ambiente durante 15 minutos e, em seguida, foi acrescida de 1 μ L de EDTA (25 mM) e incubada a 65°C por 10 minutos, para a total inativação da enzima *DNase I*.

Foi realizada a transcrição reversa do RNA pelo *High Capacity cDNA archive kit* (Thermo Fisher Scientific, USA), em que 1 μ g do RNA total tratado com *DNase I* (11 μ L de solução) foram acrescidos de 2 μ L de *10X RT Buffer*, 0.8 μ L de *25X dNTP Mix* (100mM), 1 μ L de *MultiScribeTM Reverse Transcriptase* (50 U/ μ L), 2 μ L de *10X RT Random Primers* e 1 μ L de *RNase Inhibitor* (20 U/ μ L). O volume final da reação foi ajustado para 20 μ L com *UltraPureTM Distilled Water DNase, RNase Free* (Thermo Fisher Scientific, USA). Cada amostra foi incubada a 25°C por 10 minutos, a 37°C por 120 minutos e a 85°C por 5 minutos. Os produtos da reação de transcrição reversa foram armazenados a -20°C e utilizados nas reações de PCR.

2.9.3 PCR em tempo real

Primers necessários para amplificação dos genes foram desenhados para *Bos taurus* através da ferramenta *Primer-BLAST* no NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Todos os primers foram desenhados para amplificar produtos de 50-200 pares de bases com temperatura de 60°C. A formação de possíveis estruturas *hairpin* ou dímeros de primers foram avaliadas através do software *NetPrimer* (Premier Biosoft, USA).

Os níveis de expressão dos mRNAs foram detectados por PCR em tempo real, através da plataforma *QuantStudioTM 12K Flex Real-Time PCR System* (Thermo Fisher Scientific, USA). As amostras de cDNA foram amplificadas utilizando-se o *GoTaq[®] qPCR Master Mix* (Promega, USA) e primers sintetizados pela Invitrogen (USA). Os primers foram diluídos em *UltraPureTM Distilled Water DNase, RNase Free* (Thermo Fisher Scientific, USA) e suas concentrações ajustadas para 5 μ M. Conforme instruções do fabricante, foram utilizados 8 μ L de cDNA diluído (1:20), 1.5 μ L de *Primer Forward*, 1.5 μ L de *Primer Reverse* e 4 μ L de *GoTaq[®] qPCR Master Mix* (Promega, USA), totalizando um volume final de 15 μ L de solução. As reações foram realizadas em duplicata, nas seguintes condições: 95°C por 10 minutos, seguido por 40 ciclos de desnaturação a 95°C por 15 segundos e anelamento/extensão a 60°C por 1 minuto. Foi

feita a análise da Curva de Dissociação dos fragmentos ao término de cada reação de PCR, um passo de 20 minutos em que a temperatura da reação aumenta gradualmente de 60 para 95°C, possibilitando a avaliação da especificidade de amplificação de cada conjunto de primers pela presença de um único pico de fluorescência.

A quantificação relativa da expressão foi realizada pelo método $2^{-\Delta\Delta C_t}$ (Livak & Schmittgen, 2001), utilizando o software *DataAssistTM v3.01* (Thermo Fisher Scientific, USA). As expressões foram normalizadas pelos genes *Actb* (*actin beta*) e *Gapdh* (*glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase*), cujos valores de expressão foram constantes entre todas as amostras utilizadas.

Tabela 5. Sequenciamento dos primers (5' para 3') que foram utilizados na PCR quantitativa em tempo real

Símbolo	Nome	Forward (F) e Reverse (R)	Número de acesso
PPAR- γ	Receptores ativados por peroxissoma γ	GTGAAGTTCAACGCACTGGA ATGTCCTCAATGGGCTTCAC	NM_181024.2
SREBF1	Fatores de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides 1	ACCGCTCTTCCATCAATGAC GCTGAAGGAAGCGGATGTAG	NM_001113302.1
SCD	Estearoil Coa dessaturase	GCCAGAGTTGGGTCAAACAT CTCTTCTTCAAGCCCCCTCT	NM_173959.4
LPL	Lipoproteína lipase	CTCCTGATGATGCGGATTTT ACATCCTGGTTGGAAAGTGC	NM_001075120.1
B-actin	Beta-actina	GATGAGATTGGCATGGCTTT GTCACCTTCACCGTTCCAGT	BC142413.1
GAPDH	Gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase	TGACCCCTTCATTGACCTTC GATCTCGCTCCTGGAAGATG	NM_001034034.1

2.10 Análise estatística

Os dados foram analisados considerando um delineamento em blocos casualizados. A análise estatística foi realizada por meio do programa SAS, utilizando-se o PROC MIXED e teste de Tukey para comparação entre médias. As baias foram consideradas as unidades experimentais e os animais, unidades de observação.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk};$$

em que: Y_{ijk} = observação relativa à k-ésima unidade experimental (baia) do i-ésimo tratamento dentro do j-ésimo bloco; μ = média geral; T_i = efeito do i-ésimo tratamento, sendo $i = 1$: coprodutos; 2: nutrigordura; 3: blend de ácidos graxos; 4: mix; B_j = efeito aleatório do j-ésimo bloco; e_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ijk} ($0; \sigma_e^2$).

Para a análise de lipídios séricos, o mesmo delineamento foi utilizado, no entanto foram realizadas medidas repetidas no tempo. Os efeitos fixos considerados foram os tratamentos e o efeito aleatório foi o dia de mensuração. A análise estatística foi realizada por meio do programa SAS, utilizando-se o PROC MIXED e teste de Tukey para comparação entre médias.

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_k + Baia(T_i) + F_j + T^*F_{ij} + e_{ijkl};$$

em que: Y_{ijkl} = observação relativa à l-ésima unidade experimental (baia) do i-ésimo tratamento na j-ésima fase dentro do k-ésimo bloco; μ = média geral; T_i = efeito do i-ésimo tratamento, sendo $i = 1$: coprodutos; 2: nutrigordura; 3: blend de ácidos graxos; 4: mix; B_k = efeito aleatório do k-ésimo bloco; $Baia(T_i)$ = erro experimental “a” associado à observação Y_{ijl} ; F_j = efeito da j-ésima fase, sendo 1:inicial e 2:final; T^*F_{ij} = efeito de interação entre tratamento e fase; e_{ijkl} = erro experimental associado à observação Y_{ijk} ($0; \sigma_e^2$).

Os dados foram submetidos a testes de normalidade e heterogeneidade de variâncias antes de se proceder as análises e, quando necessário, os dados foram transformados. Foram considerados significativos valores de $P < 0,10$.

3. RESULTADOS

O fornecimento de diferentes fontes de gordura não exerceu influência nos parâmetros de desempenho de bovinos confinados, bem como nas características e peso dos componentes das carcaças (Tabela 6).

Tabela 6. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios

Parâmetro	COP	NUTR	BLEND	MIX	EPM ¹	P
PVI ² , kg	399,89	400,09	400,01	399,64	7,41	0,73
PVF ³ , kg	555,45	544,21	545,51	545,25	9,29	0,53
IMS ⁴ , kg	10,08	9,90	10,11	9,98	0,24	0,81
IMSPV ⁵ , %	2,11	2,09	2,13	2,11	0,03	0,82
CA ⁶	7,02	7,47	7,52	7,44	0,18	0,22
EA ⁷	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00	0,92
GMD ⁸ , kg	1,44	1,33	1,34	1,34	0,05	0,43
Flutuação IMS, kg/dia	5,69	5,32	5,72	6,04	0,29	0,39
PCQ ⁹ , kg	310,77	299,95	303,88	304,19	5,59	0,27
RC ¹⁰ , %	55,93	55,11	55,90	55,78	0,29	0,18
DIANT ¹¹ , kg	120,59	116,37	117,82	117,98	2,17	0,27
TRAS ¹² , kg	148,42	143,22	145,02	145,21	2,67	0,27
PA ¹³ , kg	40,18	38,78	39,26	39,31	0,72	0,27

¹ Erro padrão médio; ² Peso vivo inicial; ³ Peso vivo final; ⁴ Ingestão de massa seca; ⁵ Ingestão de massa seca em relação ao peso vivo; ⁶ Conversão alimentar; ⁷ Eficiência alimentar; ⁸ Ganho médio diário; ⁹ Peso de carcaça quente; ¹⁰ Rendimento de carcaça; ¹¹ Peso do componente dianteiro das carcaças; ¹² Peso do componente traseiro das carcaças; ¹³ Peso da ponta de agulha das carcaças. ^{a,b} Na linha, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,10$) entre os tratamentos.

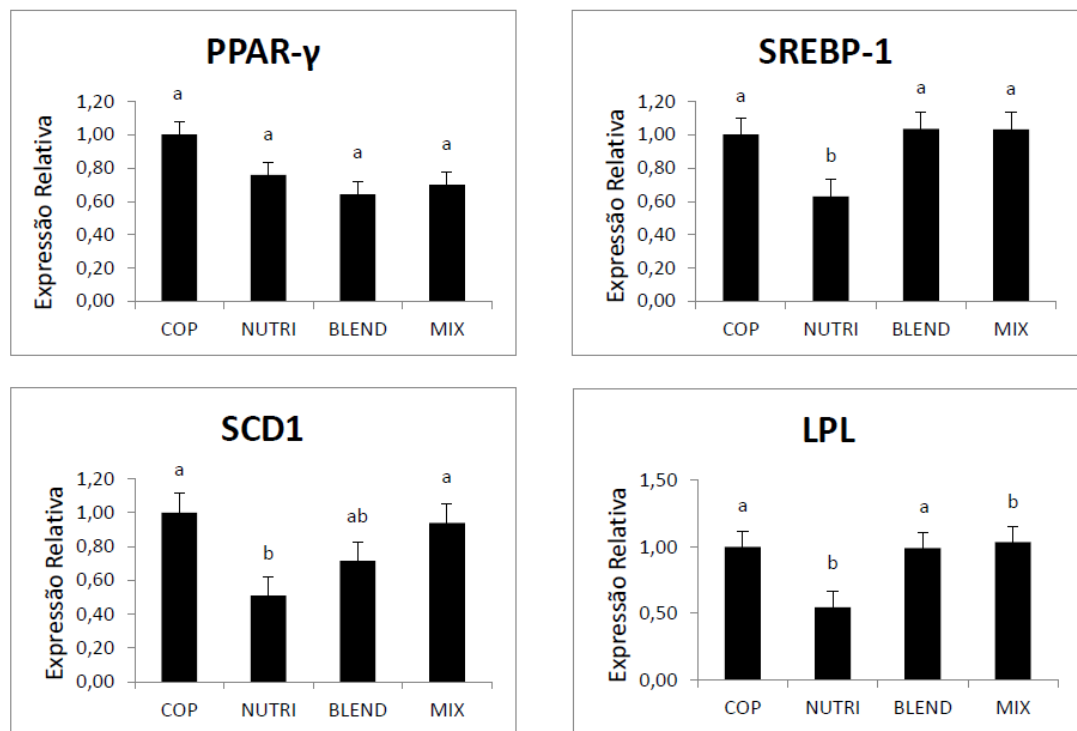
Com relação à expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico (Tabela 7 e Figura 1), não houve diferenças para o gene PPAR γ ($P=0,22$). Com relação aos genes SREBP-1 e LPL, houve maior expressão nos tratamentos Coprodutos, Blend e Mix em relação a Nutrigordura ($P=0,03$ e $P=0,008$, respectivamente). Observou-se maior expressão do gene SCD nos tratamentos Coprodutos e Mix em comparação com Nutrigordura, sendo que Blend se apresentou semelhante a todos os tratamentos ($P=0,008$).

Tabela 7. Expressão relativa de genes relacionados ao perfil lipídico da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios

Gene	COP	NUTR	BLEND	MIX	EPM ¹	P
PPAR- γ ²	1,0001 ^a	0,7578 ^a	0,6405 ^a	0,6983 ^a	0,0652	0,2277
SREBP-1 ³	1,0000 ^a	0,6303 ^b	1,0350 ^a	1,0326 ^a	0,0606	0,0316
SCD ⁴	0,9999 ^a	0,5076 ^b	0,7148 ^{ab}	0,9375 ^a	0,0625	0,0085
LPL ⁵	0,9999 ^a	0,5460 ^b	0,9926 ^a	1,0373 ^a	0,0628	0,0085

¹ Erro padrão médio; ² Receptores ativados por peroxissoma; ³ Fatores de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides; ⁴ Estearoil Coa dessaturase; ⁵ Lipoproteína lipase. ^{a,b} Na linha, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10) entre os tratamentos.

Figura 1. Expressão relativa dos genes relacionados ao perfil lipídico da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios



^{a,b} Em cada tabela, as colunas sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10).

Observou-se diferença significativa na espessura de gordura subcutânea no músculo *Biceps femoris* (corte da picanha) durante as fases inicial (P=0,09) e final (P=0,09). Tanto na fase inicial quanto final do experimento, os animais alimentados com os tratamentos Nutrigordura e Mix apresentaram maiores valores de gordura

subcutânea no músculo *Biceps femoris* em relação ao tratamento com Coprodutos, e o tratamento Blend não diferiu dos demais. Para os demais parâmetros, não houve efeito de tratamento (Tabela 8).

Tabela 8. Desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios, monitorados por meio de ultrassom

Parâmetro	COP	NUTR	BLEND	MIX	EPM ¹	P
Área de olho de lombo						
Inicial, cm ²	70,74	68,56	67,66	68,11	1,48	0,35
Final, cm ²	83,89	79,91	79,98	80,05	1,70	0,24
Ganho diário, cm ²	0,13	0,11	0,12	0,12	0,01	0,77
Espessura de gordura subcutânea						
Inicial, mm	2,29	2,43	2,37	2,38	0,05	0,23
Final, mm	5,16	5,38	5,26	6,00	0,29	0,20
Ganho diário, mm	0,02	0,03	0,02	0,03	0,00	0,20
Gordura intramuscular						
Inicial, %	2,01	2,04	2,04	2,11	0,10	0,91
Final, %	2,91	2,70	2,99	2,94	0,10	0,22
Espessura de gordura no <i>Biceps Femoris</i>						
Inicial, mm	2,76 ^b	3,18 ^a	3,03 ^{ab}	3,10 ^a	0,11	0,09
Final, mm	6,99 ^b	8,03 ^a	7,60 ^{ab}	8,23 ^a	0,39	0,09
Ganho diário, mm	0,04	0,04	0,04	0,05	0,00	0,18

¹ Erro padrão médio. ^{a,b} Na linha, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10) entre os tratamentos.

Foram observadas diferenças na cor da carne dos animais alimentados com os diferentes tratamentos. Para o parâmetro luminosidade (P=0,04) e chroma a* (P<0,01), os animais do tratamento com Coprodutos apresentaram maiores médias em relação ao tratamento Mix e os tratamentos Nutrigordura e Blend apresentaram-se semelhantes aos demais. Para o chroma b*, o tratamento alimentado com Coprodutos apresentou maiores valores que os tratamentos Nutrigordura e Mix, e o tratamento Blend não diferiu dos demais. Não houve diferenças significativas para força de cisalhamento, perdas de peso por cozimento, pH e composição química da carne (Tabela 9).

Tabela 9. Indicadores de qualidade e composição centesimal da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios.

Parâmetro	COP	NUTR	BLEND	MIX	EPM ¹	P
FC ² , kg	3,71	4,03	3,62	4,22	0,24	0,38
PPC ³ , %	29,21	28,49	28,71	30,18	1,02	0,66
pH	5,52	5,63	5,51	5,57	0,05	0,46
L*	37,68 ^a	35,77 ^{ab}	35,91 ^{ab}	35,12 ^b	0,63	0,04
a*	18,04 ^a	16,84 ^{ab}	17,42 ^{ab}	16,23 ^b	0,39	<0,01
b*	14,69 ^a	13,10 ^b	13,48 ^{ab}	12,65 ^b	0,44	0,01
Composição centesimal						
Umidade, %	74,37	74,65	74,77	75,13	0,28	0,31
Cinzas, %	1,09	1,10	1,05	1,07	0,01	0,32
Proteína %	22,66	22,57	22,80	22,55	0,32	0,75
Extrato Etéreo, % ⁵	1,32	1,51	1,78	1,17	0,18	0,13

¹ Erro padrão médio; ² Força de cisalhamento; ³ Perdas de peso por cozimento. ^{a,b} Na linha, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10) entre os tratamentos.

A avaliação do perfil de ácidos graxos da carne está apresentada na Tabela 10. Foram observadas diferenças significativas para os ácidos cáprico (C10:0), pentadecanóico (C15:1 cis10), palmitoléico (C16:1 trans9), esteárico (C18:0), elaidico (C18:1 trans9), (C18:1 trans10), vacênico (C18:1 trans11), linoleico conjugado cis7-trans9 (CLA cis7-trans9), linoleico conjugado cis9-trans11 (CLA cis9-trans11) e ácidos graxos saturados totais.

Foram observadas maiores porcentagens dos ácidos graxos C10:0 (P=0,04) e C15:1 cis10 (P=0,06) na carne de animais alimentados com o tratamento Blend e menor para o Mix, sendo que os tratamentos Coprodutos e Nutrigordura não diferiram dos demais. Para C16:1 trans9, os animais que receberam as dietas com Nutrigordura e Mix apresentaram maiores concentrações que os que receberam a dieta com Blend, e o tratamento com Coprodutos foi semelhante aos demais (P=0,07). As concentrações do ácido graxo C18:0 dos animais suplementados Coprodutos e Mix foram semelhantes entre si e mais elevadas que os tratamentos Blend e Nutrigordura, que não diferiram entre si. Os ácidos graxos C18:1 cis9 (P=0,09) e C18:1 trans10 (P=0,01) foram encontrados em maior concentração nos animais alimentados com Nutrigordura em relação aos demais tratamentos. Observou-se maior concentração de C18:1 trans11

($P=0,06$) na carne de animais suplementados com Nutrigordura em comparação ao tratamento com Blend, sendo que os tratamentos Coprodutos e Mix foram semelhantes aos demais.

As concentrações do ácido linoleico conjugado (CLA cis7-trans9) foram semelhantes nos tratamentos Nutrigordura e Mix, que apresentaram médias significativamente maiores em relação aos tratamentos Coprodutos e Blend, que por sua vez não diferiram entre si ($P<0,001$). Para o isômero CLA cis9-trans11, os animais que receberam dieta com Nutrigordura obtiveram maiores concentrações deste AGI na carne ($P<0,001$) em comparação aos demais tratamentos. Em relação aos ácidos graxos saturados totais ($P=0,07$), os tratamentos com Coprodutos e Mix apresentaram maiores médias que o tratamento Nutrigordura, porém o tratamento Blend não diferiu dos demais.

Com relação aos lipídios séricos, avaliados durante as fases inicial e final do experimento, não houve interação entre tratamentos e fases. Os tratamentos Coprodutos e Mix proporcionaram menor concentração de triacilgliceróis em relação a Nutrigordura, porém o tratamento Blend não diferiu dos demais ($P<0,01$). No parâmetro VLDL, os tratamentos se comportaram de maneira semelhante, com menores médias para Coprodutos e Mix em relação aos tratamentos Nutrigordura; o tratamento Blend não diferiu dos demais (Tabela 11).

Tabela 10. Perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios

Ácido graxo (%)		COP	NUTR	BLEND	MIX	EPM ¹	P
C10:0	Cáprico	0,062 ^{ab}	0,055 ^{ab}	0,042 ^a	0,065 ^b	0,006	0,04
C12:0	Láurico	0,060	0,064	0,055	0,069	0,005	0,28
C14:0	Mirístico	2,646	2,564	2,598	2,791	0,121	0,52
C14:1 cis9	Miristoleico	0,507	0,586	0,563	0,594	0,031	0,23
C15:0	Pentadecaenóico	0,317	0,324	0,310	0,355	0,014	0,16
C15:1 cis10		0,095 ^{ab}	0,107 ^{ab}	0,139 ^a	0,079 ^b	0,015	0,06
C16:0	Palmítico	23,249	23,177	23,844	24,010	0,471	0,51
C16:1 trans9	Palmitoleico	0,310 ^{ab}	0,323 ^a	0,285 ^b	0,323 ^a	0,010	0,07
C16:1 cis10	Palmitoleico	2,285	2,231	2,478	2,484	0,131	0,35
C17:0	Margárico	0,810	0,835	0,800	0,848	0,030	0,63
C17:1 cis10	Heptadecaenóico	0,560	0,481	0,609	0,440	0,074	0,38
C18:0	Estearíco	17,078 ^a	14,515 ^b	14,719 ^b	16,165 ^a	0,533	<0,001
C18:1 trans9	Elaídico	0,292 ^b	0,482 ^a	0,283 ^b	0,291 ^b	0,063	0,09
C18:1 cis9	Oleico	34,628	34,305	33,454	35,056	0,962	0,62
C18:1 trans10		0,507 ^b	1,097 ^a	0,625 ^b	0,587 ^b	0,069	0,01
C18:1 trans11	Vacênico	1,423 ^{ab}	1,501 ^a	1,192 ^b	1,455 ^{ab}	0,107	0,06
C18:2	Linoleico	4,436	5,277	6,290	4,429	0,593	0,10
C18:3	Linolênico	0,234	0,262	0,284	0,260	0,025	0,58
C20:4	Araquidônico	0,715	0,848	1,083	0,653	0,145	0,31
C20:5	Eicosapentaenoico	0,132	0,139	0,205	0,102	0,033	0,18
C22:5	Docosapentaenoico	0,304	0,365	0,461	0,287	0,067	0,23
C18:2 cis7-trans9	CLA	0,051 ^b	0,097 ^a	0,059 ^b	0,078 ^a	0,005	<0,001
C18:2 cis9-trans11	CLA	0,325 ^b	0,449 ^a	0,298 ^b	0,331 ^b	0,025	<0,001
AGS ²		44,534 ^a	41,850 ^b	42,654 ^{ab}	44,590 ^a	0,960	0,07
AGM ³		43,586	44,440	42,622	44,326	1,015	0,47
AGPI ⁴		6,628	8,605	9,371	6,486	0,852	0,12
AGPI n3 ⁵		0,709	0,820	0,995	0,658	0,106	0,21
AGPI n6 ⁶		5,208	7,079	7,822	5,202	0,741	0,11
AG NI ⁷		5,248	5,099	5,301	4,577	0,370	0,15

¹ Erro padrão médio; ² Ácidos graxos saturados; ³ Ácidos graxos monoinsaturados; ⁴ Ácidos graxos poli-insaturados; ⁵ Ácidos graxos poli-insaturados ômega 3; ⁶ Ácidos graxos poli-insaturados ômega 6; ⁷ Ácidos graxos não identificados. ^{a,b} Na linha, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10) entre os tratamentos.

Tabela 11. Lipídios séricos de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios durante as fases inicial e final de confinamento

Parâmetro (mg/dL)	Tratamentos				Fase		EPM ¹	P		
	COP	NUTR	BLEND	MIX	Inicial	Final		Tratamentos	Fase	I ²
Colesterol	209,09	222,06	215,15	229,66	180,03 ^x	257,95 ^y	5,86	0,17	<0,001	0,93
Triacilgliceróis	13,06 ^b	18,22 ^a	16,62 ^{ab}	15,74 ^b	11,12 ^x	20,71 ^y	0,83	<0,001	<0,001	0,71
HDL	94,89	94,97	97,16	96,64	87,00 ^x	94,97 ^y	1,68	0,62	<0,001	0,67
VLDL	2,61 ^b	3,54 ^a	3,32 ^{ab}	3,14 ^b	2,22 ^x	4,09 ^y	1,66	<0,001	<0,001	0,89
LDL	110,96	126,77	114,35	128,86	92,93 ^x	147,53 ^y	7,04	0,12	<0,001	0,44

¹ Erro padrão médio; ² Interação entre tratamentos e fases. ^{a,b} Na linha, para as avaliações de tratamento ou fase, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10) entre os tratamentos.

4. DISCUSSÃO

O fornecimento de diferentes fontes de lipídios não proporcionou diferenças significativas quanto à maior parte dos parâmetros de desempenho avaliados. O peso vivo inicial foi semelhante para todos os tratamentos ($P=0,73$), já que os animais foram separados em blocos de acordo com o peso e divididos entre os grupos.

Com relação ao peso vivo final, os tratamentos não diferiram entre si ($P=0,53$). Tais resultados diferem do encontrado por Barducci et al. (2015), que compararam o fornecimento de um tratamento controle, sem adição de gorduras, com dieta contendo 18% de torta de algodão ou 1,85% de lipídios protegidos da degradação ruminal, à base de óleo de soja, a bovinos Nelore confinados. Os autores observaram maior peso vivo final para o tratamento com torta de algodão em comparação ao controle. Os autores verificaram também maior ingestão de massa seca para os animais alimentados com torta de algodão em relação aos outros tratamentos, diferente do presente estudo, no qual a ingestão de massa seca em kg ($P=0,81$) e em porcentagem do peso vivo ($P=0,82$) foi estatisticamente semelhante para todos os grupos.

Nascimento (2017) comparou dietas com Nutrigordura ou Blend com um tratamento controle, sem adição de gorduras, fornecidas à bovinos Nelore confinados. O autor observou maior peso vivo final e maior ingestão de massa seca para os animais alimentados com lipídios protegidos em comparação aos que receberam a dieta controle. No entanto, apesar do uso dos mesmos lipídios protegidos testados neste trabalho, o autor incluiu 14,98% menos milho e 12,35% mais polpa cítrica em comparação às dietas utilizadas no presente experimento. Desta forma, o menor teor de amido presente nas dietas de Nascimento (2017) pode explicar a maior ingestão de massa seca, já que alta disponibilidade de carboidratos não fibrosos pode acarretar em redução no pH ruminal, devido à maior produção de ácidos graxos de cadeia curta, e consequente redução no consumo de alimentos (OWENS, 1998).

As dietas experimentais deste estudo continham diferentes valores de energia líquida para ganho, apesar de apresentarem o mesmo teor de extrato etéreo. Sendo assim, tendo todos os tratamentos apresentado ingestão de massa seca semelhante, esperava-se valores de ganho médio diário superiores para as dietas Nutrigordura e Blend, devido ao maior consumo de energia, o que não ocorreu. As dietas dos

tratamentos Nutrigordura e Blend apresentavam inclusão de milho moído 23,05 e 9,07% maior em comparação aos tratamentos Coprodutos e Mix, respectivamente. Isto porque, para atingir o teor de 5,50% de extrato etéreo, houve necessidade de menor porcentagem de inclusão dos lipídios protegidos do que caroço de algodão e gérmen de milho.

Ainda, a inclusão de caroço de algodão nas dietas dos tratamentos Coprodutos e Mix proporcionou maior porcentagem de FDN e FDN fisicamente efetivo (26,50 e 25,20 vs 22,30 nas dietas Nutrigordura e Blend). Desta forma, a maior quantidade de amido e menor teor de fibras das dietas Nutrigordura e Blend pode ter ocasionado maior fermentação ruminal e maior produção de ácidos graxos de cadeia curta, proporcionando queda no pH ruminal. Tais afirmativas podem ser suportadas pela maior incidência de rumenites dos animais utilizados neste estudo para o tratamento Blend, além de maior lactato sanguíneo observados nos tratamentos Nutrigordura, Blend e Mix, significativamente maiores que o tratamento com Coprodutos, além de menor pH sanguíneo para os tratamentos Nutrigordura e Blend (MELO, 2018 – Tabela 11). A possível incidência de uma acidose subaguda pode ter comprometido o desempenho dos animais alimentados com lipídios protegidos.

Tabela 12. Índice de rumenites, lactato e pH sanguíneo de bovinos Nelore confinados alimentados com fontes de lipídios

Parâmetro	COP	NUTR	BLEND	MIX	EPM ¹	Valor de P
Índice de rumenites	0,73 ^c	1,04 ^{bc}	1,50 ^a	1,31 ^b	0,14	0,09
Lactato ² , mmol/L	3,24 ^b	5,55 ^a	4,99 ^a	4,36 ^a	0,52	<0,01
pH	7,37 ^{ab}	7,33 ^c	7,35 ^{bc}	7,38 ^a	0,01	<0,01

¹ Erro padrão médio; ² Avaliado por meio de escores de 1 a 9. ^{a,b} Na linha, médias sem sobrescritos em comum diferem pelo teste de Tukey (P<0,10) para os tratamentos.

Adaptado de Melo (2018).

É importante observar que a ingestão de massa seca apresentou queda significativa após o início do fornecimento da dieta de terminação, de 11,41 para 10,61kg/dia para as fases de crescimento e terminação, respectivamente, para todos os tratamentos (MELO, 2018). As dietas de crescimento continham 20,90% de volumosos e 3,50% de extrato etéreo, enquanto as dietas de terminação continham em torno de

11,80% de volumosos e 5,50% de extrato etéreo. Ao longo do experimento, a ingestão de massa seca em porcentagem do peso vivo média variou entre 2,09 e 2,13% entre os tratamentos, inferior à média de 2,22% observada por Pereira (2016) em meta-análise sobre a flutuação da ingestão de massa seca em experimentos realizados no mesmo confinamento onde foi conduzido o presente estudo. Acredita-se que a redução não esteja relacionada aos ingredientes utilizados como fontes de lipídios, já que a redução no consumo aconteceu para todos os tratamentos, mas a um conjunto de fatores, como elevada densidade energética e volumoso de baixa efetividade. Isto porque a fermentação ruminal dos carboidratos estruturais é reduzida quando se adiciona lipídios às dietas, sendo o grau de redução dependente das fontes de fibras e lipídios (VALADARES FILHO; PINA, 2011).

Pode-se verificar na literatura diferentes respostas à adição de fontes de gorduras na dieta de bovinos confinados. Aferrri et al. (2005) avaliaram o efeito de dieta controle sem gorduras, dieta com 5% de sais de cálcio de ácidos graxos ou com 21% de caroço de algodão e observaram menor ingestão de massa seca para os animais suplementados com lipídios protegidos em comparação à dieta com caroço de algodão, tendo o tratamento controle se apresentado semelhante aos demais. Ngidi et al. (1990) avaliaram quatro níveis de inclusão de lipídios protegidos da degradação ruminal por sais de cálcio (0, 2, 4 ou 6%) em dietas com alta proporção de concentrado para bovinos em terminação e observaram redução linear na ingestão de massa seca conforme o aumento da inclusão de gorduras. Os autores atribuem a redução no consumo à diversos fatores, como a baixa aceitabilidade dos sais de cálcio, controles quimiostático e lipostático da ingestão, e pelo efeito depressivo sobre a motilidade, causados pela presença de ácidos graxos no duodeno.

Allen (2000) estudou o efeito do fornecimento de lipídios à bovinos por meio de equações envolvendo 24 estudos e observou que, para cada 1% de gordura protegida adicionada à ração, há uma redução de 2,5% na ingestão de matéria seca. De acordo com o autor, outras fontes de gordura apresentaram efeitos menos consistentes no consumo de alimento pelos animais. Entretanto, a ingestão de massa seca apresentou-se semelhante para os tratamentos com lipídios protegidos e coprodutos como fontes de gordura. Numa revisão de 18 experimentos que avaliaram o uso de caroço de algodão em dietas para bovinos, Coppock et al. (1987) não encontraram diferenças no consumo

de matéria seca quando até 25% deste ingrediente é incluído nas dietas. No presente estudo, utilizou-se 13,31 e 9,51% de caroço de algodão nos tratamentos COP e MIX, respectivamente, abaixo do limite observado por Coppock et al. (1987).

Com relação ao ganho médio diário, não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($P=0,43$), assim como eficiência alimentar ($P=0,92$) e conversão alimentar ($P=0,23$). Os resultados diferem dos encontrados por Nascimento (2017), que observou maior ganho médio diário e eficiência alimentar para bovinos alimentados com Nutrigordura e Blend, em comparação ao grupo controle. Porém os animais apresentaram maior ingestão em comparação ao presente estudo.

Os resultados diferem também de Barducci et al. (2015), que forneceram lipídios protegidos, torta de algodão ou dieta controle a bovinos Nelore e encontraram maior ganho médio diário para os tratamentos que continham gorduras, com melhor conversão e eficiência alimentar para o grupo alimentado com lipídios protegidos em relação ao controle.

Não foram observadas diferenças ($P>0,10$) para os parâmetros relativos às características de carcaça entre os tratamentos fornecidos. Tais resultados estão coerentes com o desempenho obtido pelos animais, já que o peso vivo final, ingestão de massa seca ou ganho médio diário foram semelhantes entre os tratamentos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Barducci et al. (2016), que forneceram lipídios protegidos, torta de algodão e dieta controle a bovinos Nelore confinados e por Aferri et al. (2005), que utilizou os mesmos tratamentos citados, em bovinos cruzados.

Nascimento (2017) observou maior peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, além de maior deposição de gordura renal, pélvica e inguinal nos tratamentos com Nutrigordura e Blend, em comparação ao controle. Entretanto, o autor verificou maior ganho médio diário e peso vivo final para os grupos suplementados com lipídios, o que pode explicar a obtenção de carcaças mais pesadas.

Muitas características de interesse econômico, como ganho de peso médio diário e deposição de gordura podem ser resultado de fatores genéticos e ambientais. Além disso, a funcionalidade do genoma pode ser influenciada por diversos fatores, como a nutrição. Desta forma, o entendimento da resposta de determinados genes ao fornecimento de nutrientes específicos permite manipular a dieta de bovinos, com o

objetivo de maximizar a expressão de genes relacionados à eficiência animal. De acordo com Choi et al. (2013), ácidos graxos saturados promovem e insaturados deprimem a expressão de determinadas enzimas e fatores de transcrição que afetam a eficiência de biológica de bovinos. Segundo o autor, gorduras com um perfil de ácidos graxos mais saturados tendem a produzir carcaça com melhor grau de acabamento e carne com mais gordura intramuscular. Desta forma, o fornecimento de uma composição diferenciada de ácidos graxos saturados e insaturados protegidos da degradação ruminal, como nos tratamentos Blend e Mix, pode representar uma ferramenta para melhorar o desempenho e qualidade de carne de bovinos confinados.

Entretanto, considerando que, em ruminantes, o perfil dos ácidos graxos ingeridos na dieta difere do que é efetivamente absorvido no intestino delgado devido à biohidrogenação ruminal, o uso de lipídios protegidos por sabões de cálcio é mais interessante quando se deseja manipular a expressão de genes por meio da dieta fornecida ao animal.

Para avaliar o efeito do fornecimento de diferentes ácidos graxos no metabolismo lipídico dos animais, testou-se a expressão diferencial dos genes relacionados aos receptores ativados por peroxissoma (PPAR- γ), fatores de transcrição de proteínas ligantes aos esteroides 1 (SREBP-1), estearoil Coa dessaturase (SCD) e lipoproteína lipase (LPL) foram avaliadas para os quatro tratamentos.

A expressão do gene PPAR- γ não foi afetada pelas dietas utilizadas ($P=0,22$). O PPAR- γ é um fator de transcrição associado à regulação da adipogênese, já que atua na maturação de preadipócitos a adipócitos. De acordo com Dani e Billon (2012), o PPAR- γ é encontrado no tecido adiposo, tanto intramuscular quanto subcutâneo e segundo Desvergne e Wahli (1999), os ácidos graxos insaturados atuam como ligantes deste fator de transcrição, já que interagem com receptores nucleares na molécula do PPAR. Sendo assim, de acordo com os autores, os ácidos graxos podem atuar como reguladores metabólicos, que controlam a atividade de determinados fatores de transcrição, e não apenas como moléculas fornecedoras de energia.

Desta forma, esperava-se que a diferente composição de ácidos graxos das fontes de lipídios utilizadas nas dietas (Tabela 1) pudesse proporcionar diferenças na expressão do PPAR- γ , o que não foi observado. Entretanto, acredita-se que possa ter havido dissociação do complexo entre os sais de cálcio e os ácidos graxos, o que

permitiu que ocorresse a biohidrogenação ruminal de ácidos graxos insaturados. Portanto, o perfil de ácidos graxos efetivamente absorvidos e incorporados nos tecidos não foi o mesmo ingerido pelo animal.

Os resultados obtidos sugerem que, apesar do diferente perfil de ácidos graxos oferecido em cada dieta, não houve aumento na formação ou diferenciação de adipócitos entre os quatro tratamentos. Deste modo, os resultados estão de acordo com a avaliação da deposição de tecidos muscular e adiposo via ultrassom, já que não houve diferença para a presença de gordura intramuscular e espessura de gordura subcutânea no músculo *L. lumborum*, assim como a análise da composição centesimal, que não indicou maior teor de extrato etéreo na carne dos animais dos quatro tratamentos.

Com relação ao gene SREBP-1, responsável por mediar a indução da biossíntese de lipídios, observou-se menor expressão no tratamento Nutrigordura em comparação aos demais ($P=0,03$). De acordo com Botolin et al. (2006), ácidos graxos poli-insaturados n-3 provenientes da dieta suprimem a lipogênese no fígado, por meio da regulação na concentração de SREBP. Desta forma, a concentração mais elevada de ácido linoleico (C18:2 n3) no tratamento Nutrigordura (Tabela 1), com gordura protegida proveniente de óleo de soja, pode ter proporcionado inibição na expressão do gene SREBP-1.

Waters et al. (2008) avaliaram os efeitos do nível e duração de suplementação de bovinos confinados com óleo de soja ou óleo de peixe enriquecido com ácidos graxos poli-insaturados n-3, na expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico. Os autores observaram decréscimo significativo na expressão do gene SREBP-1 nas dietas com alto teor de ácidos graxos poli-insaturados n-3 em comparação ao grupo controle. Entretanto, Oliveira (2013), ao comparar o fornecimento de grãos de soja ou lipídios protegidos a base de óleo de soja a bovinos confinados, não encontrou diferenças na expressão do SREBP-1.

Avaliou-se também a expressão do gene relativo à enzima esteroil Coa dessaturase (SCD), conhecida também como $\Delta 9$ dessaturase, que promove a síntese de ácidos graxos não só no adipócito, mas no tecido muscular. A expressão gênica e atividade enzimática da SCD no tecido adiposo de bovinos é um indicativo de maciez da gordura (CHUNG; JOHNSON, 2007). A SCD é também responsável pela conversão

de ácidos graxos saturados em ácidos graxos monoinsaturados nos adipócitos, tanto do tecido adiposo subcutâneo quanto intramuscular.

Observou-se maior expressão da SCD nos tratamentos Coprodutos e Mix, que continham caroço de algodão, em comparação ao grupo alimentado com Nutrigordura ($P=0,008$). O tratamento Blend apresentou valores intermediários e não diferiu dos outros três. De acordo com Waters et al. (2008), a suplementação dietética com ácidos graxos poli-insaturados pode diminuir a atividade da SCD. Desta forma, a maior concentração destes ácidos graxos na Nutrigordura pode ter proporcionado tais resultados.

Em estudo de Oliveira (2013), que comparou o fornecimento de grãos de soja ou lipídios protegidos a base de olho de soja a bovinos confinados, observou-se redução na expressão do gene SCD no grupo alimentado com lipídios protegidos. Isto porque a proteção dos ácidos graxos proporciona maior absorção de poli-insaturados no intestino delgado, o que deprime a expressão do gene em questão. Além disso, de acordo com o mesmo autor, a presença de CLA pode inibir a expressão de SCD. Desta forma, a menor expressão de SCD no presente estudo pode estar relacionada também a maior concentração de CLA na carne dos animais alimentados com Nutrigordura (Tabela 9).

A enzima SCD, além de responsável pela conversão de ácidos graxos saturados em monoinsaturados, também está associada à conversão de ácido vacênico (C18:1 trans 11) a CLA (C18:2 cis-9, trans-11) nos tecidos (SMITH et al., 2006). Entretanto, apesar da menor expressão de SCD no tratamento Nutrigordura, os animais deste grupo apresentaram a maior concentração de CLA (C18:2 cis-9, trans-11) na carne, em comparação aos demais tratamentos. Tais resultados podem ser explicados pela provável ocorrência de biohidrogenação incompleta dos ácidos linoleico e linolênico no rúmen (GEAY et al., 2001). Isto porque o CLA (C18:2 cis-9, trans-11) é o primeiro intermediário na biohidrogenação do ácido linoleico e, quando este processo é interrompido, o CLA deixa o rúmen e é incorporado nos tecidos do animal (ARRIGONI et al., 2016).

A expressão do gene relativo à lipoproteína lipase (LPL) também foi avaliada. A LPL é observada em tecidos adiposo e muscular que utilizem os ácidos graxos como fonte ou estoque de energia (UTEMBERGUE, 2014). De acordo com Rayalam e Baile (2012), a atividade da LPL aumenta conforme o tamanho das células adiposas. O estudo

da atividade da LPL é de interesse para a produção de carne bovina, já que a enzima é responsável pelo controle da divisão dos ácidos graxos entre o tecido adiposo e muscular (HOCQUETTE et al., 1998). Os genes responsáveis pela transcrição da LPL estão positivamente correlacionados com a atividade da enzima no tecido de ruminantes. Sendo assim, a atividade do gene LPL pode afetar a qualidade das carcaças, regulando os substratos disponíveis para desenvolvimento da gordura intramuscular.

Observou-se menor expressão da LPL no tratamento Nutrigordura em comparação aos demais ($P=0,008$). Utembergue (2014) avaliou o padrão de expressão de diferentes genes relacionados ao perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Nelore confinados e observou maior expressão de LPL no grupo de animais com alta concentração de ácido palmítico na carne. Porém, no presente estudo, não houve diferença no teor de ácido palmítico no músculo *L. lumborum* para os quatro tratamentos avaliados (Tabela 9).

Em estudo de Oliveira (2013), houve maior expressão de LPL nos animais alimentados com dieta contendo grão de soja, em comparação ao tratamento com lipídios protegidos. O autor encontrou uma correlação positiva entre a expressão de LPL e a concentração de ácido esteárico (C18:0) na carne. Da mesma forma, no presente estudo, o tratamento Nutrigordura, que apresentou menor expressão de LPL em relação aos demais tratamentos, apresentou menor concentração de ácido esteárico na carne em comparação a Coprodutos e Mix.

A influência das diferentes fontes de lipídios no desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo foi determinada por ultrassom no início e final do experimento. Pela diferença entre as duas mensurações foi calculada a deposição diária de tecido muscular e gordura nos animais. Diversos estudos têm demonstrado que a AOL mensurada por meio de ultrassom pode ser utilizada tanto como indicador da composição da carcaça e rendimento de cortes cárneos, quanto por sua relação com a musculosidade do animal (LUCHIARI FILHO, 2000).

Observou-se diferença significativa entre os tratamentos apenas para espessura de gordura subcutânea na picanha, tanto no início ($P=0,09$) quanto no final ($P=0,09$) do experimento. Entretanto, não houve diferença significativa na deposição diária de lipídios neste local. Desta forma, acredita-se que a diferença na avaliação final não se

deve ao fornecimento dos diferentes tratamentos, sendo consequência da diferença existente já no início do experimento.

Jaeger et al. (2004) avaliaram as características da carcaça de bovinos alimentados com ou sem adição de gordura protegida nas dietas. Os autores observaram que os animais que receberam 5,0% de gordura protegida na dieta apresentaram maior área de olho de lombo em relação ao grupo não suplementado. Da mesma forma, Nascimento (2017) observaram área de olho de lombo 7,10% maior para os animais que consumiram Blend em comparação ao grupo tratado com Nutrigordura. No entanto, no presente estudo, embora não tenha sido observada diferença significativa, todos os tratamentos apresentaram espessura de gordura subcutânea final acima de 5mm, acima do mínimo desejado pelos frigoríficos.

Esperava-se maior teor de gordura intramuscular e melhor acabamento da carcaça para o tratamento Blend, cuja formulação continha maior concentração de ácidos graxos saturados, principalmente ácido palmítico (Tabela 1), que em estudo de Choi et al. (2013) promoveu maior síntese lipídica no tecido adiposo, em comparação com dietas contendo óleo de soja, com menor teor de ácidos graxos saturados e maior concentração de ácidos graxos poli-insaturados. Porém não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Não foram observadas diferenças na composição centesimal do músculo *Longissimus thoracis* (corte do contra-filé). De acordo com Geay (2001), embora a composição química do tecido muscular seja relativamente constante, em média 75% de água, 19 a 25% de proteínas e 1 a 2% de minerais, a composição da carne pode variar em função do teor de lipídios decorrente da quantidade de gordura intramuscular e subcutânea.

Oliveira et al. (2011) forneceram diferentes fontes de lipídios (soja moída, caroço de algodão e semente de linhaça moída) a bovinos Nelore e não obtiveram diferenças quanto à composição centesimal da carne, o que corrobora os resultados encontrados no presente estudo. Entretanto, Putrino et al. (2006) encontraram diferenças na composição química da carne de bovinos alimentados ou não com lipídios protegidos da degradação ruminal. Segundo os autores, o fornecimento de lipídios proporcionou elevação no teor de extrato etéreo e consequente redução no teor de água da carne. Santarosa (2011) também observou tendência a maior valor de extrato etéreo, além de

menor porcentagem de água e cinzas para bovinos Nelore tratados com lipídios protegidos em comparação a animais alimentados com grão de soja. Entretanto, Gouvêa (2015) não encontrou diferenças na composição química da carne de bovinos Nelore alimentados com caroço de algodão ou óleo de soja.

Com relação aos parâmetros indicativos da qualidade da carne, foram observadas diferenças apenas para os índices de luminosidade ($P=0,04$), intensidade de vermelho ($P<0,01$) e intensidade de amarelo ($P=0,01$).

Os valores de força de cisalhamento permitem afirmar que a carne de todos os tratamentos pode ser considerada macia. Isto porque, de acordo com a American Society For Testing and Materials (ASTM, 2011), carnes com força de cisalhamento abaixo de 4,4 kg são consideradas macias e os valores médios encontrados no presente estudo variaram entre 3,62 e 4,22. Pode-se atribuir a maciez da carne a um conjunto de fatores, como uso de animais jovens. Barducci et al. (2016) não observaram diferença na força de cisalhamento da carne de bovinos alimentados com tratamento controle, com torta de algodão ou lipídio protegido, porém os valores encontrados foram superiores aos resultados obtidos neste estudo, com médias entre 5,23 e 5,88.

Não houve diferença para as perdas de peso por cozimento ($P=0,66$). A capacidade de retenção de água da carne é correlacionada com a maciez, sendo que carnes que apresentam menor perda de água no cozimento são geralmente mais macias (PESCE, 2008). Muchenje et al. (2009) relataram variação de perdas de peso por cozimento entre 13,1 e 34,5%, portanto os valores obtidos estão adequados. Em estudo de Silva et al. (2007) não houve diferença na força de cisalhamento da carne de animais alimentados ou não com lipídios protegidos, assim como o índice de perda de água no cozimento.

Os valores de pH foram semelhantes para todos os tratamentos ($P=0,46$) e inferiores ao limite máximo recomendado de 5,8. Carnes com pH acima deste podem se apresentar escuras, com maior capacidade de retenção de água e com vida de prateleira mais curta (GEAY et al., 2001).

A cor da carne é um de seus principais atributos e reflete a quantidade e o estado químico da mioglobina, principal pigmento da carne, além de ser o fator de qualidade mais impactante para o consumidor no momento da compra, constituindo o critério básico para sua seleção (FELÍCIO, 1999).

A carne do tratamento Coprodutos apresentou maior ($P=0,04$) luminosidade em comparação a Mix. Os tratamentos Nutrigordura e Blend foram semelhantes aos demais e encontraram-se dentro da média relatada por Muchenje et al. (2009), que observaram variação entre 33,2 e 41,0. Carnes que apresentem valores inferiores aos relatados pelo autor podem ser consideradas como excessivamente escuras ou claras, respectivamente. A luminosidade e coloração da carne estão diretamente relacionadas com o valor de pH. O aumento dos valores de L^* indicam a presença de líquido na superfície da carne (MUCHENJE et al., 2009). Entretanto, os valores de pH foram semelhantes entre os tratamentos e abaixo do limite máximo recomendado.

Com relação às coordenadas de cromaticidade a^* , referente à intensidade de vermelho da carne e b^* , referente à intensidade da cor amarela da carne, houve diferenças significativas entre os tratamentos. Coprodutos apresentou maior valor ($P<0,01$) para a^* em relação a Mix, porém Nutrigordura e Blend não diferiram dos demais tratamentos. Para a coordenada b^* , o tratamento Coprodutos apresentou maior média ($P=0,01$) que Nutrigordura e Mix, porém Blend se apresentou semelhante à todos os tratamentos.

Os resultados obtidos para o teor de vermelho estão dentro dos valores encontrados por Muchenje et al. (2009), de 11,1 a 23,6; porém, o teor de amarelo da carne está acima dos valores descritos pelo autor, de 6,1 a 11,3. No presente estudo, as médias de b^* se apresentaram acima de 12,65. Alta intensidade da cor amarela na carne pode ser consequência de alimentação em pasto, que contém carotenoides (FELÍCIO, 1999), assim como alto teor de extrato etéreo na carne (FERRINHO, 2016), o que não ocorreu no presente estudo.

Gouvêa (2015) obteve resultados diferentes do presente estudo ao comparar o fornecimento óleo de soja ou níveis crescentes de caroço de algodão a bovinos Nelore confinados. O autor não observou diferenças para nenhum dos parâmetros de cor avaliados. Da mesma maneira, Fiorentini et al. (2012) não observaram diferenças quanto à cor da carne nos parâmetros L^* , a^* e b^* de novilhas confinadas alimentadas com soja como fonte de lipídios em três diferentes formas – em grãos, protegida da degradação ruminal e óleo.

Os diferentes tratamentos proporcionaram alterações no perfil de ácidos graxos da carne. A composição lipídica é um aspecto importante da carne, já que exerce

influência na estabilidade oxidativa da mesma (WOOD et al., 2008). Entre os ácidos graxos saturados, os de maior importância são mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), sendo os dois primeiros considerados hipercolesterolêmicos, pois quando consumidos, aumentam a concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) no sangue humano (WOOD et al., 2003)

O tratamento Nutrigordura apresentou menor concentração de ácidos graxos saturados em comparação a Coprodutos e Mix. De acordo com Scollan et al. (2014), a suplementação com ácidos graxos poli-insaturados pode proporcionar redução no teor de ácidos graxos saturados na gordura intramuscular. A Nutrigordura, produzida a partir de óleo de soja, contém elevado teor de ácido linoleico (C18:2), que protegido por sais de cálcio, é absorvido no intestino sem sofrer biohidrogenação no rúmen, em condições ideais de pH ruminal. Além disso, os ácidos graxos insaturados presentes em fontes naturais de lipídios não são absorvidos em sua totalidade na forma como são ingeridos, devido às modificações ruminais que os convertem em ácidos graxos saturados.

Os tratamentos Nutrigordura e Blend apresentaram menores teores de ácido esteárico (C18:0) que os demais. Entretanto, apesar de saturado, este ácido graxo não é considerado hipercolesterolêmico, já que é convertido em ácido oleico. Ladeira et al. (2014) forneceram grão de soja ou lipídios protegidos a bovinos Red Norte e obtiveram menor concentração de ácido esteárico na carne de animais alimentados com gorduras protegidas. Tais resultados corroboram os do presente estudo, provavelmente devido à maior biohidrogenação ruminal das fontes naturais de lipídios.

Não houve diferenças para o teor de ácido oleico (C18:1 cis9) entre os tratamentos, porém observou-se maiores teores dos isômeros C18:1 trans9, C18:1 trans10 no tratamento Nutrigordura. Quanto ao isômero C18:1 trans11, ou ácido vacênico, o tratamento com Nutrigordura apresentou concentrações superiores deste em comparação ao Blend. O ácido vacênico é um produto intermediário da biohidrogenação ruminal de ácidos graxos poli-insaturados, como o ácido linoleico, presente em elevadas quantidades na Nutrigordura e em menor concentração no Blend. Putrino et al. (2006) observaram maior concentração de ácido vacênico na carne de bovinos alimentados com gordura protegida em comparação ao tratamento controle, assim como Barducci et al. (2016), que relataram aumento do ácido vacênico, linoleico e total de ácidos graxos

poli-insaturados na carne de bovinos Nelore confinados alimentados com gordura protegida e torta de algodão ao tratamento controle.

Considerando que os tratamentos com fontes naturais de lipídios apresentaram maiores concentrações de ácido esteárico em comparação à Nutrigordura, pode-se atribuir as diferenças observadas nas concentrações dos isômeros C18:1 ao processo de biohidrogenação ruminal. Os sais de cálcio presentes na gordura protegida impedem ou limitam a ocorrência deste processo, aumentando a absorção intestinal de ácidos graxos insaturados. Este resultado poderia ser atribuído também à ação da enzima esteroil-CoA dessaturase, presente nas células adiposas, mucosa intestinal e fígado, que converte ácidos graxos saturados em seus respectivos monoinsaturados (SMITH et al., 2006). Entretanto, o tratamento Nutrigordura apresentou menor expressão do gene responsável pela enzima em questão.

As únicas fontes naturais de quantidades consideráveis de ácidos graxos com estrutura conformacional *trans* são derivados de carne e leite de ruminantes. Os ácidos graxos *trans* são formados durante a biohidrogenação de ácidos graxos insaturados no rúmen (MOTARD-BÉLANGER et al, 2008) e sua presença na carne não é benéfica para a saúde humana, já que pode aumentar o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (GEAY et al., 2001).

Observou-se maior concentração do ácido C15:1 cis10 no tratamento Blend em comparação à Mix. De acordo com Putrino et al. (2006), os ácidos graxos de cadeia ímpar são provenientes da incorporação de propionato ao invés de acetato na síntese *de novo* de lipídios. A dieta do tratamento Blend apresentou 9,07% mais milho que a dieta Mix, portanto houve maior amido disponível para produção de propionato no rúmen, o que pode explicar os resultados obtidos.

Houve melhora na produção de ácido linoleico conjugado, CLA (C18:2 cis-7, trans-9 e C18:2 cis-9, trans-11), nos tratamentos Nutrigordura e Mix. O CLA encontrado na carne bovina pode ser originado pela biohidrogenação ruminal incompleta dos ácidos linoleico e linolênico (GEAY et al., 2001) ou pela dessaturação do ácido vacênico pela enzima esteroil-CoA dessaturase no tecido adiposo (FERRINHO, 2016).

O CLA C18:2 cis-9, trans-11 é o primeiro intermediário no processo de biohidrogenação do ácido linoleico e, quando este processo é interrompido, o CLA

deixa o rúmen e é incorporado nos tecidos do animal (ARRIGONI et al., 2016). Altas taxas de passagem do alimento pelo rúmen podem ocasionar em biohidrogenação incompleta, assim como a proteção das gorduras por sais de cálcio. Ladeira et al. (2014) observaram teor de CLA 2,3 vezes maior na carne de bovinos alimentados com gordura protegida de óleo de soja em comparação ao tratamento controle. Putrino et al. (2006) também observaram maior teor de CLA em dietas de bovinos alimentados com lipídios protegidos.

Este é um resultado interessante do ponto de vista nutricional, já que alguns isômeros do CLA têm propriedades anticarcinogênicas, alteram a partição de nutrientes, tem efeitos antidiabéticos, reduzem o desenvolvimento de aterosclerose e modulam o sistema imunológico (PALMQUIST et al., 2005). Devido aos benefícios do consumo de CLA à saúde humana, o aumento de sua deposição na carne bovina tem sido objeto de estudos e pesquisas. Sua produção é regulada principalmente pelo tipo de ração e concentração de ácidos graxos poli-insaturados ômega 3 e 6, presentes em sementes de oleaginosas, por exemplo.

O estudo do perfil de ácidos graxos é importante, pois exerce influência sobre as características sensoriais da carne (GEAY et al., 2001). O teor de ácido oleico pode influenciar positivamente na qualidade sensorial da carne, enquanto o aumento de ácidos graxos poli-insaturados pode resultar em prejuízo às características de sabor e aroma, por aumentarem a susceptibilidade da carne à oxidação. Ácidos graxos saturados foram positivamente correlacionados com o sabor da carne (WOOD et al., 2003; HUNT et al., 2016), porém negativamente relacionados à maciez e suculência da carne, pois possuem maior ponto de fusão do que os insaturados (TUME, 2004).

As diferentes fontes de lipídios fornecidas aos animais serão absorvidas após digestão no intestino. Os lipídios que deixam o rúmen são predominantemente ácidos graxos livres, porém no interior dos enterócitos estes serão convertidos a triacilgliceróis, que são insolúveis e precisarão de lipoproteínas como transportadores. Em ruminantes, estes compostos estão ligados principalmente às lipoproteínas de densidade muito baixa – VLDL e a participação de quilomícrons no transporte de lipídios é pequena (KOZLOSKI, 2011; PALMQUIST; MATTOS, 2011). O consumo de alto teor de ácidos graxos saturados na dieta eleva o colesterol plasmático total, aumentando a concentração de LDL plasmática. Por outro lado, dietas ricas em ácidos graxos poli-

insaturados elevam as concentrações de HDL e aumentam a metabolização de lipoproteínas. Desta forma, o teor de lipoproteínas sanguíneas é dependente da dieta e, em ruminantes, do processo de biohidrogenação ruminal. (ROSSATO, 2007; KOZLOSKI, 2011).

O fornecimento de fontes de lipídios aumentou ($P < 0,001$) o colesterol, triacilgliceróis e lipoproteínas avaliadas no presente estudo entre a avaliação inicial e final. Tais resultados já eram esperados, já que antes do período experimental os animais estavam em pastagem, sem altos níveis de lipídios na alimentação. Além disso, elevações nos níveis séricos de colesterol e triacilgliceróis são indicativos de balanço energético positivo.

Com relação aos tratamentos, observou-se diferença para triacilgliceróis e VLDL ($P < 0,001$), tendo o tratamento Nutrigordura apresentado resultados superiores a Coprodutos e Mix, sendo que Blend foi semelhante a todos os tratamentos, para os dois parâmetros avaliados. Os triacilgliceróis são a principal forma de armazenamento de lipídios no tecido adiposo. Assim como ocorre com o colesterol, pode-se observar um aumento dos níveis séricos de triacilgliceróis durante o período absorptivo. Isto porque durante o processo de absorção de lipídios, parte dos ácidos graxos é re-esterificada a triacilgliceróis, que são incorporados nas VLDL. Estas são liberadas na circulação e direcionadas aos tecidos periféricos (KOZLOSKI, 2011). Desta forma, pode-se afirmar que as concentrações de triacilgliceróis e VLDL seguem tendências paralelas, como aconteceu no presente estudo.

De acordo com Fernandes et al. (2012), após a ingestão de dietas ricas em amido ou com alta densidade energética, ocorre aumento da síntese hepática de ácidos graxos a partir de acetato e propionato, resultando na formação e exportação de triacilgliceróis na forma de VLDL. Os tratamentos com Nutrigordura e Blend continham maior concentração de milho e, portanto, de amido. Desta forma, acredita-se que o maior teor de triacilgliceróis e VLDL no tratamento Nutrigordura, com valores intermediários no Blend, possa ser resultado tanto da absorção intestinal de lipídios provenientes da dieta, quanto da produção de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, que foram armazenados no tecido adiposo em forma de gorduras.

5. CONCLUSÕES

As fontes de lipídios utilizadas no estudo não proporcionaram efeitos no desempenho, características de carcaça e deposição de músculos e gordura na carcaça.

A expressão de genes relacionados ao metabolismo lipídico foi influenciada pela fonte de lipídios utilizada, com menor expressão dos genes SREBP-1, SCD e LPL no tratamento Nutrigordura.

A qualidade da carne não foi influenciada pelos tratamentos, mas o fornecimento de Nutrigordura proporcionou diminuição no teor de ácidos graxos saturados da carne e aumentou o teor de ácido linoleico conjugado (CLA).

6. 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.
- ALLAIN, C. C. et al. Enzymatic determination of total serum cholesterol. **Clinical Chemistry**, Birmingham, v. 20, n. 4, p. 470-475, 1974.
- ALLEN, M. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 1598-1694, 2000.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago: AMSA, 1995. 47 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. F2925-11(2018). **Standard specification for tenderness marketing claims associated with meat cuts derived from beef**. West Conshohocken: ASTM International, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. **Official methods of analysis**. 12. ed. Arlington: AOAC International, 2007.
- ARRIGONI, M. D. B.; MARTINS, C. L.; FACTORI, M. A. Lipid metabolism in the rumen. In: MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B. (Ed.). **Rumenology**. Switzerland: Springer, 2016. p. 103-126.
- BAKER, G. A.; GUILBERT, H. R. Non-randomness of variations in daily weights of cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 1, p. 293-299, 1942.
- BARDUCCI, R. S. et al. Ácidos graxos no desempenho e nas respostas imunológicas de bovinos Nelore confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 6, p. 499-509, 2015.
- BARDUCCI, R. S. et al. Perfil de ácidos graxos e características da carne de bovinos Nelore confinados com diferentes fontes lipídicas protegidas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 68, p. 233-242, 2016.
- BEVANS, D.W. et al. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 5, p. 1116-1132, 2005.
- BRINK, D.R. et al. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 5, p. 1201-1207, 1990.
- CHOI, S. H. et al. Fatty acid biosynthesis and lipogenic enzyme activities in subcutaneous adipose tissue of feedlot steers fed supplementary palm oil or soybean oil. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 2091-2098, 2013.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE - CIE. Colorimetry: official recommendations of the international commission on illumination. **CIE Publication**, Vienna, n. 15.2, 1986.

COPPOCK, C. E.; LANHAM, J. K.; HORNER, J. L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 18, p. 89-129, 1987.

DANI, C.; BILLON, N. Adipocyte precursors: developmental origins, self-renewal, and plasticity. In: SYMONDS, M. E. (Ed.). **Adipose tissue biology**. Switzerland: Springer, 2012. p. 1-16.

DESVERGNE, B.; WAHLI, W. Peroxisome proliferator activated receptors: nuclear control of metabolism. **The Endocrine Society**, Bethesda, v. 20, p. 649-688, 1999.

FELICIO, P. E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p. 89-97.

FERNANDES, S. R. et al. Lipidograma como ferramenta na avaliação do metabolismo energético em ruminantes. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 18, p. 21-32, 2012.

FERRINHO, A. M. **Caroço de algodão integral e vitamina E em dietas para bovinos Nelore confinados por 83, 104 e 111 dias**. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

FIorentini, G. et al. Quantitative characteristics of meat from confined crossbred fed with lipid sources. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, p. 336-344, 2012.

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 226, p. 497-509, 1957.

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

GOUVÊA, V. N. **Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento**. 2015. 150f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

HALES, K. E. et al. Effects of roughage concentration in dry-rolled corn-based diets containing wet distillers grains with solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 3315-3321, 2013.

HOCQUETTE, J. F.; GRAYLET, B.; OLIVECRONA, T. Lipoprotein lipase activity and mRNA levels in bovine tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology B: Biochemistry & Molecular Biology**, New York, v. 121, p. 201-212, 1998.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Barking, v. 49, n. 4, p. 447-457, 1998.

HUNT, M. R. et al. Assessment of volatile compounds, neutral and polar lipid fatty acids of four muscles from USDA Choice and Select graded carcasses and their relationships with consumer palatability scores and intramuscular fat content. **Meat Science**, Barking, v. 116, p. 91-101, 2016.

JAEGER, S. M. P. et al. Características da carcaça de bovinos de quatro grupos genéticos submetidos a dietas com ou sem adição de gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, supl. 1, p.1876-1887, 2004.

JENKINS, T. C.; PALMQUIST, D. L. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 67, n. 5, p. 978-986, 1984.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 216 p.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, Champaign, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

LADEIRA, M. M. et al. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from Young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. **Meat Science**, Barking, n. 96, p. 597-605, 2014.

LIVAK, K. J.; SCHMITTGEN, T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method. **Methods**, San Diego, v. 25, p. 402-408, 2001.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: O Autor, 2000. 134 p.

MEDEIROS, S. R.; ALBERTINI, T. Z. Uso de alimentos ricos em lipídios para alimentação de bovinos de corte: recomendações de uso, limitações e impactos na qualidade da carne. In: VIII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8., **Anais...** Viçosa, MG, 2012.

MELO, G. F. Comportamento ingestivo e saúde ruminal de bovinos Nelore em confinamento alimentados com fontes de lipídios. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

MOTARD-BÉLANGER, A. et al. Study of the effect of trans fatty acids from ruminants on blood lipids and other risk factors for cardiovascular disease. **American Journal of Clinic Nutrition**, Oxford, v. 87, p. 593-599, 2008.

MUCHENJE, V. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 112, p. 279-289, 2009.

NASCIMENTO, F. A. **Gordura protegida com diferentes perfis de ácidos graxos na alimentação de bovinos Nelore confinados**. 2017. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

NGIDI, M. E. et al. Effects of calcium soaps of long-chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and ruminal metabolism of steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 2555-2565, 1990.

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, n. 89, p. 2546-2555, 2011.

OLIVEIRA, D. M. **Expressão de genes envolvidos no metabolismo lipídico no músculo de bovinos de corte alimentados com fontes de lipídeos**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 275-286, 1998.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 299-322.

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.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: **SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE**, 10., 2016, Viçosa. Anais... v.1. Viçosa/MG: UFV, 2016. p. 103-120.

PUTRINO, S. M. et al. Exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de novilhos Nelore alimentados com dietas contendo grão de milho úmido e gordura protegida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, p. 301-308, 2006.

RAYALAM, S.; BAILE, C. A. Adipocyte growth and factors influencing adipocyte life cycle. In: SYMONDS, M. E. (Ed). **Adipose tissue biology**. Switzerland: Springer, 2012. p. 195-226.

ROSSATO, L. V. **Composição lipídica da carne bovina de rebanhos comerciais em diferentes sistemas de terminação e grupos genéticos**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SANTAROSA, L. C. **Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos alimentados com lipídeos e ionóforo**. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SCOLLAN, N. D. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with quality. **Meat Science**, Barking, v. 97, p. 384-394, 2014.

SILVA, S. L. et al. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 1426-1432, 2007.

SMITH, S. B. et al. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. **Animal Science Journal**, Tokyo, v. 77, p. 478-486, 2006.

SOUZA, A. A. A. **Características físico-químicas e sensoriais da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) alimentados com diferentes fontes de lipídios e de selênio**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

TUME, R. K. The effects of environmental factors on fatty acid composition and the assessment of marbling in beef cattle: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, p. 663-668, 2004.

ULTRASOUND GUIDELINES COUNCIL - UGC. Field technician study guide, Pleasantville, 2012. Disponível em:

<http://www.ultrasoundbeef.com/uploads/Study_Guide_Chapters_-_2012.zip> Acesso em: 03 nov. 2017.

ULBRICHT, T. L.V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, n. 8773, p. 985-992, 1991.

UTEMBERGUE, B. L. **Estudo da expressão de genes associados ao perfil de ácidos graxos em bovinos Nelore confinados**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 161-189.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WATERS, S. M. et al. Effect of level and duration of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on the transcriptional regulation of Delta9-desaturase in muscle of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 244-252, 2009.

WHEELER, T. L. et al. Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data. **Proceedings of the Reciprocal Meat Conference**, Savoy, v. 50, p. 68-77, 1997.

WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.

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

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES

O fornecimento de fontes de lipídios é uma estratégia eficiente em confinamentos, para aumentar a densidade energética e diminuir custos com a dieta. Neste sentido, o uso de lipídios protegidos representa grande vantagem do ponto de vista prático, pois permite maior adensamento energético da dieta com menor porcentagem de inclusão, já que o produto possui ao redor de 85% de extrato etéreo e, por ser um ingrediente sólido, facilita a mistura da ração.

Além disso, apesar de resultados controversos encontrados na literatura, acredita-se que o caroço de algodão possa prejudicar o sabor da carne. Desta forma, confinamentos que visam a produção de carne de qualidade ou *gourmet* não costumam utilizar este ingrediente, para minimizar possíveis interferências nas características sensoriais da carne.

Neste cenário, foi desenvolvido um produto comercial composto por uma mistura de óleos vegetais protegidos da degradação ruminal. O *Blend* foi formulado com ácidos graxos específicos, que podem aumentar a expressão de genes que codificam enzimas adipogênicas, com o objetivo de aumentar o teor de gordura intramuscular da carne, além de melhorar o desempenho dos animais.

Nas condições experimentais utilizadas, o *Blend* não diferiu das dietas Coprodutos e Mix para grande parte dos parâmetros avaliados. Entretanto, não houve um tratamento controle, sem adição de lipídios, para avaliar os benefícios ou efeitos de dietas com maior teor de extrato etéreo.

Além disso, a ingestão de massa seca foi abaixo da esperada, principalmente após o início do fornecimento das dietas de terminação. A troca de dieta proporcionou uma queda acentuada no fornecimento de volumosos, de cerca de 20% para 11,8% de bagaço de cana, o que pode ter causado algum desconforto ou distúrbio ruminal, principalmente nas dietas contendo gorduras protegidas, formuladas com maior porcentagem de milho e, portanto, maior teor de amido.

Apesar da proteção por sais de cálcio, em situações de pH baixo, os lipídios protegidos podem se dissociar e sofrer biohidrogenação ruminal. No presente estudo, Melo (2018) observou pH sanguíneo abaixo da normalidade para os grupos *Blend* e *Nutrigordura*, além de maior concentração de lactato no sangue para as dietas com

adição de lipídios protegidos. Sendo assim, acredita-se que o maior teor de amido nestas dietas proporcionou maior produção de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, que ocasionou em queda no pH ruminal e possível dissociação do complexo entre os sais de cálcio e as gorduras. Desta forma, o perfil de ácidos graxos ingerido via alimento não o mesmo absorvido no intestino, devido à biohidrogenação ruminal.

Portanto, acredita-se que melhores resultados seriam obtidos caso houvesse inclusão de um ingrediente que contivesse fibras longas, como feno, para proporcionar maior ruminação e tamponamento ruminal.