

Bárbara Cardoso da Mata e Silva

**PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE VACAS HOLANDÊS X GIR SOB
PASTEJO EM *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MARANDU**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal

Orientador: Prof. Dr. Norberto Mario Rodriguez
Co-orientadores: Dr. Fernando César Ferraz Lopes
Dr. Diogo Gonzaga Jayme

Belo Horizonte
UFMG – Escola de Veterinária
2015

S586p Silva, Bárbara Cardoso da Mata e, 1985-
Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês X Gir sob pastejo em
Brachiaria brizantha cv. Marandu / Bárbara Cardoso da Mata e Silva. – 2015.
127 p. : il.

Orientador: Norberto Mario Rodriguez
Co-orientadores: Fernando César Ferraz Lopes, Diogo Gonzaga Jayme
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Vaca – Alimentação e rações – Teses. 2. Nutrição animal – Teses. 3. Pastejo –
Teses. 4. Ácidos graxos – Teses. 5. Capim Braquiária – Teses. I. Rodriguez, Norberto
Mario. II. Lopes, Fernando César Ferraz. III. Jayme, Diogo Gonzaga. IV. Universidade
Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. V. Título.

CDD – 636.214 085

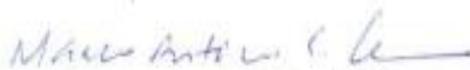
Tese defendida e aprovada em 20 de agosto de 2015 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



Dr. Norberto Mario Rodriguez
(Presidente da banca)



Dr. Fernando César Ferraz Lopes



Dr. Marco Antônio Sundfeld da Gama



Dr. Mario Henrique França Mourthé



Dr. Mirton José Fjota Morenz

*“Deus nos concede a cada dia uma página de vida nova no livro do tempo.
Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.”*
(Chico Xavier)

*“Lembremo-nos de que o homem interior se renova sempre. A luta enriquece-o de
experiência, a dor aprimora-lhe as emoções e o sacrifício tempera-lhe o caráter.”*
(Chico Xavier)

*“O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa,
sossega depois desorienta, o que ela quer da gente é coragem.”*
(Guimarães Rosa)

*“Eu sou parte de uma equipe. Então, quando venço, não sou eu apenas quem vence.
De certa forma termino o trabalho de um grupo enorme de pessoas!”*
(Ayrton Senna)

*A Deus, aos meus pais Lúcia e Carlos, ao meu irmão Gustavo, a minha família
e a Fernando César*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela proteção, ensinamentos e pelas dificuldades que conseqüentemente levaram ao fortalecimento pessoal. Aprendi bastante durante essa fase da minha vida e agradeço pela oportunidade de mais essa vitória.

À minha mãe, pelas palavras sábias de incentivo e apoio em todos os momentos, mobilizando esforços para que pudesse sempre estar bem.

Ao meu pai e irmãos pelo auxílio para a realização deste sonho.

A minha família por compreender a minha ausência, pela torcida e por proporcionar momentos inesquecíveis. Aos meus avós pela eterna proteção.

A Universidade Federal de Minas Gerais, pela oportunidade da realização do curso.

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UFMG e aos seus funcionários.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

As amigas da Embrapa Gado de Leite, em especial ao Afrânio, Albert, Alexandre (maluco Jr.), Carol Banni, Danizoca, Débora (Bah Tchê), Igor, Ellen, Esthefânia, Juliana Pereira, Ju (Juliana Dias), Larissa Lavorato, Priscila, Tainá e Vinícius, muito obrigada pelas risadas, apoio e colaboração na condução do experimento, tornando mais fácil a execução deste trabalho.

A todos os funcionários da Embrapa Gado de Leite pela receptividade, companheirismo e carinho. Em especial ao Ernando, Hernani, Sr. Mariano, Tetesco, Léo, Marquinho, Reginaldo, Binha, Mengo, Meirinha e seu Moreira.

Aos eternos amigos, Carina, Lúcio Cléber, Isabela e a minha turma de Zootecnia/UFMG que mesmo cada um em um local, a amizade e o apoio nunca faltaram.

As colegas de curso da Pós, Denise, Karen, Mariana, Marilane, Tânia e Thasia que na hora do desespero não faltou boas risadas.

A Anna Christina que acreditou em mim, sempre me incentivando e apoiando.

Ao meu orientador Norberto, pela oportunidade, pelas conversas e valiosos ensinamentos.

Ao co-orientador Fernando César, palavras não resumem o ser humano que tive prazer em conhecer, quero agradecer pelo apoio, o carinho e auxílio durante essa caminhada, com você aprendi muito como profissional e como pessoa, minha eterna gratidão!

Ao Mirton pelo auxílio na estatística, pelos conselhos e pelas boas risadas.

Ao Marco Gama pelo apoio na elaboração do experimento, pelos ensinamentos e pelo carinho.

Aos pesquisadores Carlos Gomide e Domingos, agradeço o apoio.

Ao pessoal do Laboratório de Nutrição Animal da UFMG, em especial ao Toninho, sempre disposto a ajudar.

Ao casal Cecília e Felipe, pela companhia nas horas extras de laboratório e pelo auxílio na elaboração das análises.

A Diná que entrou na minha vida no momento em que caí, me auxiliando a levantar.

Não posso deixar de agradecer as minhas “meninasss” fonte de toda minha inspiração.

Enfim, quero agradecer a todos que estiveram ao meu lado me auxiliando durante essa fase da minha vida. Tive a oportunidade de estar na Escola de Veterinária e por fim, na Embrapa Gado de Leite, momento que nunca irei esquecer devido às pessoas maravilhosas que tive o prazer de conviver e que contribuíram de forma significativa para o meu conhecimento profissional e pessoal.

Deixo o meu imenso agradecimento a todos que fizeram parte em mais essa etapa da minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10	
LISTA DE TABELAS.....	11	
ABREVIACOES.....	13	
INTRODUÇÃO GERAL	15	
CAPÍTULO I		
REVISÃO DA LITERATURA		
1	Lipídios e o ácido linoleico conjugado (CLA) no leite de vacas.....	17
2	Metabolismo de lipídios em ruminantes.....	19
2.1	Lipólise e Bio-hidrogenação.....	19
2.2	Fases abomasal e intestinal.....	23
2.3	Metabolismo de lipídios no tecido adiposo.....	25
2.3.1	Lipogênese.....	26
2.3.2	Lipólise.....	27
2.4	Metabolismo de lipídios na glândula mamária.....	28
3	óleo de girassol.....	31
4	Efeito da suplementação lipídica sobre a composição do leite de vacas.....	32
5	<i>Brachiaria brizanta</i> cv. Marandu.....	37
6	Manejo de pastagem de acordo com a interceptação luminosa.....	37
7	Metabolismo de ácidos graxos em gramíneas.....	40
8	Perfil de ácidos graxos em gramíneas tropicais.....	42
9	Fatores que afetam a concentração e composição de ácidos graxos em gramíneas.....	45
9.1	Sazonalidade e maturidade da planta forrageira.....	45
9.2	Manejo da pastagem.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49
CAPÍTULO II		
PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS NO LEITE DE VACAS HOLANDÊS X GIR SOB PASTEJO EM CAPIM-MARANDU		
	RESUMO	69
	ABSTRACT	70

INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	72
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
CAPÍTULO III	
ÁCIDOS GRAXOS NO LEITE DE VACAS SOB PASTEJO EM CAPIM-MARANDU SUPLEMENTADO COM ÓLEO DE GIRASSOL	
RESUMO	95
ABSTRACT	96
INTRODUÇÃO	96
MATERIAL E MÉTODOS	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	102
CONCLUSÕES	111
REFERÊNCIAS.....	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1** – Representação esquemática de ácidos graxos com configuração *cis*, *trans* e saturado, como os ácidos oleico, elaídico e esteárico, respectivamente.....18
- Figura 2** – Vias predominantes de bio-hidrogenação dos ácidos linoleico e α -linolênico no rúmen, em pH não ácido.....21
- Figura 3** – Vias metabólicas do ácido linoleico no rúmen. Setas com linhas sólidas destacam a principal via de bio-hidrogenação, enquanto que setas com linhas tracejadas descrevem a formação de metabólitos minoritários.....22
- Figura 4** – Vias predominantes de bio-hidrogenação dos ácidos linoleico e α -linolênico no rúmen, em pH ácido.....23
- Figura 5** – Metabolismo de ácidos graxos no rúmen e a origem do CLA *cis*-9 *trans*-11 no leite.....29
- Figura 6** – Efeito da infusão abomasal de ácido estercúlico sobre os teores dos ácidos rumênico (círculos fechados) e vacênico (círculos abertos) na gordura do leite.....30
- Figura 7** – Produção mundial de óleo de girassol para a safra 2014/15.....31
- Figura 8** – Síntese de ácidos graxos nos cloroplastos.....41
- Figura 9** – O palmitato é o precursor do estearato e de outros ácidos graxos saturados mais longos, bem como do ácido monoinsaturado oleato. As plantas podem converter oleato em α -linoleato..... 42

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Figura 1** – Teores de gordura e de ácidos graxos - AG (g/100 g de AG totais) no leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu em função do dia transcorrido desde o início do fornecimento de concentrado com inclusão (\blacktriangle) ou não (\blacksquare ----) de óleo de girassol.....121

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 – Composição química e perfil de ácidos graxos (AG) de gramíneas tropicais...44

Tabela 2 – Efeito do mês de amostragem (Hemisfério Norte) na composição de ácidos graxos - AG (g/100 g de AG totais) em gramíneas de clima temperado46

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Efeito do método de manejo da pastagem e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre as concentrações de metabólitos e de ácidos graxos do plasma (g/100 g de ácidos graxos totais) de vacas Holandês x Gir.....89

Tabela 2 – Efeito do método de manejo da pastagem e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o consumo estimado de pasto e nutrientes e sobre o teor de proteína bruta (% da matéria seca) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca.....90

Tabela 3 – Efeito do método de manejo da pastagem e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre a produção de leite e componentes, e sobre o teor de nitrogênio ureico do leite.....91

Tabela 4 – Efeito do método de manejo da pastagem e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o teor e consumo de ácidos graxos do pasto92

Tabela 5 – Efeito do método de manejo da pastagem e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite (g/100 g de AG totais) e a relação entre AG hipo e hipercolesterolêmicos.....93

Tabela 6 – Efeito do método de manejo da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre as concentrações de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir e sobre os índices de qualidade nutricional da gordura do leite.....94

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Composição química do pasto nos três períodos de avaliação e composições centesimal e química dos concentrados sem ou com inclusão de óleo de girassol (OG).....116

- Tabela 2** – Efeito da suplementação do pasto de capim-Marandu com óleo de girassol (OG) sobre as concentrações de metabólitos e de ácidos graxos (AG) no plasma de vacas Holandês x Gir em lactação.....117
- Tabela 3** – Efeito da suplementação com óleo de girassol (OG) sobre o consumo estimado de matéria seca (MS) de pasto e de nutrientes, sobre a produção e o teor de extrato etéreo (EE) nas fezes, e sobre a produção e a composição do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu.....118
- Tabela 4** – Efeito do dia de avaliação e da suplementação com óleo de girassol (OG) sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu e sobre a relação entre AG ω -6 e ω -3.....119
- Tabela 5** – Efeito da suplementação com óleo de girassol (OG) sobre os índices de qualidade nutricional da gordura e sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu.....120

ANEXOS

- Tabela 1** – Produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas sob pastejo em forrageiras tropicais sem suplementação com fontes lipídicas.....123
- Tabela 2** – Produção (kg/vaca/dia), composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas sob pastejo em forrageiras tropicais suplementadas com fontes lipídicas.....124
- Tabela 3** – Composição química do pasto e consumo de matéria seca (MS) por vacas em lactação em pastagens de *Brachiaria* spp.....126
- Tabela 4** – Dados meteorológicos médios do município de Coronel Pacheco (MG) durante o período experimental (Janeiro de 2012 a Maio de 2012) de avaliação do perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês x Gir em diferentes métodos de pastejo.....127
- Tabela 5** – Dados meteorológicos médios do município de Coronel Pacheco (MG) durante o período experimental (Dezembro de 2012 a Fevereiro de 2013) de avaliação do perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês x Gir em diferentes métodos de pastejo.....128

ABREVIACÕES

AG: cido graxo

AGCIR: cidos graxos de cadeia ímpar e ramificada

AGI: cido graxo insaturado

AGNE: cidos graxos não esterificados

AGPI: cido graxo poli-insaturado

AGCL: cido graxo de cadeia longa

AGS: cido graxo saturado

AGSin: cido graxo sintetase

AGT: cidos graxos totais

BH: bio-hidrogenação

CLA: cido linoleico conjugado

CMS: consumo de mteria seca

CP: ciclo de pastejo

CT: consumo total

DIVMS: digestibilidade *in vitro* da mteria seca

DGL: depressão da gordura do leite

EDTA-K₃: cido etilenodiaminotetra-acético tripotássico

EE: extrato etéreo

EPM: erro-padrão da média

FDA: fibra insolúvel em detergente cido

FDN: fibra insolúvel em detergente neutro

g: gramas

h/H: relação entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos

IA: ndice de Aterogenicidade

IAF: ndice de área foliar

IFRA: interceptação da radiação fotossinteticamente ativa

IT: ndice de Trombogenicidade

kg: kilogramas

LDL: lipoproteína de baixa densidade

LPL: lipoproteína lipase

LSH: lipase hormônio sensível

MP: método de pastejo

MS: matéria seca

OG: óleo de girassol

P: probabilidade

PB: proteína bruta

ST: sólidos totais

TG: triglicerídeo

V:C: relação volumoso:concentrado

VLDL: lipoproteína de muito baixa densidade

%PV: consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo

Σ : somatório

ω -6/ ω -3: relação entre os ácidos graxos ômega 6 e ômega 3

INTRODUÇÃO GERAL

Diversas pesquisas foram realizadas para alterar a composição da gordura do leite, tornando-a mais adequada ao consumo humano. Com foco na redução do risco de doenças cardiovasculares tem-se buscado a diminuição dos teores dos ácidos graxos saturados de cadeia média, e incremento da concentração do ácido oleico no leite. Por suas propriedades anticarcinogênicas tem sido também alvo das pesquisas elevar as concentrações dos ácidos linoleicos conjugados (CLA), cujo principal isômero no leite bovino é o ácido rumênico, além de seu precursor na síntese endógena na glândula mamária, o ácido vacênico.

Um importante aspecto que normalmente implica em mudanças positivas no perfil de ácidos graxos da gordura do leite de ruminantes diz respeito à suplementação de dietas com fontes lipídicas ricas em ácidos oleico, linoleico e/ou α -linolênico, tais como óleos e grãos, ou com coprodutos da agroindústria de alimentos ou da produção de biocombustível, tais como tortas gordas de oleaginosas ou oleíferas.

Além disso, comparativamente, o leite de vacas manejadas sob pastejo apresenta, potencialmente, gordura com maiores concentrações dos ácidos rumênico e vacênico que o de vacas recebendo dietas baseadas em forragens conservadas, como fenos e silagens. Nesse contexto, a grande maioria dos trabalhos com resultados de perfil de ácidos graxos no leite de vacas foram realizados em países de clima temperado, com dietas baseadas em forrageiras de ciclo fotossintético C₃.

Mesmo havendo grande potencial, são raros os trabalhos deste gênero, onde gramíneas tropicais, de ciclo fotossintético C₄, foram utilizadas como base das dietas. Da mesma forma, há poucos estudos com resultados de perfil de ácidos graxos na gordura do leite de vacas manejadas sob condição de pastejo em forrageiras tropicais.

A despeito da associação dietética de óleos vegetais com forrageiras tropicais fornecidas frescas para vacas apresentar grande potencial para alterar positivamente a composição da gordura do leite em termos de nutrição e saúde humana, são poucos os artigos sobre o tema disponíveis na literatura.

Outro aspecto importante do estudo dos efeitos da inclusão de óleo em dietas de vacas leiteiras sobre os teores dos ácidos rumênico e vacênico e não encontrado na literatura tropical, diz respeito ao dia após início do fornecimento das dietas em que os valores máximos são alcançados, bem como à própria persistência de elevadas concentrações destes ácidos graxos no leite, importante do ponto de vista mercadológico,

pois asseguram à indústria de laticínios qualidade da matéria prima e manutenção de níveis mínimos destes ácidos graxos no leite e derivados lácteos, permitindo sua ininterrupta comercialização.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar duas estratégias de manejo de pastagem, além do efeito da suplementação com óleo de girassol sobre o perfil de ácidos graxos do pasto, bem como do plasma e do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1. Lipídios e o ácido linoleico conjugado (CLA) no leite de vacas

Lipídios são compostos solúveis em solventes orgânicos como éter, clorofórmio e benzeno, e apresentam como blocos construtores os ácidos graxos (AG), que são ácidos carboxílicos de cadeias hidrocarbonadas (Nelson e Cox, 2011). Tais cadeias podem ser saturadas, insaturadas, lineares ou ramificadas, e sua extensão, insaturação e ramificação modificam as características químicas das moléculas e as funções biológicas (Champe et al., 2009).

A classe mais comum de lipídios na natureza possui AG ligados por ligações éster ao glicerol ou outro álcool e podem ser divididos em lipídios simples ou complexos. Os lipídios simples possuem em sua estrutura apenas Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O), combinados a algum tipo de álcool, tendo como exemplo os glicerídeos, que são ésteres formados pela junção de AG e glicerol, como encontrados em gorduras e óleos (Nelson e Cox, 2011). Lipídios complexos ou compostos apresentam além dos elementos contidos nos lipídios simples (C, H e O), átomos de fósforo ou nitrogênio, como exemplo, fosfolipídeos e glicolipídeos, sendo os primeiros, constituídos por ésteres de AG, ácido fosfórico e álcool. Já os glicolipídeos possuem ésteres de AG, carboidrato (galactose ou glicose) e álcool (Champe et al., 2009) e são os principais encontrados em plantas forrageiras.

Os AG são compostos sintetizados via condensação de duas unidades de carbono (malonil-CoA), derivado a partir do acetil-CoA e pela ação do complexo ácido graxo sintetase (AGSin), formando assim os ácidos graxos saturados (AGS), processo este que ocorre tanto em plantas como em animais e que será detalhado posteriormente. Ao adicionar uma dupla ligação (dessaturação) no AGS formado, produz-se AG monoinsaturado e com a inclusão de duas ou mais ligações, são caracterizados como AG poli-insaturados (AGPI) (Gurr et al., 2002).

Com relação à configuração geométrica da dupla ligação desses AG, os átomos de H podem estar na forma *cis* (do mesmo lado) ou *trans* (lados opostos) (Collomb et al., 2006), como ilustrado na Figura 1.

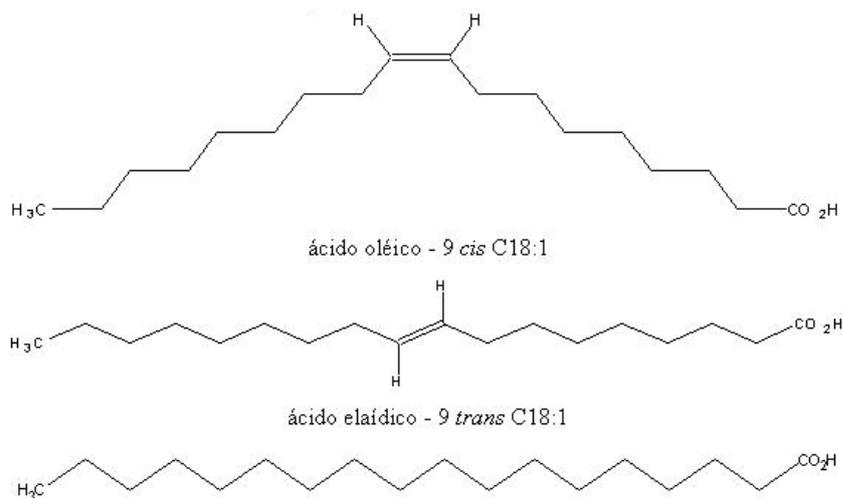


Figura 1. Representação esquemática de ácidos graxos com configuração *cis*, *trans* e saturado, como os ácidos oleico, eláidico e esteárico, respectivamente. Fonte: Vasconcelos Costa et al. (2006)

Nesse contexto, a nomenclatura dos AG está relacionada à posição da primeira ligação dupla a partir da extremidade metil (x), sendo então apresentada sob a notação ω -x. Assim, os ácidos linoleico (C18:2 *cis*-9 *cis*-12 ou ácido octadecadienoico) e α -linolênico (C18:3 *cis*-9 *cis*-12 *cis*-15) serão, respectivamente, C18:2 ω -6 e C18:3 ω -3 (Elgersma et al., 2006).

Quando as duplas ligações se alternam (-C=C-C=C-) separadas por uma ligação simples, os AG são referidos como conjugados (Pariza et al., 2001), tendo como exemplo um grupo de AGs chamado de ácido linoleico conjugado (CLA, do inglês *Conjugated Linoleic Acids*).

CLA é um termo coletivo de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoleico, e recentemente tem havido grande interesse nesses compostos por suas propriedades anticarcinogênicas, antiobesidade, antiaterosclerótica e antidiabetogênica na saúde humana (Barendse, 2014).

O leite e seus derivados são a principal fonte de CLA na dieta de humanos, contribuindo com 66 a 80% do total consumido (van Wijlen e Colombani, 2010), sendo a concentração típica no leite de 3-6 g/kg de gordura, contendo vários isômeros geométricos e posicionais, sendo o ácido rumênico (CLA *cis*-9 *trans*-11) o principal, representando 75-90% (Tanaka, 2005).

Desse modo, tem sido também alvo das pesquisas elevar a concentração do principal isômero de CLA, o ácido rumênico, e de seu precursor para síntese endógena na glândula mamária, o ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) (Lopes et al., 2011a).

O ácido rumênico é sintetizado como intermediário durante a bio-hidrogenação (BH) do ácido linoleico para ácido esteárico no rúmen, por meio da ação da bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens* (Kepler et al., 1966) ou a partir da conversão endógena do ácido vacênico, pela ação da enzima Δ^9 -desaturase na glândula mamária (Corl et al., 2001).

Mas sob certas situações dietéticas, como o incremento da quantidade de carboidratos solúveis na dieta, há o aumento da produção de alguns outros CLAs que atuam na glândula mamária como potentes inibidores da síntese de gordura do leite (Bauman e Griinari, 2001), sendo que o primeiro identificado foi o CLA *trans*-10 *cis*-12 (Baumgard et al., 2000) e mais recentemente, Perfield et al. (2007) demonstraram que o CLA *trans*-9 *cis*-11 também promove redução na síntese de gordura do leite.

Outros fatores dietéticos que podem afetar o conteúdo de ácido rumênico no leite seriam a suplementação da dieta com fontes lipídicas ricas em AGPI, e também por meio do fornecimento de forragem fresca se comparado à conservada, incrementando não só a quantidade de ácido rumênico como de AGPI secretados no leite (Griinari e Bauman, 1999). Esses fatores serão abordados mais detalhadamente ao longo do trabalho.

2. Metabolismo de lipídios em ruminantes

O metabolismo de lipídios no rúmen é determinante na composição de AG no tecido e no leite de ruminantes, sendo inicialmente limitado pela taxa de liberação da matriz do alimento, tendo como exemplo os grãos, em que a maioria dos lipídios encontra-se no germe, necessitando que a parede celular se degrade para que a hidrólise dos mesmos se inicie (Palmquist e Mattos, 2006).

2.1 Lipólise e Bio-hidrogenação

Posteriormente à degradação da matriz do alimento, as principais transformações dos AG da dieta no rúmen são: a lipólise e a BH. Primeiramente, ocorre a hidrólise (lipólise) das ligações éster entre os AG e o glicerol por enzimas lipolíticas (lipases) de

microrganismos, liberando AG livres, açúcares e glicerol, sendo este último rapidamente convertido a ácidos graxos voláteis, principalmente, propionato e butirato.

Quanto maior o grau de insaturação do AG, mais elevada será a taxa de lipólise (Van Soest, 1994), que é dependente também da frequência de alimentação (NRC, 2001) e da composição da dieta, incluindo a maturidade da forragem, além do tamanho da partícula de alimento ingerida. Quanto menor for o tamanho da partícula da dieta, a aderência de bactérias ao fragmento é reduzida e a taxa de passagem através do rúmen é aumentada, minimizando a exposição da digesta à atividade microbiana (Gerson et al., 1985).

A formação de um grupo carboxila livre após a etapa da lipólise é o primeiro passo crítico antes da BH, pois os AG devem estar na forma livre (não esterificada) para a atuação da enzima *trans*-11 isomerase, que converte *cis*-12 a *trans*-11 (Figura 2) (Bauman et al., 2003). Outro importante fator neste processo é o pH ruminal, pois as principais bactérias responsáveis pela síntese de enzimas lipolíticas, como a *Anaerovibrio lipolytica* e *B. fibrisolvens*, possuem maior atividade em pH acima de 6,0; e neste contexto, a redução do pH inibe a lipólise (Jenkins, 1993).

Como a maioria dos AG presentes no alimento estão na forma insaturada, a BH os converte a saturados, pela hidrogenação das duplas ligações, catalisadas por enzimas microbianas, fato este utilizado pelos microrganismos como forma de proteção em função dos efeitos tóxicos dos ácidos graxos insaturados (AGI) (Palmquist e Jenkins, 1980), tendo como produtos intermediários principalmente AG *trans* (Harfoot e Hazlewood, 1988). Essas vias são bem descritas para os ácidos linoleico e α -linolênico (Figura 2), mas em outros AG não são totalmente esclarecidas.

A primeira etapa da BH dos ácidos linoleico e α -linolênico envolve a reação de isomerização das duplas ligações que converte *cis*-12 a *trans*-11 pela ação da enzima *trans*-11 isomerase, formando o ácido rumênico (CLA *cis*-9 *trans*-11) quando em ácido linoleico, e C18:2 *cis*-9 *trans*-11 *cis*-15, quando em α -linolênico (Figura 2). Logo após, ocorre a redução das duplas ligações *cis*-9 pela redutase microbiana, com a formação de ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), via ácido linoleico. O passo final da BH ruminal envolve a hidrogenação adicional da dupla ligação *trans*-11, podendo produzir C18:0 (ácido esteárico), C18:1 *trans*-15, C18:1 *cis*-15 ou C18:1 *trans*-10, este último quando em baixo pH, como será relatado posteriormente (Khanal e Dhiman, 2004).

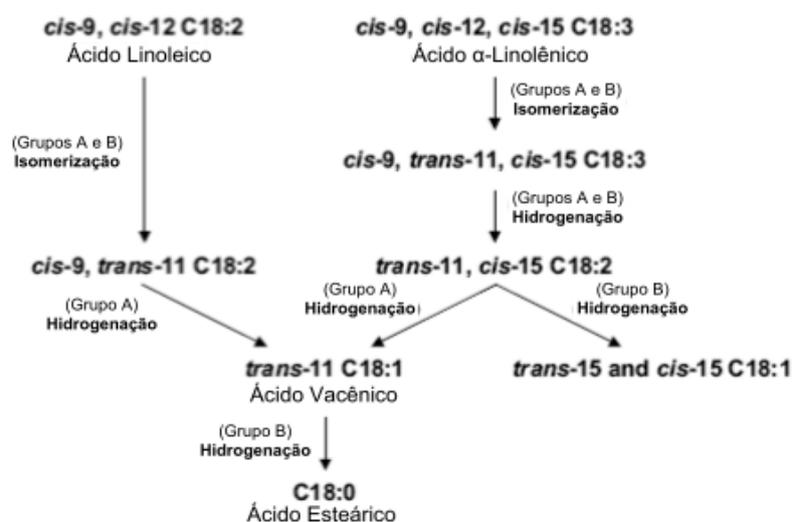


Figura 2. Vias predominantes de bio-hidrogenação dos ácidos linoleico e α -linolênico no rúmen, em pH não ácido
 Fonte: Adaptado de Khanal e Dhiman (2004)

A BH pode também ser incompleta, com a saída de alguns AG do rúmen, incluindo isômeros que causam a depressão da gordura do leite como o CLA *trans-10 cis-12*, principalmente, em baixo pH (Bauman et al., 2011).

Os principais intermediários de AG produzidos a partir do metabolismo ruminal do ácido linoleico são os ácidos vacênico e rumênico. No entanto, a dinâmica das rotas de BH permite a produção de grande variedade de isômeros posicionais e geométricos, como ilustrado na Figura 3, que são absorvidos e incorporados na gordura do leite em concentrações variadas (Vargas-Bello-Pérez e Garnsworthy, 2013).

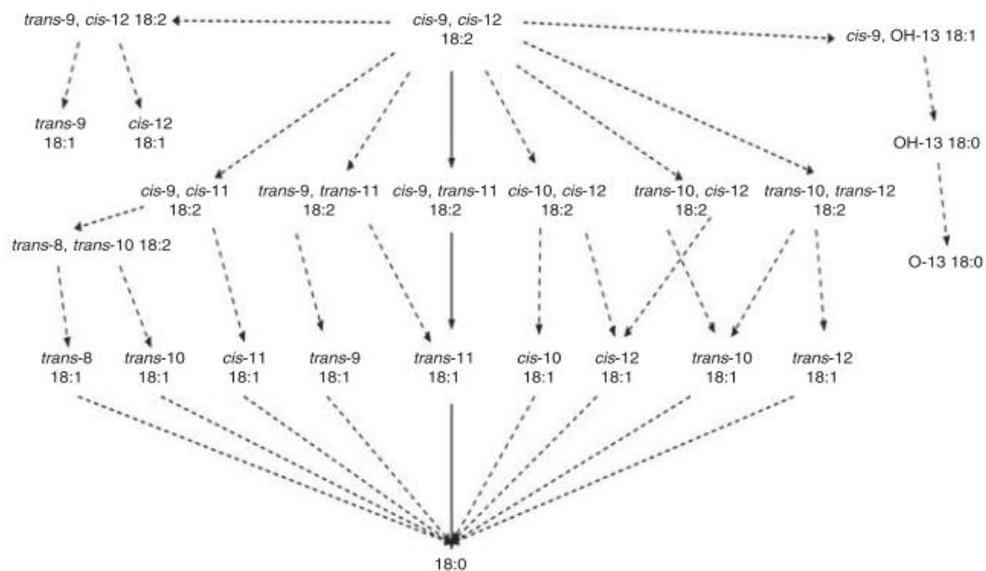


Figura 3. Vias metabólicas do ácido linoleico no rúmen. Setas com linhas sólidas destacam a principal via de bio-hidrogenação, enquanto que setas com linhas tracejadas descrevem a formação de metabólitos minoritários.
 Fonte: Shingfield et al. (2010)

Em condições de baixo pH, como por exemplo, devido ao incremento na concentração de carboidratos altamente fermentáveis na dieta, ocorre modificação na população microbiana (bactérias acidófilas), influenciando nas rotas de BH (Figura 4), que são direcionadas para a síntese de C18:1 *trans*-10 e para CLA *trans*-10 *cis*-12, conhecidos por reduzir o teor de gordura no leite (Bauman e Griinari, 2001).

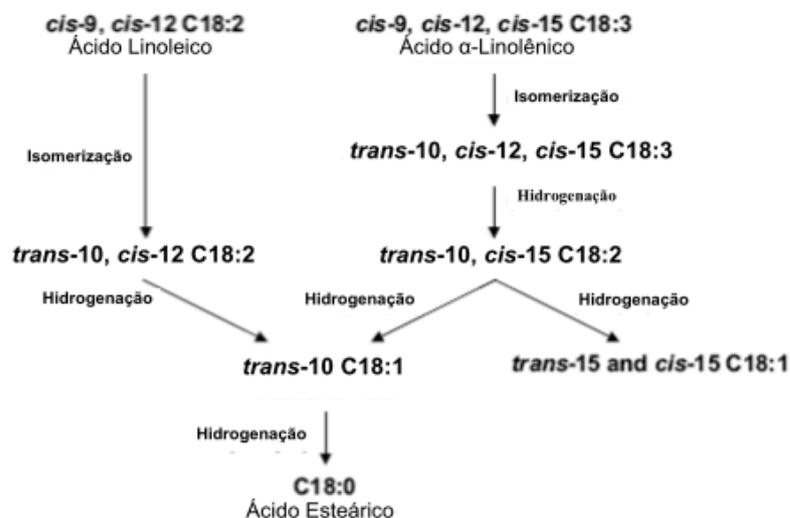


Figura 4. Vias predominantes de bio-hidrogenação dos ácidos linoleico e α -linolênico no rúmen, em pH ácido.
Fonte: Adaptado de Khanal e Dhiman (2004)

As evidências sugerem que a via de saturação da BH em pH não ácido é realizada quase que exclusivamente por bactérias ruminais, dispostas em dois grupos, A e B. O grupo A tem como principais bactérias a *B. fibrisolvens*, *Ruminococcus albus* e *Ruminococcus flavifaciens*, que forma como intermediário, o ácido rumênico, e como produto final, o ácido vacênico (Figura 2). O grupo B é representado pelas bactérias *Fusocillus* ssp. e *Butyrivibrio proteoclasticus*, que convertem AGPI a ácido esteárico (Buccioni et al., 2012).

E por fim, os AG reagem com íons cálcio no rúmen, formando sabões de Cálcio (Ca) insolúveis e assim atóxicos. Cerca de 2/3 dos AG ruminais estão nessa forma, sendo este processo dependente do pH (Palmquist e Mattos, 2006) e da disponibilidade de Ca. Desse modo, como o fornecimento de lipídios na dieta promove redução da concentração de íons Ca disponíveis para a vaca, há necessidade de suplementação da dieta com esse mineral (Doreau e Ferlay, 1995).

2.2 Fases abomasal e intestinal

Nas condições ácidas do abomaso (pH = 3), ocorre a dissociação dos sabões de Ca, e os AG voltam à forma livre, agora aderidos às partículas dos alimentos (Drackley, 2004).

Aproximadamente 85 a 95% dos AG que atingem o duodeno estão nessa forma (Buccioni et al., 2012).

Como não há absorção significativa ou modificação dos AG de cadeia longa (AGCL) ou média no omaso ou abomaso, o material disponível para absorção no intestino delgado é semelhante ao que sai do rúmen (Moore e Christie, 1984). Portanto, em função da BH, ácido esteárico (C18:0) e vários isômeros de C18:1 são os principais AG, observando que, aproximadamente, 10 a 15% são fosfolipídios microbianos, e fazem parte desse grupo os AG 13:0 *iso*, C14:0 *iso*, C15:0, C15:0 *iso*, C15:0 *anteiso*, C16:0 *iso*, C17:0 *iso* e C17:0 *anteiso*, além de pequenas quantidades de triglicerídeos e glicolipídios (NRC, 2001).

A digestão e a absorção dos lipídeos podem ser divididas em quatro fases: emulsificação, hidrólise, formação e absorção de micelas. A absorção dos AG ocorre predominantemente na região do jejuno, mas antes disto faz-se necessário que o material lipídico seja solubilizado, sendo a bile e as secreções pancreáticas requeridas para este processo (Lock et al., 2005).

A emulsificação é o processo de redução das gotículas dos lipídeos em tamanho que formem suspensões estáveis em água ou em soluções aquosas (Drackley, 2000). Esse processo tem seu início no abomaso, onde os lipídios são aquecidos à temperatura corporal e submetidos à intensa mistura e agitação. Os glóbulos lipídicos são decompostos em gotículas que passam para o intestino delgado e, nesse compartimento, a emulsificação se completa pela ação dos sais biliares, formando micelas, pequenos aglomerados hidrossolúveis.

Normalmente, o coeficiente de absorção intestinal de AG é de 80% para AGS e de 95% para AGI em dietas convencionais, em que o teor de gordura varia de 2 a 3% da matéria seca (MS) (Bauchart, 1993). Esse fato se confirma pelos resultados da metanálise de Boerman et al. (2015) nos quais, tanto o C18:1 quanto o C18:3 tiveram elevada digestibilidade (81,6 e 79,2%, respectivamente) se comparado a C18:0 (73,3%) em dietas sem suplementação lipídica. Isso leva a crer que a diminuição da BH ruminal aumenta a digestibilidade intestinal do lipídio, resultando em benefícios para o animal.

A digestibilidade do AG reduz com a inclusão de fontes lipídicas na dieta (Palmquist, 1991), além também da variação devido ao tipo de gordura, verificando que sementes inteiras possuem menor digestibilidade (Boerman et al., 2015).

Assim, AGS são absorvidos mais lentamente que os AGI e a facilidade de absorção é reduzida com a diminuição do comprimento da cadeia carbônica (Van Soest, 1994). Nesse cenário, Doreau e Ferley (1995) compilaram valores de digestibilidade média de 77%, 85%, 83% e 76% para AG de 18 carbonos com zero, uma, duas e três duplas ligações, respectivamente.

Dessa forma, após a absorção dos AG pelas células intestinais (enterócitos) ocorre sua re-esterificação em triacilgliceróis (TG), por meio da combinação com glicerol produzido a partir do metabolismo de glicose (Demeyer e Doreau, 1999). Os TG são empacotados em partículas de lipoproteínas (quilomícrons ou lipoproteínas de muito baixa densidade, as VLDL) em combinação com colesterol, fosfolípidos e proteínas específicas chamadas apoproteínas, utilizadas como sinal para células-alvo (Nelson e Cox, 2011). Após a formação, prosseguem por exocitose por meio da porção basal das células intestinais para os dutos linfáticos, chegando à veia jugular e então, para a circulação geral (Palmquist e Mattos, 2006).

A absorção pelo tecido-alvo de quilomícrons ou VLDL é mediada pela enzima denominada lipoproteína lipase (LPL), encontrada na parede dos capilares, que é afetada pelo tipo de dieta, prenhez e lactação (Vernon, 1980). Os AG livres, em seguida, entram nas células-alvo, formando novamente TG (como a gordura do leite) ou podem sofrer catabolismo para liberar energia abastecendo as funções celulares, tais como as contrações dos músculos esqueléticos e cardíaco (Drackley, 2004).

2.3 Metabolismo de lipídios no tecido adiposo

A função primária do tecido adiposo de mamíferos é o armazenamento de gordura como substrato, produzindo energia na forma de TG, que é utilizada durante os períodos de escassez de energia, principalmente por vacas de alta produção (Rukkwamsuk et al., 2000).

A deposição de gordura ocorre por dois processos: incorporação de AG pré-formados de lipoproteínas plasmáticas pela ação da LPL, que é a principal fonte exógena de AG; e por meio da síntese de AG, em que 90% ocorre no tecido adiposo, tendo como principal precursor o acetato (Chilliard, 1993).

2.3.1 Lipogênese

O primeiro passo da lipogênese propriamente dita é a conversão do acetil-CoA em malonil-CoA, pela ação da acetil-CoA carboxilase. Para isso são requeridos NADP⁺ reduzido, ATP e HCO⁻³ (Palmquist e Mattos, 2006). Teoricamente, 14 NADPH são necessários para a síntese de uma molécula de ácido palmítico a partir de oito moléculas de acetil-CoA, com o ciclo das pentoses contribuindo para a produção de NADPH no tecido adiposo (Vernon, 1980).

AGSin é uma grande proteína multimérica que liga o acetil-CoA ao malonil-CoA formando um composto de quatro carbonos - o beta-hidroxiacetil-CoA - com perda de CO₂ e redução de NADPH. Em seguida, o grupamento beta é desidratado e reduzido a acetil-CoA, pela ação da enol-CoA reductase, utilizando um NADPH como doador de elétrons. O acetil-CoA entra novamente no ciclo no complexo enzimático AGSin e depois de completados sete ciclos de oxidação e redução, produz o palmitil-CoA de 16 carbonos, que se desliga da molécula ACP, formando o palmitato (Nelson e Cox, 2011).

Os AG de cadeia curta e média podem entrar neste processo em qualquer etapa. Como a AGSin não é capaz de alongar os AG superiores a 16 carbonos, uma família de enzimas elongase torna-se responsável por este processo após este ponto (Ntambi, 1999).

Na próxima etapa, os AG formados são esterificados a TG, e adicionados a uma molécula de glicerol (Bell et al., 1995). A maior parte do C18:0 do tecido adiposo provavelmente vem do alongamento de C16:0, sendo este último substrato o mais utilizado para a síntese de AG nos adipócitos (Loften et al., 2014). Rukkwamsuk et al. (2000) verificaram que da porcentagem total de AG do tecido adiposo de vacas leiteiras no pós-parto, os principais foram os ácidos oleico (C18:1 *cis*-9), palmítico (C16:0) e esteárico (41,8%, 28% e 15%, respectivamente).

Nesse contexto, a insulina regula a acetil-CoA carboxilase e a AGSin, que são enzimas-chave para a lipogênese. Desse modo, sua baixa concentração reduz a atividade dessas enzimas no tecido animal, aumentando a taxa de oxidação de AG ou diminuindo o armazenamento de lipídios (Rodrigues et al., 2010).

Os lipídios são armazenados como TG em gotículas no adipócito (Chilliard, 1993) e envolvidos pela proteína perilipina, que bloqueia o acesso da lipase hormônio sensível (LSH) ao TG que, quando na forma fosforilada, é translocada para a superfície da gotícula

de gordura, hidrolisando TG. Esta regulação permite a mobilização de AG no estado de jejum e deposição no estado alimentar (Yeaman, 2004).

2.3.2 Lipólise

É o processo de hidrólise dos TG a ácidos graxos não esterificados (AGNE) sob a influência da LSH, sintetizada no citosol dos adipócitos, sendo este passo limitante para a lipólise. Ocorre principalmente durante o período de balanço energético negativo na vaca em lactação ou em resposta ao estresse, sendo mediada por hormônios metabólicos como adrenalina e glucagon, que sinalizam para a necessidade de energia (Bauman e Currie, 1980).

A enzima adenilciclase, que está localizada no plasma do adipócito, ativa a fosforilação da proteína perilipina (Yeaman, 2004), desencadeando a liberação da LSH, que hidrolisa os TG em AG livres (ou seja, AGNE) e glicerol (Sumner et al., 2007). Os AG livres são disponibilizados para a corrente circulatória, onde se ligam à albumina, sendo transportados para tecidos-alvo (Nelson e Cox, 2011).

O glicerol que não pode ser utilizado pelo tecido adiposo, devido à carência da enzima glicerol quinase, é direcionado ao fígado para formar glicose, via gliconeogênese.

O aumento das taxas de lipólise tem profundo impacto sobre o escore de condição corporal do animal, que é um indicador importante para o manejo de vacas no período de transição (Roche et al., 2009).

Durante o final da lactação e no período seco da vaca, a concentração média de AGNE no plasma é inferior a 0,2 mM/L. Desse modo, os valores começam a aumentar duas semanas antes do parto, com o pico entre 0 e 10 dias após, chegando a concentrações maiores que 0,75 mM/L, dependendo do grau de mobilização das reservas corporais (Contreras e Sordillo, 2011). Se a vaca desenvolve cetose, os valores podem ultrapassar 1,0 mM/L (Adewuyi et al., 2005).

Os AGNE chegam às células-alvo e, uma vez no citoplasma, podem tomar diferentes caminhos metabólicos, sendo utilizados como substrato energético para oxidação na mitocôndria ou em vias anabólicas em organelas celulares, tais como o retículo endoplasmático (Contreras e Sordillo, 2011). Desse modo, a mobilização de lipídios faz dos AGNE uma fonte de energia alternativa prontamente disponível para as células em diferentes tecidos.

2.4 Metabolismo de lipídios na glândula mamária

A gordura do leite de ruminantes contém mais de 400 diferentes AG, sendo sua composição final marcadamente afetada pela dieta. Os TG representam, em média, 95% do teor total de lipídios e 5% consiste de outras classes, tais como fosfolípidos, colesterol, diacilgliceróis, monoacilgliceróis e AG livres (Jensen, 2002).

Os AG incorporados aos TG são derivados de três fontes: captação de AG pré-formados, oriundos da circulação periférica, por meio da alimentação, via ação da LPL mamária, localizada na superfície de células endoteliais (Christie, 1981); da mobilização de gordura corporal, englobando uma parte do C16:0 e AGCL; e da síntese *de novo*, que responde por todos os AG de comprimento de cadeia de C4:0 a C14:0 e, aproximadamente, 50% do C16:0 (Cozma et al., 2013). A mobilização do tecido adiposo é responsável por, em média, 10% dos AG pré-formados da gordura do leite, exceto quando a vaca encontra-se em balanço energético negativo, em que essa proporção aumenta substancialmente (Bauman e Griinari, 2001).

Há três principais fatores que influenciam a transferência de lipídios da dieta para o leite, quais sejam, a BH ruminal, a absorção (digestibilidade) e, por último, a deposição no tecido adiposo (Palmquist et al., 1993).

A síntese *de novo* de AG na glândula mamária envolve duas enzimas-chave: acetil-CoA carboxilase e AGSin, tendo o acetato como principal contribuinte para a unidade inicial de carbonos (Chilliard e Ferlay, 2004).

A síntese ocorre de forma semelhante àquela no tecido adiposo e a glândula mamária bovina possui a capacidade de liberação de AG a partir de várias fases da síntese, resultando na secreção de ampla variedade de AG de cadeia curta ou média (Shingfield et al., 2008).

Outra enzima presente na glândula mamária e no tecido adiposo de ruminantes é a esteroil-CoA dessaturase ou Δ^9 -desaturase que converte os AGS em monoinsaturados, por meio da introdução de uma dupla ligação de configuração *cis* entre os átomos 9 e 10 da cadeia carbônica. Essa reação é responsável por 50 a 77% da síntese do ácido rumênico no órgão, tendo como substrato o ácido vacênico (Griinari et al., 2000), como ilustrado na Figura 5, além de contribuir com 56%, 60% e 90% de C18:1 *cis*-9 (ácido oleico), C16:1 *cis*-9 (ácido palmitoleico) e C14:1 *cis*-9 (ácido miristoleico), respectivamente (Shingfield e Wallace, 2014).

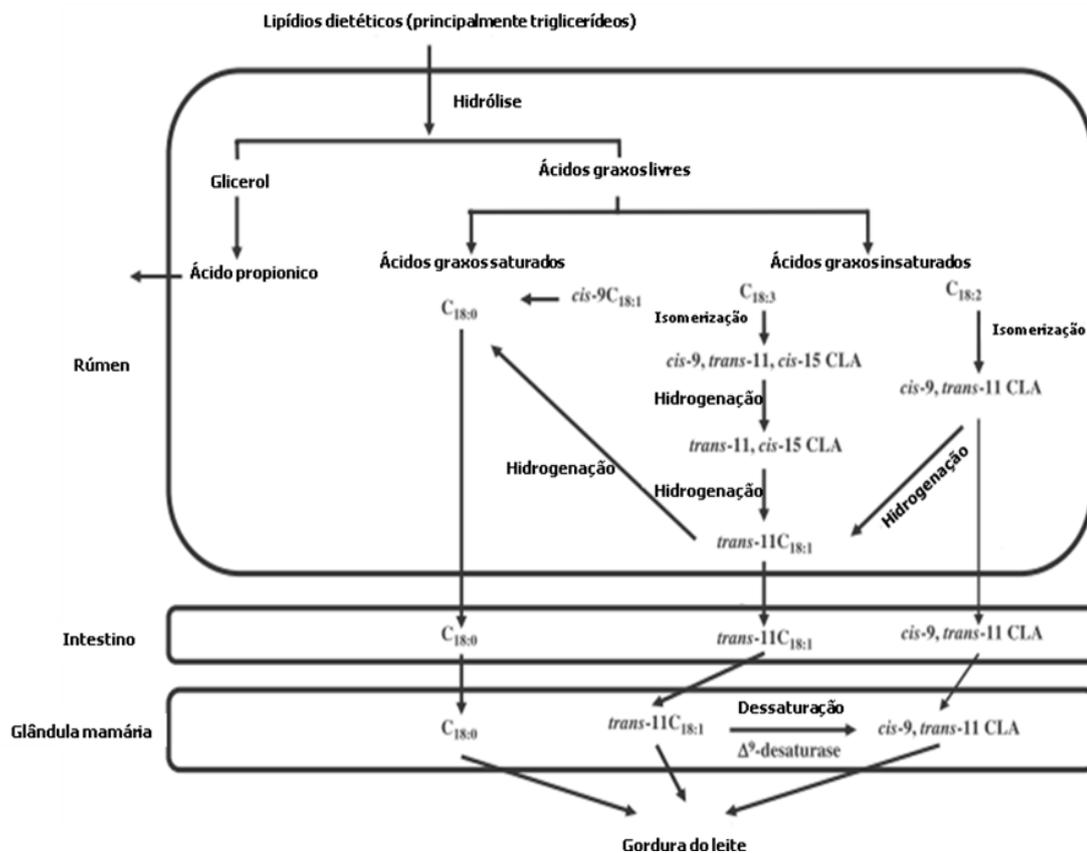


Figura 5. Metabolismo de ácidos graxos no rúmen e a origem do CLA *cis-9 trans-11* no leite.

Fonte: Adaptado de Tanaka (2005).

Para quantificar a importância relativa da Δ^9 -desaturase na produção de ácido rumênico, Corl et al. (2001) realizaram experimento com a infusão de ácido estercúlico (potente inibidor da Δ^9 -desaturase) no abomaso de vacas em lactação (Figura 6). Os resultados demonstraram que este ácido causa drástica redução no teor de ácido rumênico, elevando dessa forma, a quantidade de ácido vacênico na gordura do leite. Griinari et al. (2000) concluíram então que a síntese endógena por meio da ação da Δ^9 -desaturase sobre o ácido vacênico representa a principal fonte para secreção de ácido rumênico na glândula mamária.

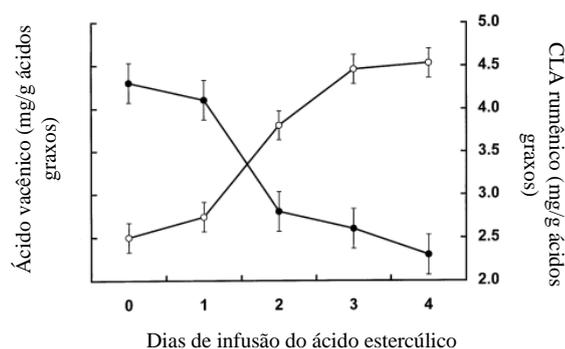


Figura 6. Efeito da infusão abomasal de ácido estercúlico sobre os teores dos ácidos rumênico (círculos fechados) e vacênico (círculos abertos) na gordura do leite. Fonte: Adaptado de Griinari et al. (2000).

Griinari et al. (2000) observaram que ao infundir por três dias consecutivos a quantidade de 12,5 g/dia de ácido vacênico diretamente no abomaso, a concentração do ácido rumênico no leite foi elevada em 31%.

Adicionalmente, a dieta influencia a atividade dessa enzima, e de acordo com Lock e Garnsworthy (2003), possui alta atividade em vacas alimentadas à base de forragem e resultados menos expressivos naquelas baseadas em menor relação volumoso:concentrado.

Alguns AG são caracterizados por promover a síndrome da depressão na gordura do leite (DGL). Este fato pode ser observado em vacas alimentadas com dietas com elevadas concentrações de carboidratos fermentáveis e baixos teores de fibra e/ou quando suplementadas com óleos insaturados (Harvatine, 2012).

Vários trabalhos sugerem que o CLA *trans*-10 *cis*-12 e o CLA *trans*-9 *cis*-11 são capazes de reduzir a lipogênese na glândula mamária por meio da inibição da transcrição de genes que codificam as enzimas, comprometendo a atividade da acetil-CoA carboxilase e AGSin, envolvidas na síntese *de novo* de AG (Harvatine et al., 2006; Perfield et al., 2007).

O AG C18:1 *trans*-10 também está associado à DGL, mas Lock et al. (2007) não obtiveram nenhum efeito na gordura do leite quando 43 g/dia de C18:1 *trans*-10 foram infundidos no abomaso das vacas. No entanto, Shingfield et al. (2009) ao infundir 247 g/dia de uma mistura de AG que continha 37,3% de C18:1 *trans*-10 (fornecimento de ~ 92 g/vaca/dia), observaram modesta redução de 19% na produção de gordura do leite. Neste contexto, a DGL resulta da interação entre o metabolismo ruminal e o mamário.

Por último, devido à natureza hidrofóbica dos AG esterificados, a gordura do leite é secretada a partir da célula epitelial mamária, na forma de gota lipídica cercada por uma rica proteína polar de revestimento lipídico chamada de membrana do glóbulo da gordura do leite (Harvatine et al., 2009).

3. Óleo de girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta da família Compositae (subfamília Asteraceae). Foi introduzido no Brasil no final do século XIX pelos colonos europeus, sendo inicialmente cultivado pelos nativos das Américas do Norte e Central (Pelegri, 1985).

Essa cultura vem tornando-se expressiva no cenário nacional devido à qualidade do óleo comestível extraído dos aquênios (Bezerra et al., 2014), sendo seu cultivo ampliado em todo o mundo durante os séculos 19 e 20 e, atualmente, se encontra como o quarto maior óleo vegetal produzido, atrás apenas dos de soja, canola e palma (Salas et al., 2014).

Atualmente, os principais centros de produção do óleo de girassol são a Ucrânia, Rússia, União Europeia e Argentina, como ilustrado na Figura 7.

Óleo de Girassol
Produção Mundial (%) – Safra 2014/2015

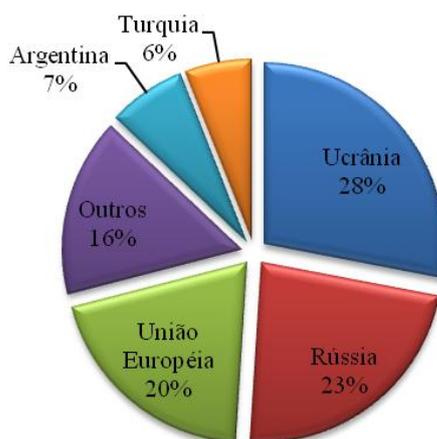


Figura 7. Produção mundial de óleo de girassol para a safra 2014/15.

Fonte: CONAB (2015).

O Brasil é um grande importador de óleo de girassol da Argentina, mas de acordo com o levantamento da safra de 2014/15 realizado pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) no mês de janeiro/2015, a estimativa da área cultivada foi de 145,7 mil

hectares, destacando como principais estados produtores, o Mato Grosso, com 86,6% de área total da cultura, e Minas Gerais, com 11,3 mil hectares cultivados (CONAB, 2015). Nesse contexto, cerca de 90% da produção de girassol é destinada ao processamento industrial, sendo que para cada tonelada de grãos esmagados são produzidos 400 kg de óleo (Ribeiro, 1998).

O óleo de girassol é rico em ácido linoleico, responsável por 48% a 74% dos ácidos graxos totais (AGT), seguido por ácido oleico (16 a 27%), contendo reduzidos valores de AGS (principalmente, palmítico e esteárico) e, ao contrário de outros óleos vegetais, como os de soja e canola, possui quantidades insignificantes de ácido α -linolênico (Echarte et al., 2013). O elevado teor de AGI torna o óleo de girassol adequado do ponto de vista nutricional, e o baixo teor de ácido α -linolênico favorece sua estocagem, mantendo sua qualidade (Telles, 2006).

Os fatores ambientais influenciam decisivamente a qualidade do óleo (Izquierdo et al., 2009) e, segundo Úngaro (1993), o girassol pode ser colhido quando o teor de água do grão atinge 15%, uma vez que, sob maiores valores de umidade, podem ocorrer manchas e alteração nos odores do óleo. Castro et al. (1989) e Pires (1998) recomendaram que deve-se iniciar a colheita do girassol quando o teor de água do grão estiver entre 14% e 16%.

A temperatura ambiente e o aumento da radiação solar interceptada pela planta durante o enchimento do grão (Zuil et al., 2012) são fatores que promovem a mudança na qualidade do óleo, pois, alteram a atividade da enzima oleato desaturase que cataliza a conversão do ácido oleico a linoleico, afetando a proporção dos mesmos (Izquierdo et al., 2009).

E de acordo com Echarte et al. (2013), o ideal seria verificar a temperatura da noite anterior à colheita, além da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela planta, obtendo melhores valores do perfil de AG no girassol e, conseqüentemente, no óleo obtido.

4. Efeito da suplementação lipídica sobre a composição do leite de vacas

A gordura dietética é usada na alimentação de vacas leiteiras a fim de aumentar a ingestão de energia líquida, sendo também forma de manipular o perfil de AG do leite (Larsen et al., 2012), além de reduzir a emissão de metano, que vem ganhando grande interesse atualmente (van Lingen et al., 2014).

A dieta dos ruminantes normalmente contém até 5% de gordura e a recomendação quanto à inclusão de óleo é que este valor não ultrapasse 7% da MS (Doreau e Chilliard, 1997). Neste contexto, óleos vegetais, tais como aqueles encontrados em alimentos comuns, podem também ser utilizados na alimentação de vacas leiteiras e variam nas concentrações dos ácidos oleico, linoleico e palmítico, influenciando na produção e composição do leite, notadamente quanto ao teor de gordura (Grummer, 1991).

Essa composição centesimal é de grande importância para os diversos setores envolvidos na cadeia produtiva. Para os consumidores, ela possui valor nutricional, e para os produtores e indústrias processadoras é fundamental, pois a remuneração tem sido baseada na sua qualidade, tendo a gordura como o principal componente energético do leite, responsável pelas propriedades físicas e pela qualidade organoléptica e, com isso, também sobre as características industriais, possuindo dessa forma, importante valor econômico (Bauman e Griinari, 2001).

Alguns aspectos devem ser observados quando adota-se suplementação lipídica na dieta de vacas leiteiras. Um deles seria a queda no consumo de alimentos e, por conseguinte, na produção de leite (Chilliard et al., 2001; Rego et al., 2005), possivelmente decorrente de alterações na fermentação ruminal e consequente redução na digestibilidade da dieta (Jenkins, 1993).

Schroeder et al. (2004) em revisão de 18 experimentos que avaliaram os principais efeitos da suplementação lipídica sobre a produção e composição do leite de vacas leiteiras a pasto, observaram que a produção de leite foi numericamente aumentada em 80% dos experimentos, mas em apenas 40% foram diferentes estatisticamente ($P < 0,05$). Este fato ocorreu principalmente com a suplementação de AG saturados (1,08 kg/dia) quando comparada à realizada com AG insaturados (0,73 kg/dia).

Ribeiro et al. (2014) utilizaram diferentes níveis de inclusão de óleo de girassol na dieta de vacas em lactação recebendo capim-elefante picado e verificaram que não houve efeito dos tratamentos sobre a produção de leite, mesmo com os animais ingerindo dieta com maior conteúdo de energia, observando, dessa forma, que esse aumento não refletiu-se em incremento na produção de leite.

Onetti e Grummer (2004) realizaram revisão de literatura compilando 41 experimentos com diferentes fontes e níveis de gordura nas dietas de vacas leiteiras. Eles verificaram aumento médio de 1,29 kg/dia na produção de leite em 23 experimentos que utilizaram gordura protegida com óleo de palma.

Souza (2011) verificou que houve efeito linear decrescente da inclusão de óleo de girassol na MS de dietas à base de cana-de-açúcar (0,0; 1,5; 3,0; 4,5% de MS) sobre o teor de gordura do leite. O mesmo efeito foi observado no trabalho de Ribeiro (2009) com a suplementação de capim-elefante picado com níveis crescentes de óleo de soja (0,0; 1,5; 3,0; 4,5 de MS na dieta total), justificando esse fato pelo baixo valor do pH ruminal e aumento do teor dos isômeros de CLA *trans*-10 *cis*-12 e CLA *trans*-9 *cis*-11 no leite.

Os resultados apresentados nos Anexos 1 e 2 referem-se a experimentos realizados com os principais gêneros de gramíneas forrageiras utilizadas na formação de pastagens no Brasil, quais sejam: *Brachiaria brizantha* (cvs. Marandu, Xaraés, MG-5), *Brachiaria ruziziensis*, *Panicum maximum* (cv. Tanzânia), *Pennisetum purpureum* (cvs. Pioneiro, Cameron), *Cynodon nlemfuensis* (cv. Estrela Africana), e *Cynodon dactylon*, ilustrando o potencial das gramíneas tropicais manejadas sob pastejo para produção de leite com perfil de AG mais desejável do ponto de vista de nutrição e saúde humana.

Ressalte-se que os teores dos AG rumênico, vacênico e CLA *trans*-10 *cis*-12, dentre outros não compilados nos Anexos 1 e 2, não foram informados em muitos destes trabalhos. Além disto, alguns valores obtidos nestes experimentos podem ser considerados atípicos, sendo, portanto, passíveis de dúvida. Isto pode refletir a utilização de colunas capilares não adequadas para as análises como, por exemplo, aquelas com comprimento ≤ 60 m (van Valenberg et al., 2013), bem como demonstra a falta de padronização entre os laboratórios das instituições de ensino e pesquisa do Brasil para as análises cromatográficas de perfil de AG no leite e derivados.

Um dos efeitos observados no perfil de AG no leite com a inclusão de óleo na dieta é a redução do teor de AGS e o incremento na concentração de AGCL, principalmente aqueles com 18 átomos de carbono e, especialmente, os monoinsaturados, como o ácido oleico. Já os teores dos ácidos linoleico e α -linolênico são influenciados pelos AG predominantes no óleo suplementado (Marín et al., 2013). Agenäs et al. (2002) relataram que a gordura do leite de vacas sob pastejo recebendo suplementos com óleo de soja, apresentou menores teores de AG de cadeia curta (C4:0 a C14:0) e maiores concentrações de C18:0, C18:1 e ácido rumênico no leite, e este último, com aumento de 85,7% quando comparado ao grupo controle.

Stoffel et al. (2014) realizaram compilação de trabalhos para avaliar o efeito da suplementação com gordura e óleo no perfil de AG do leite de vacas alimentadas com dietas à base de silagem de milho. Estes autores encontraram que em dietas em que o

principal AG suplementar foi o oleico ou o linoleico houve redução do teor de AG com cadeia menor que 16 carbonos, sendo a maior queda associada à suplementação com ácido linoleico. Eles também observaram aumento na produção de ácido esteárico, que é resultante de reações de BH completa dos AGPI no rúmen, além do incremento do seu consumo por meio da dieta (Bauman et al., 2003).

O ácido oleico provém da captação pela glândula mamária que pode ser de origem dietética ou a partir do tecido adiposo, quando animais mobilizam reservas de gordura. Além disso, pode ser sintetizado na glândula mamária por meio da ação da enzima Δ^9 -dessaturase sobre o ácido esteárico (Ntambi et al., 1999). Quando há suplementação lipídica com o incremento de ácido linoleico ou α -linolênico na dieta, a concentração de ácido oleico na gordura do leite depende da BH completa, que aumenta a disponibilidade de ácido esteárico para a glândula mamária, em que 49% a 60% desse AG disponível é dessaturado a ácido oleico pela ação da enzima Δ^9 -dessaturase, sendo responsável por 60% do total de ácido oleico no leite (Shingfield et al., 2010).

A inclusão de óleo vegetal rico em ácido linoleico ou α -linolênico eleva os teores de ácido vacênico e rumênico na gordura do leite. Uma vez que o ácido rumênico não é intermediário do ácido α -linolênico na BH ruminal, seu incremento se deve ao aumento na produção do vacênico no rúmen que, posteriormente, é absorvido e dessaturado na glândula mamária pela Δ^9 -desaturase (Bauman et al., 1999).

Ribeiro et al. (2014) trabalharam com dietas à base de capim-elefante picado suplementado com níveis crescentes de óleo de girassol. Eles observaram incremento linear na concentração de ácido rumênico no leite com a inclusão do óleo na dieta, e aumento respectivamente de 244% entre o tratamento controle e aquele com 3,7% de óleo de girassol na dieta. Já a concentração do isômero CLA *trans*-10 *cis*-12 apresentou valor médio de 0,019 g/100 g de AG totais, não influenciando o teor de gordura, sendo que o baixo valor desse AG no leite foi atribuído à elevada relação volumoso:concentrado da dieta.

Rego et al. (2009) verificaram aumento no teor de ácido rumênico no leite de vacas sob pastejo em gramíneas de clima temperado suplementadas com 0,5 kg/dia de óleo de girassol. Nos dados compilados nos Anexos 1 e 2, também observa-se esse efeito, pois o valor máximo encontrado desse AG quando sem suplementação lipídica foi de 1,64 g/100 g de AG totais (Medeiros et al., 2010) e com suplementação, de 2,46 g/100 g de AG totais (Santos et al., 2011).

Segundo Vlaeminck et al. (2006), vacas leiteiras alimentadas com gordura suplementar rica em ácido linoleico, como o óleo de girassol, têm o crescimento da microbiota alterado, com reduções no fluxo de AG de cadeia ímpar e ramificada (AGCIR), que são derivados das membranas dos microrganismos ruminais, e na sua absorção pelo duodeno e, conseqüentemente, com proporções menores no plasma e leite.

Outro aspecto importante no estudo do efeito da inclusão de óleos em dietas de vacas leiteiras sobre os teores dos ácidos rumênico e vacênico, diz respeito ao dia após o início do fornecimento das dietas em que os valores máximos são alcançados, bem como à própria persistência de elevadas concentrações destes AG no leite (Dewhurst et al., 2006). Isto é importante do ponto de vista mercadológico, pois asseguram à indústria de laticínios qualidade da matéria prima e manutenção de níveis mínimos destes AG no leite e derivados lácteos, permitindo sua ininterrupta comercialização. As alterações no perfil de AG em virtude da suplementação lipídica são tempo-dependentes e estão diretamente associadas às mudanças no ambiente ruminal e às variações das concentrações de intermediários específicos da BH, decorrentes do processo de adaptação da microbiota do rúmen à suplementação com elevados níveis de lipídios nas dietas (Shingfield et al., 2006). Estes autores trabalharam com dietas baseadas em silagem de milho suplementada com óleos de girassol e de peixe, e observaram que os ácidos rumênico e vacênico atingiram a concentração máxima no quinto dia após o início do fornecimento das dietas. A partir daí e até o 15^o dia houve decréscimo nas concentrações destes dois AG, que se mantiveram estáveis até o final do experimento (28^o dia). As concentrações de C4:0 a C14:0 foram progressivamente reduzidas ao longo do experimento, enquanto que o teor de C16:0 reduziu-se até o 7^o dia, mantendo-se relativamente estável a partir de então. Também a partir do 7^o dia a concentração do ácido oleico reduziu-se, elevando-se a partir daí.

Ribeiro (2013) observou que a partir do início da suplementação com óleo de girassol em dieta à base de capim-elefante picado, os AG de cadeias curta e média apresentaram redução acentuada até o 3^o dia de fornecimento do óleo, com os valores sendo mantidos até a suspensão da suplementação no 21^o dia do experimento. Após esse período, esses AG apresentaram rápido retorno até concentrações próximas às observadas no dia 0. Já os teores dos AG oleico e vacênico no leite foram elevados de forma rápida até o 6^o dia, havendo relativa estabilidade até o final da suplementação. O teor do ácido rumênico apresentou comportamento crescente até o final do período de suplementação, e, portanto, os valores máximos não foram alcançados, sendo sugerido pelo autor que

experimentos mais longos seriam necessários para certificar o comportamento do ácido rumênico. Contudo, os AG inibidores da secreção de gordura do leite também apresentaram esse efeito, com elevação contínua dos seus teores, indicando que sob condições mais prolongadas de fornecimento, pode haver comprometimento da secreção de gordura no leite.

5. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é originária da África tropical e tem sido estudada desde 1977 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (Nunes et al., 1985) e outras instituições de ensino e pesquisa do Brasil. Possui hábito de crescimento cespitoso, colmos iniciais prostrados, e produz perfilhos cada vez mais eretos ao longo do crescimento da touceira, apresentando intenso perfilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos, com presença de pelos na porção apical dos entrenós, bainhas pilosas e lâminas largas e longas (Valle et al., 2001).

Segundo Alvim et al. (2002), dos 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil, aproximadamente 70 milhões são constituídos por espécies de gênero *Brachiaria*, sendo *B. decumbens* (Stapf.), *B. humidicola* (Rendle) Schweickt, *B. brizantha* (Stapf.) e *B. ruziziensis* (Germain e Everard) as mais utilizadas para formação de pastagens.

A *B. brizantha* cv. Marandu tem sido muito utilizada em função de características como: adaptabilidade a solos de média fertilidade, resistência à cigarrinha das pastagens, elevada produtividade quando devidamente manejada, boa capacidade de cobertura do solo, apresentando excelente resposta à adubação, principalmente nitrogenada (Andrade, 2003). Por outro lado, possui baixa adaptação a solos mal drenados, moderada resistência à seca e necessidade de solos medianamente férteis para persistência em longo prazo (Valle, 1996).

6. Manejo de pastagem de acordo com a interceptação luminosa

Para o eficiente manejo da pastagem deve-se buscar preservar pontos de crescimento na planta forrageira, por onde se dará o acúmulo de forragem. Isto irá promover melhoria na qualidade nutricional do pasto produzido, mantendo-o ao alcance

dos animais e em densidade que favoreça seu aproveitamento, conciliando um manejo que permita melhor produtividade por área sem comprometer a persistência da espécie forrageira na pastagem.

A forma com que a planta está disposta em função do crescimento de suas partes no espaço é chamada de estrutura da pastagem (Carvalho et al., 2001). Estudos com pastagens tropicais nesta linha de pesquisa foram inicialmente realizados durante as décadas de 70 e 80 na Austrália (Stobbs, 1973a; Chacon e Stobbs, 1978). Stobbs (1973a, 1973b) relatou que em comparação com espécies forrageiras de clima temperado, nos pastos tropicais a densidade volumétrica e a relação folha/colmo desempenham papel mais relevante na modulação do comportamento ingestivo. Segundo o autor, isto ocorre, pois gramíneas tropicais apresentam elevada massa de forragem devido à maior produção de colmos.

A estrutura da pastagem é determinante da dinâmica de crescimento e competição nas comunidades vegetais, sendo dependente do comportamento ingestivo dos animais em pastejo, os quais atuam na diferenciação dessa dinâmica (Carvalho et al., 2001). Esse comportamento pode ser influenciado pela estrutura do dossel, caracterizada pela altura, relação folha/colmo, densidade de forragem e massa de lâmina foliar, e pela composição química e digestibilidade da forragem. Além dessas variáveis, combinam-se fatores climáticos como temperatura ambiente (Burns e Sollenberger, 2002) e precipitação de chuvas, que determinam sazonalidade na produção, desencadeando flutuações na qualidade e produtividade da forragem disponível (Hardy et al., 1997).

Para promover o manejo eficiente das plantas forrageiras tropicais são utilizadas características como índice de área foliar (IAF), número de folhas vivas por perfilho e interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IRFA) pelo dossel de plantas (Silva e Nascimento Júnior, 2007).

O IAF foi primeiramente denominado por Watson (1947) como sendo a razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo. Segundo Chapman e Lemaire (1993), é o principal fator que influencia a interceptação de luz e as dinâmicas de rebrota da planta. Possui alta correlação com as respostas de plantas e animais (Sbrissia e Silva, 2001), sendo, por esse motivo, essencial para a compreensão do processo de acúmulo de forragem e planejamento de práticas de manejo do pastejo (Silva e Nascimento Júnior, 2007).

O IRFA apresenta grande relação com a produção, morfologia e valor nutricional do dossel, sendo importante na definição do período de descanso, apresentando estreita

correlação com a altura da planta (Anjos, 2012). Assim, estudos realizados com gramíneas tropicais (Difante et al., 2009; Silveira et al., 2010) indicaram que 95% de IRFA corresponde ao tempo apropriado para interromper o processo de rebrota da planta, a fim de maximizar o acúmulo de matéria seca de folhas e garantir maior eficiência de pastejo.

Quando o dossel atinge 95% de IRFA as folhas inferiores passam a ser totalmente sombreadas, e acima desse valor, a ausência de luz induz a diminuição da atividade fotossintética. Isto faz com que a planta entre no ponto de compensação, deixando de estar na condição de fonte de fotoassimilado para a de dreno, resultando na elevação da quantidade de material senescente. Portanto, esse valor é considerado o IAF ótimo, em que a taxa de acúmulo de massa seca do pasto atinge o valor máximo (Silva e Nascimento Júnior, 2007).

Resultados de pesquisas avaliando a frequência de pastejo variável, determinada pela IRFA 95%, em comparação com o manejo da pastagem por período de pastejo fixo, têm demonstrado que ocorrem mudanças positivas neste primeiro quando relacionadas à estrutura, composição morfológica, valor nutritivo e eficiência de utilização das pastagens, favorecendo também o controle da altura de resíduo pós-pastejo (Carareto, 2007).

Dessa forma, o estabelecimento do ciclo de pastejo em intervalos com número de dias fixos, pode promover menor produção de MS quando em colheitas precoces da forragem, sendo prejudicial ao crescimento da planta ou do dossel forrageiro, ou promovendo o incremento na senescência do pasto, em consequência de desfolhações tardias em relação ao que indica a fisiologia da planta forrageira (Carnevalli et al., 2006). Essas alterações podem provocar prejuízos à produção, qualidade e à eficiência de colheita da forragem (Marcelino et al., 2006).

Zeferino (2006) estudou a combinação de duas frequências de pastejo, a primeira iniciada quando o dossel interceptava 95%, e a outra com 100%, além de duas intensidades de pastejo, 10 e 15 cm de altura pós-pastejo, em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu. Este autor relatou que períodos de descanso longos com 100% de IRFA resultaram em maior alongamento e acúmulo de colmos e senescência que períodos de descanso mais curtos, representados pelos tratamentos com 95% de IRFA.

Barbosa et al. (2007) observaram que a elevação da frequência (90% e 95% de IRFA) e a maior intensidade de pastejo (25 cm de altura pós-pastejo) em pastagens de *P. maximum* cv. Tanzânia permitiram obter maior percentual de lâminas foliares na massa de forragem pré-pastejo. Em contrapartida, pastos submetidos à menor frequência (100% de

IRFA) e menor intensidade de pastejo (50 cm de altura pós- pastejo) apresentaram maiores proporções de colmo e de material morto. E dessa forma, o prolongamento do período de descanso resultou em alterações indesejáveis da estrutura da forragem, caracterizadas pela elevação da participação de colmos e de material morto no perfil do dossel.

Assim, intervalos de pastejos variáveis ou mais curtos, avaliados por meio da IRFA 95%, principalmente na estação chuvosa, são estratégias eficientes para definir a frequência de pastejo. Essa proposta baseia-se na informação de que as plantas forrageiras são afetadas pelas variáveis ambientais, que promovem alterações tanto na produção quanto na qualidade da forragem, e esses fatores determinarão a dinâmica de crescimento da planta e o melhor momento para iniciar o pastejo (Gomide et al., 2007).

Observa-se a importância da associação entre intensidade de pastejo e de período de descanso para o controle da estrutura do pasto e de sua alta eficiência de utilização. Nesse sentido, estruturas de pasto que promovam elevada ingestão de forragem durante o período de ocupação do piquete, e que permitam à planta forrageira se restabelecer rapidamente, devem ser consideradas como metas de manejo da pastagem, podendo, conseqüentemente, promover melhores respostas no perfil de AG dessas forrageiras pela melhor qualidade do pasto.

7. Metabolismo de ácidos graxos em gramíneas

Nas plantas os lipídios concentram-se nas membranas dos tilacoides nos cloroplastos de folhas e em várias outras membranas e camadas superficiais de proteção (Harwood, 1980). A predominância de grande quantidade de AG nas folhas está diretamente relacionada com a atividade fotossintética da planta (O'Brien e Benson, 1964), sendo que nas gramíneas, são encontrados principalmente, sob a forma de glicolipídeos e fosfolipídeos (Harwood, 1980).

O principal sítio da síntese *de novo* dos AG nas folhas é o cloroplasto e requer carbono, ATP e agentes redutores, ao contrário dos animais, que acontece no citosol. Ocorre de forma semelhante ao animal por meio do complexo AGSint, com o alongamento sequencial de moléculas de acetil-CoA, incorporando dois carbonos de cada vez. E assim, parte do palmitato é liberado da AGSin, e a maioria das moléculas que são alongadas para estearato pode ser eficientemente convertida a oleato por uma enzima desaturase (Harwood, 1996).

Assim, o estearato, palmitato e oleato são liberados da AGSin, produzindo AG livres que podem sofrer alongamento ou outras dessaturações tanto no cloroplasto como no retículo endoplasmático (Taiz e Zeiger, 2013).

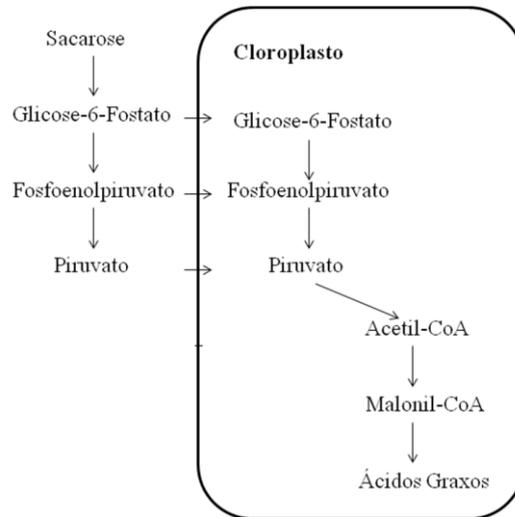


Figura 8. Síntese de ácidos graxos nos cloroplastos.
Fonte: Adaptado de Rawsthorne (2002).

Assim, para a formação de AGI, a introdução de duplas ligações na cadeia baseia-se na atividade dessas desaturases. Assim, a formação de linoleato e α -linolenato por meio do oleato ocorre apenas em plantas e requer a redução do oxigênio molecular à água, além da presença de NADH como doador de elétrons (Hawke, 1973). E, desse modo, a dupla ligação é normalmente introduzida na posição 12/13 pela ação da Δ^{12} -desaturase no oleato para formar linoleato, seguido da dessaturação na posição 15/16, pela ação da Δ^{15} -desaturase para formar o α -linolenato (Figura 9) (Gurr et al., 2002).

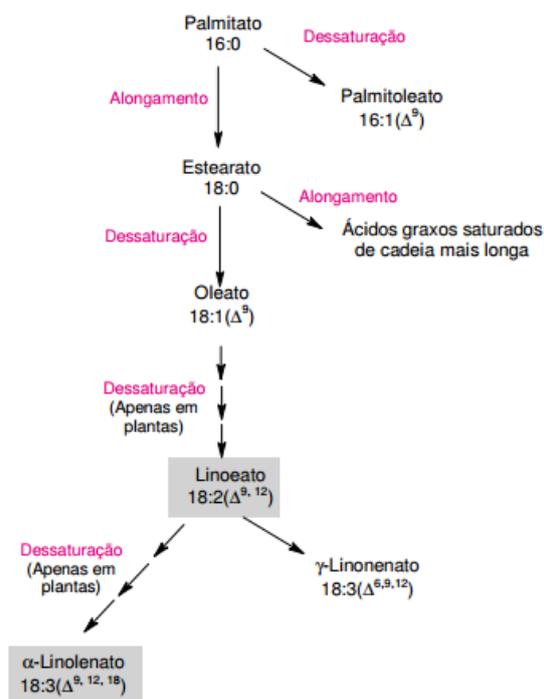


Figura 9. O palmitato é o precursor do estearato e de outros ácidos graxos saturados mais longos, bem como o oleato e as plantas podem converter o oleato em α -linolenato (destacado em cinza) e posteriormente a α -linolenato.
Fonte: Heldt (2005).

Os AG sintetizados são utilizados para compor os glicolípídeos e fosfolípídeos e, no retículo endoplasmático podem ser transferidos para o glicerol-3-fosfato, formando o ácido fosfatídico que, em seguida, é desfosforilado para diacilglicerol, um intermediário chave na síntese de glicerolípídeos, que representa a principal classe de lipídios da membrana das plantas (Heldt, 2005).

8. Perfil de ácidos graxos em gramíneas tropicais

Segundo relataram Lopes et al. (2011b), são escassos os estudos com foco no perfil de AG de gramíneas tropicais, grãos e oleaginosas ou de coprodutos da agroindústria, comumente utilizados na alimentação de ruminantes em nosso país. Esses autores destacaram que o desenvolvimento de bancos de dados de perfil de AG de volumosos, suplementos concentrados, óleos vegetais e outros ingredientes utilizados na alimentação de ruminantes no Brasil é condição *sine qua non* para a formulação de suplementos concentrados adequados à obtenção de leite com características nutracêuticas superiores em sistemas de produção baseados em pastagens tropicais. Assim, em estudos visando

promover incrementos nas concentrações dos AG rumênico e vacênico no leite, faz-se imperativo conhecer o perfil de AG das forrageiras e ingredientes incluídos nas dietas das vacas.

Lopes et al. (2011b) compilaram resultados da literatura e destacaram elevadas concentrações dos AG α -linolênico e linoleico em gramíneas tropicais do gênero *Brachiaria*, ressaltando que estes AG são os principais substratos para formação de ácido vacênico, via processos de BH ruminal, o qual será convertido em ácido rumênico na glândula mámaria (Shingfield et al., 2008). Segundo Mohammed et al. (2009), 79,4% da variabilidade na produção de ácido rumênico no leite foi explicada por diferenças no consumo de ácido α -linolênico. Disto também se depreende a importância de se estimar o consumo de pasto e, por conseguinte, dos principais AG envolvidos na obtenção de leite naturalmente enriquecido com os ácidos rumênico e vacênico. Vários fatores podem influenciar no consumo de pasto por vacas leiteiras. E assim, ao observar a compilação de dados apresentada no Anexo 3 verifica-se elevada variação entre os experimentos quanto ao consumo de pasto de *Brachiaria* spp., com faixa de 1,4 a 2,9% do PV. Alguns fatores como a composição química do pasto, principalmente o teor de fibra em detergente neutro – FDN (57,8 a 72,7% da MS) e a digestibilidade *in vitro* da MS (56,4 a 68,4%), além do consumo de concentrado, podem modificar a BH e a taxa de passagem ruminal, promovendo redução no tempo para atuação dos microrganismos (Palladino et al., 2014), influenciando o consumo e, conseqüentemente, os resultados do perfil de AG no leite.

Os cinco principais AG encontrados em gramíneas são os ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1 *cis*-9), linoleico (C18:2 *cis*-9 *cis*-12) e α -linolênico (C18:3 *cis*-9 *cis*-12 *cis*-15), os quais compreendem até 95% dos AGT (Van Soest, 1994). Concentram-se, principalmente nas folhas, que são particularmente ricas nos ácidos α -linolênico (entre 60% e 75% dos AGT), linoleico e palmítico (6-20% dos AGT), com menores concentrações de ácido oleico (Hawke, 1973).

Chilliard et al. (2001) relataram que as gramíneas de clima temperado apresentam, aproximadamente, 55-65% de ácido α -linolênico, enquanto que as tropicais apresentam variação de 15 a 40% no teor desse AG.

Na Tabela 1 têm-se resultados compilados da literatura referentes ao perfil de AG em forrageiras tropicais.

Tabela 1. Composição química e perfil de ácidos graxos (AG) de gramíneas tropicais

Gramínea	EE	Ácidos graxos (g/100 g de AG totais)					Ref. ⁽¹⁾
		Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	α -linolênico	
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu (extrusa)	1,2	23,5	3,1	4,6	19,7	42,4	(1)
<i>B. decumbens</i> (julho/2002)	1,1	36,7	7,5	10,5	18,3	21,1	(2)
<i>B. decumbens</i> (novembro/2002)	2,2	33,3	6,0	5,5	20,1	31,5	(2)
<i>B. ruziziensis</i> (julho/2002)	2,1	21,0	2,2	6,7	17,8	50,4	(2)
<i>B. ruziziensis</i> (novembro/2002)	3,6	25,6	3,7	2,7	19,6	46,1	(2)
Silagem de <i>B. ruziziensis</i>	2,3	28,2	15,3	14,6	12,3	2,3	(3)
<i>Pennisetum purpureum</i> (4 cultivares)	NI ⁽²⁾	22,0-40,0	2,0-4,0	2,0-8,0	14,0-28,0	22,0-55,0	(4)
<i>P. purpureum</i>	1,9	25,3	5,8	5,7	18,7	37,0	(2)
<i>P. purpureum</i>	3,2 ⁽³⁾	34,7	12,6	7,6	13,3	37,3	(12)
<i>P. purpureum</i> picado	1,2	27,9-42,5	3,5-5,6	5,9-11,6	17,1-25,9	13,8-22,6	(5)
<i>P. purpureum</i> picado	1,2	23,1-31,1	2,4-3,7	3,0-5,7	16,5-24,0	22,3-36,5	(6)
<i>P. purpureum</i> picado	2,4	17,6-21,0	1,9-2,6	4,0-6,0	14,0-15,8	24,6-28,7	(6)
<i>P. purpureum</i> cv. Pioneiro -Estrato Superior	3,1	15,4-20,1	NI	0,9-1,7	14,1-16,0	61,5-64,7	(7)
<i>P. purpureum</i> cv. Pioneiro - Estrato Inferior	2,3	17,3-21,6	NI	2,7-3,1	20,0-23,0	48,7-53,9	(7)
<i>P. purpureum</i> cv. Pioneiro (90 cm altura)	2,9	15,4-20,0	NI	1,7-3,1	14,1-21,4	51,7-64,7	(7)
<i>P. purpureum</i> cv. Pioneiro (120 cm altura)	2,6	17,1-21,6	NI	0,9-2,8	15,4-23,0	48,7-62,0	(7)
<i>P. purpureum</i> cv. Cameron (pasto)	2,8	18,7	2,5	1,72	12,3	53,8	(8)
<i>P. purpureum</i> cv. Cameron (pasto)	2,8	18,4	2,3	1,7	12,3	52,0	(13)
<i>Cynodon dactylon</i> ⁴	NI	26,3	2,4	2,7	8,4	27,4	(9)
<i>Cynodon</i> spp (coast-cross/estrela-africana)	2,1	25,5	11,3	8,9	14,3	38,9	(10)
<i>Paspalum notatum</i> ⁴	NI	31,6	1,7	2,2	20,9	12,6	(9)
<i>Paspalum dilatatum</i> ⁴	NI	41,5	2,2	3,1	17,9	20,1	(9)
<i>Paspalum distichum</i> (verão)	3,1 ⁽³⁾	23,8	3,0	6,1	25,1	34,8	(11)
<i>P. distichum</i> (inverno)	2,4 ⁽³⁾	29,7	6,8	11,7	24,4	19,9	(11)
<i>P. maximum</i> var. Trichoglume (verão)	3,4 ⁽³⁾	30,3	4,1	6,5	27,9	23,4	(11)
<i>P. maximum</i> var. Trichoglume (inverno)	3,0 ⁽³⁾	29,6	5,4	9,5	32,4	15,8	(11)
<i>Cenchrus ciliaris</i> (verão)	4,5 ⁽³⁾	23,3	2,5	6,6	22,5	35,3	(11)
<i>C. ciliaris</i> (inverno)	2,9 ⁽³⁾	29,2	4,6	9,6	27,4	20,1	(11)
<i>Chloris gayana</i> (verão)	3,6 ⁽³⁾	23,4	2,4	6,2	19,9	34,9	(11)
<i>C. gayana</i> (inverno)	3,0 ⁽³⁾	30,7	3,8	9,9	23,5	19,2	(11)
<i>C. gayana</i> ⁴	NI	32,0	1,8	2,4	4,3	31,3	(9)

⁽¹⁾Referências: (1) Mourthé et al. (2015); (2) Fernandes et al. (2007); (3) Suksombat et al. (2013); (4) Perez et al. (2010); (5) Ribeiro (2009); (6) Ribeiro (2013); (7) Dias (2012); (8) Souza (2014); (9) Ebina et al. (1997); (10) Santos (2010); (11) O'Kelly e Reich (1976); (12) Toyos-Vargas et al. (2013); (13) Macedo (2012).

⁽²⁾NI = não identificado; ⁽³⁾Teor de lípidos totais (% da matéria seca); ⁽⁴⁾% do fosfatidilglicerol.

Por meio dessa compilação de dados, pode-se verificar elevados teores dos ácidos linoleico e α -linolênico na forragem dos vários gêneros de gramíneas tropicais.

Pode-se observar baixo teor de ácido α -linolênico (2,3 g/100 g de AG) para a silagem de *B. ruziziensis*, que está provavelmente associado a perdas oxidativas de AGPI no processo de ensilagem (Dewhurst et al., 2006). A título de comparação, tomemos a faixa de concentração (46,1-50,4 g de ácido α -linolênico/100 g de AGT) apresentada no trabalho de Fernandes et al. (2007) para forragem da mesma espécie forrageira (Tabela 1), ilustrando que houve importante perda no teor deste AG durante a conservação da forragem.

Observam-se teores expressivos de ácido palmítico em gramíneas tropicais, com valores extremos da ordem de 40,0 a 42,5 g/100 g de AGT em *P. purpureum* e *Paspalum*

dilatatum, respectivamente. Já Hawke (1973) observou teores variando de 6 a 20% de AGT para gramíneas de clima temperado.

No entanto, ressalte-se a reduzida quantidade de trabalhos com resultados de perfil de AG em gramíneas tropicais.

9. Fatores que afetam a concentração e composição de ácidos graxos em gramíneas

O teor de AG e sua composição são afetados por inúmeros fatores, tais como espécies e variedades/cultivares de plantas (Palladino et al., 2009; Perez et al., 2010), parte anatômica (*e.g.* folha, colmo etc.), estágio de crescimento da forrageira, clima, duração do dia, estação do ano (O’Kelly e Reid, 1976; Fernandes et al., 2007 – Tabela 1), adubação, fase de crescimento da forrageira, além dos métodos de conservação como ensilagem e fenação (Van Ranst et al., 2009).

9.1 Sazonalidade e maturidade da planta forrageira

A concentração de AG nas plantas é modulada por mudanças não só das variáveis climáticas, tais como duração do dia, intensidade da luz, e temperatura, mas também com as propriedades físicas do dossel forrageiro (Elgersma et al., 2006), variando consideravelmente em função do estágio de desenvolvimento da planta (Harwood, 1980). Por exemplo, o conteúdo de ácido α -linolênico diminui sob ritmo mais rápido, especialmente durante a maturação prolongada e senescência ou no início do crescimento reprodutivo das plantas (Dewhurst et al., 2006).

Khan et al. (2012) concluíram que o fator preponderante para variação na concentração total de AG e, especialmente do ácido α -linolênico ao longo do ano foi o estágio vegetativo da planta e com o avanço na idade há redução nos teores de proteína bruta e de AGT, e do ácido α -linolênico, com incremento nas concentrações de FDN.

Boufaïed et al. (2003) verificaram que as concentrações no capim-Timóteo (*Phleum pratense*) dos AG palmítico, palmitoleico (C16:1 *cis*-9), linoleico, α -linolênico e AGT diminuíram com o avançar da maturidade, enquanto que as concentrações dos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), esteárico e oleico não foram significativamente afetadas.

Estas variações são decorrentes de alterações na relação folha:colmo, pois folhas são mais ricas em lipídios de membrana do que colmos e sementes e, portanto, em ácido α -linolênico, sendo que colmos possuem teores 50 a 70% menores de AG quando comparados aos observados em folhas (Buccioni et al., 2012).

Dessa forma, os valores mais elevados de AG ocorrem geralmente em plantas jovens, no primeiro corte e, em seguida, diminuem durante o verão, especialmente em torno da floração, e nesse contexto, o corte em uma fase precoce de desenvolvimento pode resultar em maior concentração de AG na forragem do que um corte mais tardio (Arvidsson et al., 2009).

Glasser et al. (2013) realizaram meta-análise utilizando banco de dados (estudos realizados pós 1970, totalizando 58 publicações) de composição de AG de gramíneas de clima temperado, ao longo do ano, cultivadas no hemisfério Norte. Os autores relataram que houve diminuição no teor de ácido α -linolênico a partir do início do mês de maio até julho, seguido de incremento até setembro, o que corresponde ao ciclo de crescimento da planta. Os teores de AG em função do mês são apresentados na Tabela 2, com efeito altamente significativo ($P < 0,001$) de mês sobre o teor de ácido α -linolênico.

Tabela 2. Efeito do mês de amostragem (Hemisfério Norte) na composição de ácidos graxos - AG (g/100 g de AG totais) em gramíneas de clima temperado (Glasser et al., 2013)

Mês	Palmítico (C16:0)	Estearíco (C18:0)	Oleico (C18:1 <i>cis</i> -9)	Linoleico (C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12)	α -linolênico (C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15)	Total de AG (g/kg de MS)
Abril	13,86	1,96	2,31	12,66	64,33	23,3
Maio	16,42	2,62	3,72	15,86	55,58	16,8
Junho	18,62	2,87	4,07	15,89	50,33	14,2
Julho	18,59	3,22	4,01	15,48	53,28	16,7
Agosto	18,0	2,6	3,18	14,18	55,11	16,7
Setembro	17,5	2,31	2,84	14,36	57,74	19,1
Outubro	16,76	2,64	2,83	13,62	59,0	20,2
Novembro	19,5	2,79	3,92	13,67	54,77	22,9

Como no inverno as plantas entram em senescência devido à menor luminosidade, temperatura e precipitação, ocorre diminuição na quantidade de folhas ativas e, conseqüentemente, as concentrações dos AG também diminuem, principalmente, dos AGPI, como o linoleico e α -linolênico (Dewhurst et al., 2006). O efeito do mês/estação do ano sobre as concentrações de AG em gramíneas tropicais está ilustrado nos dados compilados na Tabela 1 referentes aos trabalhos de O'Kelly e Reid (1976) e Fernandes et

al. (2007). Merecedores de nota são os maiores teores de lipídios totais e de ácido α -linolênico nas forragens de *Paspalum distichum*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana* e *P. maximum* var. Trichoglume obtidas no verão em comparação àquelas coletadas no inverno (O'Kelly e Reid, 1976 – Tabela 1).

De forma geral, as quantidades de lipídios e AG específicos disponíveis para a vaca dependem do montante de tecido foliar consumido. As variações em AG disponíveis nos alimentos causam modificações no conteúdo de componentes lipídicos bioativos que chegam aos tecidos e leite de ruminantes que consomem alimentos volumosos (Mir et al., 2006).

Diferenças na temperatura do ambiente induzem também mudanças substanciais nos teores e tipos de lipídios de membrana das plantas, principalmente com respeito ao grau de insaturação dos AG que os compõe, podendo ocorrer alteração da fluidez, afetando a passagem de substâncias pela membrana e prejudicando diversas funções da célula (Uemura et al., 1995).

A intensidade da luz é outro fator que pode afetar a composição de AG, pois pode influenciar o conteúdo de cloroplastos em folhas (Arvidsson et al., 2009). Nesse sentido, Dewhurst e King (1998) observaram que gramíneas sombreadas com plástico preto durante 24 horas antes do corte, apresentaram reduções nos teores de AGT.

Já Hawke (1973) relatou correlação positiva entre os teores de AG e a quantidade de clorofila no tecido foliar. Desse modo, a concentração é afetada pela energia solar, além da nutrição da planta, sendo o N o nutriente primário, pois é necessário em vários compostos como proteínas, enzimas, incluindo também processos metabólicos envolvidos na síntese e transferência de energia.

9.2 Manejo da pastagem

Espera-se que mudanças no manejo da pastagem possam afetar a qualidade do pasto e desse modo, o consumo de matéria seca de vacas leiteiras. Essa modificação influencia na quantidade de AG consumida pelo animal, além também de modificar a taxa de passagem, pois seu aumento pode acarretar em alteração na BH ruminal devido à diminuição do tempo para atuação dos microrganismos responsáveis por esse processo (Palladino et al., 2014).

Elgersma et al. (2006) registraram que com o prolongamento do intervalo de rebrota do azevém-perene houve redução nas concentrações de AGT, relatando teores significativamente mais baixos de ácido α -linolênico após longo período de rebrota. Esse resultado corrobora o que foi apresentado por Palladino et al. (2009), que relataram que sob maior período de rebrota ocorreu menor concentração de AGT.

Dewhurst et al. (2001) concluíram que o teor de AG em azevém-perene foi mais elevado na época de corte precoce em comparação à mais tardia. Ademais, maiores concentrações de AGT e de ácido α -linolênico foram observadas durante o estágio vegetativo de crescimento. Com a redução do período de descanso em pastejo rotacionado de *B. brizantha* cv. Marandu, Trindade et al. (2007) constataram maior proporção de folhas na extrusa de novilhas e vacas em pastagens ao atingir 95% de IRFA se comparado a 100% de interceptação. Neste contexto, com o aumento na proporção de folhas disponíveis para as vacas, podem-se obter diferentes valores de AG na dieta e, assim, também no leite.

Em estudo realizado no Brasil, Dias (2012) avaliou o perfil de AG em pastagens de capim-elefante (*P. purpureum* cv. Pioneiro) submetidas a quatro tratamentos: 90 e 120 cm de altura de entrada para pastejo de vacas em lactação, com duas proporções de rebaixamento do pasto: 50 e 70%. Além disso, o estrato acima do resíduo foi dividido em duas partes, definindo dois estratos de pastejo, quais sejam, metades superior (estrato 1) e inferior (estrato 2) do estrato pastejável. O autor relatou que houve efeito da altura do pasto sobre as concentrações dos AG e foram observadas maiores concentrações dos ácidos palmítico e α -linolênico, respectivamente, sob as alturas de entrada de 120 cm e 90 cm (Tabela 1). O teor mais elevado de ácido α -linolênico foi encontrado no estrato 1 do pasto, que apresentava maior proporção de folhas, enquanto que as maiores concentrações dos ácidos palmítico, oleico e linoleico foram observadas no estrato com maior proporção de colmos, qual seja, o estrato 2. Ademais, no estrato 2, observou-se que o ácido α -linolênico ainda apresentava maior concentração em relação às dos demais AG (Tabela 1). Neste contexto, o autor recomendou que a altura de entrada das vacas em piquetes de capim-elefante seja de 90 cm, e de saída com 50 cm, quando o objetivo for disponibilizar às vacas pasto com maior teor de ácido α -linolênico e, dessa forma, permitir obter leite com perfil de AG mais adequado ao consumo humano.

De forma geral, o número e o período entre os cortes dentro de um ano têm grande efeito sobre a concentração de AG nas forragens e, dessa forma, os valores podem ser

mantidos por meio de manejo intensivo que iniba o início da floração (Dewhurst et al., 2001).

Palladino et al. (2009) avaliaram o efeito de duas diferentes massas de pasto e duas ofertas diárias de forragem de azevém perene sobre o consumo de AG e seu teor no leite. Estes autores verificaram que ocorreu diferença no consumo de AG entre os tratamentos. Esse fator não refletiu na composição de AG do leite em particular, não tendo efeito da dieta nos valores de rumênico ou vacênico, sendo encontrada baixa relação entre o consumo de AG e o teor de ácido rumênico do leite, e concluíram que as mudanças na massa ou oferta diária de forragem (pelo menos no âmbito do referido estudo) não afetaram a composição do leite em animais alimentados com azevém perene.

Referências

ADEWUYI, A. A.; GRUYS, E.; VAN EERDENBURG, F. J. V. M. Non esterified fatty acids (NEFA) in dairy cattle. A review. *Veterinary Quarterly*. v. 27, p. 117-126, 2005.

AGENÄS, S.; HOLTENIUS, K.; GRIINARI, M.; BURSTEDT, E. Effects of turnout to pasture and dietary fat supplementation on milk fat composition and conjugated linoleic acid in dairy cows. *Acta Agriculturae Scandinavica. A*. v. 52, p. 25-33, 2002.

ALVES, D. *Consumo de forragem e produção do leite de vacas mestiças em pastagem de capim-xaraés*. 2013. 38f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F. *As principais espécies de Brachiaria utilizadas no país*. Comunicado técnico 22. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002, p. 4.

ANDRADE, F. M. E. *Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte*. 2003. 125f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ANJOS, A. J. *Produtividade de forragem, características estruturais e produção de leite em capim-marandu sob lotação intermitente com período de descanso fixo ou variável*. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.

ARVIDSSON, K.; GUSTAVSSON, A. M.; MARTINSSON, K. et al. Effects of conservation method on fatty acid composition of silage. *Animal Feed Science and Technology*, v. 148, p. 241-252, 2009.

BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO Jr., D.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 329-340, 2007.

BARENDSE, W. Should animal fats be back on the table? A critical review of the human health effects of animal fat. *Animal Production Science*, v. 54, p. 831-855, 2014.

BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminant. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 3864, 1993.

BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; GRIINARI, J. M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 1999. Disponível em: <http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0937.pdf>

BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *Journal of Dairy Science*, v. 63, p. 1514-1529, 1980.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, v. 70, p. 15-29, 2001.

BAUMAN, D. E.; HARVATINE, K. J.; LOCK, A. L. Nutrigenomics, rumen-derived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, v. 31, p. 299-319, 2011.

BAUMAN, D. E.; PERFIELD II, J. W.; DE VETH, M. J.; LOCK, A. L. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proceedings Cornell Nutrition Conference*, p. 175-189, 2003.

BAUMGARD, L. H., CORL, B. A., DWYER, D. A. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits fat synthesis. *The American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 278, p. 179 - 184, 2000.

BELL, A. W.; SLEPETIS, R.; EHRHARDT, R. A. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v. 78, p. 1954-1961, 1995.

BENEDETTI, E.; RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. S. Digestibilidade in vitro e in situ de três forrageiras tropicais colhidas manualmente e por vacas fistuladas no esôfago. *Acta Scientiarum Animal Science*, v.30, p.203-210, 2008.

BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F. et al. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 45, p. 335-343, 2014.

BOERMAN, J. P.; FIRKINS, J. L.; St-PIERRE, N. R. et al. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: A meta-analysis and meta regression. *Journal of Dairy Science*, v. 98, p. 1-15, 2015.

BOUFAÏED H.; CHOUINARD, P. Y.; TREMBLAY, G. F. et al. Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 83, p. 501-511, 2003.

BUCCIONI, A.; DECANDIA, M.; MINIERI, S. et al. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Animal Feed Science and Technology*, v. 174, p. 1-25, 2012.

BURNS, J. C.; SOLLENBERGER, L. E. Grazing behavior of ruminants and daily performance from warm-season grasses. *Crop Science*, v. 42, p. 873-881, 2002.

CARARETO, R. *Uso de ureia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim Elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis de desfolha*. 2007. 117f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

CARNEVALLI, R. A.; Da SILVA, S. C.; BUENO, A. A. O. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. *Tropical Grasslands*, v. 40, p. 165-176, 2006.

CARVALHO, P. C. F.; FILHO, H. M. N. R.; POLI, C. H. E. C. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. *Anais...* Piracicaba: Fealq. 2001. p. 853-871.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. et al. *A cultura do girassol: tecnologia de produção*. n. 67. 2ª ed. Londrina: EMBRAPA–CNPSO, 1989. 20p.

CHACON, E. A.; STOBBS, T. H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. In: *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 29, p. 89-102, 1978.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. *Bioquímica ilustrada*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 528p.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. (Ed.). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. *Grasslands for Our World*. SIR Publishing, Wellington, 1993. p.55-64.

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. Symposium advances in ruminant lipid metabolism. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 3897-3931, 1993.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A. Dietary lipid and forage interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, v. 44, p. 467-492, 2004.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DOREAU, M. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, v. 70, p. 31 - 48. 2001.

CHRISTIE, W. W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *Journal of Lipid Research*, v. 23, p. 1072, 1981.

COLLOMB, M.; SCHMID, A.; SIEBER, R. et al. Conjugated linoleic acids in milk fat: variation and physiological effects. *International Dairy Journal*, v. 16, p. 1347-1361, 2006.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Série histórica: área, produção e produtividade. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acessado em: 18 de abril de 2015.

CONTRERAS, G. A.; SORDILLO, L. M. Lipid mobilization and inflammatory responses during the transition period of dairy cows. *Comparative Immunology, Microbiology & Infectious Diseases*, v. 34, p. 281-289, 2011.

CORL, B. A.; BAUMGARD, L. H.; DWYER, D. A.; GRIINARI, J. M.; PHILLIPS, B. S.; BAUMAN, D. E. The role of delta(9)-desaturase in the production of *cis*-9 *trans*-11 CLA. *Journal of Nutrition Biochemistry*, v. 12, p. 622-630, 2001.

COZMA, A.; MIERE, D.; FILIP, L. et al. A Review of the Metabolic Origins of Milk Fatty Acids. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 5, p. 270, 2013.

DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of Nutrition Society*, v. 58, p. 593-607, 1999.

DEWHURST, R. J.; KING P. J. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. *Grass and Forage Science*, v.53, p. 219-224, 1998.

DEWHURST, R. J.; SHINGFIELD, K. J.; LEE, M.R. F. et al. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology*. v. 131, p. 168-206, 2006.

DEWHURST, R. J.; SCOLLAN, N. D.; YOUELL, S. J. et al. Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science*, v. 56, p. 68-74, 2001.

DIAS, K. M. *Perfil de ácidos graxos em pastos de capim-elefante cv. Pioneiro submetidos a alturas de pastejo e severidades de desfolha*. 2012. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Florianópolis.

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO Jr., D.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Sward structure and nutritive value of Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 9-19, 2009.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm compositional changes and related diagnostic tests. *Journal of Dairy Research*, v. 78, p. 15-35, 1997, (suppl.).

DOREAU, M.; FERLAY, A. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: A review. *Livestock Production Science*, v. 43, p. 97-110, 1995.

DRACKLEY, J. K. 2004. *Overview of Fat Digestion and Metabolism in Dairy Cows*. In: Illini Dairy Net. Disponibilidade <<http://www.livestocktrail.uiuc.edu/dairynet/paperDisplay.cfm?ContentID=9151>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

DRACKLEY, J. K. *Lipid Metabolism*. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.) *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Ed. Cidade: CABI. p. 97-119, 2000.

EBINA, M.; OKUMURA, K.; MATSU-URA, H. et al. Characterization of chilling sensitivity of tropical and temperate grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18., 1997, Winnipeg. *Proceedings...* Winnipeg: IGC, 1997. Disponibilidade <<http://www.internationalgrasslands.org/files/igc/publications/1997/1-04-039.pdf>> Acesso em: 19 mai. 2015.

ECHARTE, M. M.; PUNTEL, L. A.; AGUIRREZABAL, L. A. Assessment of the critical period for the effect of intercepted solar radiation on sunflower oil fatty acid composition. *Field Crops Research*, v. 149, p. 213-222, 2013.

ELGERSMA, A.; TAMMINGA, S.; ELLEN, G. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science Technology*, v. 131, p. 207-225, 2006.

FERNANDES, S. A. A.; MATTOS, W. R. S.; MATARAZZO, S.V. et al. Perfil de Ácidos graxos em alimentos de clima tropical utilizados nas dietas para ruminantes. Nova Odessa: *Boletim de Indústria Animal*, v. 64, p. 19-27, 2007.

FUKUMOTO, N. M.; DAMASCENO, J. C.; DERESZ, F. Produção e composição do leite, consumo de matéria seca e taxa de lotação em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.1548-1557, 2010.

GERSON, T.; JOHN, A.; KING, A. S. D. The effects of dietary starch and fibre on the in vitro rates of lipolysis and hydrogenation by sheep rumen digesta. *The Journal of Agricultural Science*, v. 105, p. 27-30, 1985.

GLASSER, F.; FERLAY, A.; CHILLIARD, Y. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, v. 91, p. 4687-4703, 2013.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p.1487-1494, 2007.

GOMIDE, J. A.; WENDLING, I. J.; BRAS, S. P. et al. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagens de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, p. 1194-1199, 2001.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: YURAWECZ, P.; CHAMPAIGN, I. L. et al. (eds.). *Advances in conjugated linoleic acid research*. USA: American Oil Chemists' Society, 1999. v. 1, p.180-200.

- GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E.; CHILLIARD, Y. et al. Dietary influences on conjugated linoleic acids (CLA) in milk fat. *Proc. Mtg. European Section AOCS*, p. 97, 2000.
- GRUMMER, R. R. Effect of feed on the composition of milk fat. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3244-3257, 1991.
- GURR, M. I.; HARWOOD J. L.; FRAYN, K. N. *Lipid biochemistry - an introduction*. 5.ed. Blackwell Science, 2002.
- HARDY, M. B.; MEISSNER, H. H.; O'REAGAIN, P. J. Forage intake and free-ranging ruminants: a tropical perspective. In: BUCHANAN-SMITH, J.G.; BAILEY, L.D.; MCCAUGHEY, P. (eds.). *Proceedings of the 18th International Grassland Congress, 1997. Canada, Winnipeg... Canadá: 1997. p. 45-52.*
- HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. (ed.). *The Rumen Microbial Ecosystem*. London: Elsevier Applied Science 1988. p. 285-322.
- HARVATINE, K. J. Circadian patterns of feed intake and milk composition variability. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*. In: WAYNE, I.N. 2012. p. 43-55.
- HARVATINE, K. J.; BAUMAN, D. E. SREBP1 and thyroid hormone responsive spot 14 (S14) are involved in the regulation of bovine mammary lipid synthesis during diet-induced milk fat depression and treatment with CLA. *Journal of Nutrition*, v. 136, p. 2468-2474, 2006.
- HARVATINE, K. J.; BOISCLAIR, Y. R.; BAUMAN, D. E. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. *Animal*, v. 3, p. 40-54, 2009.
- HARWOOD, J. L. Plant acyl lipids. In: (ed.). *Biochemistry of Plants*. New York: Stumpf Academic Press, KL, 1980. v. 4. p. 1.
- HARWOOD, J. L. Recent advances in the biosynthesis of plant fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1301, p. 7-56, 1996.

HAWKE, J. C. Lipids. In: BUTLERAND, G.W.; BAILY, R.W. (ed.). *Chemistry and biochemistry of herbage*. London: Academic Press, UK, 1973. p. 21-263.

HELDT, H. W. *Plant biochemistry*. 3^o ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. 629 p.

IZQUIERDO, N. G.; AGUIRREZABAL, L. A. N.; ANDRADE, F. H. et al. Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species. *Field Crops Reserch*, v. 114, p. 66-74, 2009.

JENKINS, T.C. Lipid Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 3851-3863, 1993.

JENSEN, R. G. The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p. 295-350, 2002.

KEPLER, C.; HIRONS, K.; MCNEILL, J. Inter-mediate and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*, *The Journal of Biological Chemistry*, v. 241, p. 1350-1354, 1966.

KHAN, N. A.; CONEA, J. W.; FIEVEZ, V. et al. Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages. *Animal Feed Science Technology*, v. 174, p. 36-45, 2012.

KHANAL, R. C.; DHIMAN, T. R. Biosynthesis of conjugated linoleic acid (CLA): a review. *Pakistan Journal of Nutrition*, v. 3, p. 72-81, 2004.

LARSEN, M. K.; FRETTE, X. C.; KRISTENSEN, T. et al. Fatty acid, tocopherol and carotenoid content in herbage and milk affected by sward composition and season of grazing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012. Disponibilidade <<http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5620>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

LIMA, F. H. S. *Tortas de oleaginosas oriundas da produção de biodiesel em substituição ao farelo de soja na alimentação de vacas em lactação em pastejo*. 2011. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LIMA, L. S.; OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A.R. et al. Composition and fatty acid profile of milk from cows on pasture subjected to licuri oil supplement. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 2858-2865, 2011.

LOCK, A. L.; GARNSWORTHY, P. C. Seasonal variation in conjugated linoleic acid and Δ 9-desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science*, v. 79, p. 47-59, 2003.

LOCK, A. L.; HORNE, C. A. M.; BAUMAN, D. E. Butter naturally enriched in conjugated linoleic acid and vaccenic acid alters tissue fatty acids and improves the plasma lipoprotein profile in cholesterol fed hamsters. *Journal of Nutrition*, v. 135, p. 1934-1939, 2005.

LOCK, A. L.; TYBURCZY C.; DWYER, D. A. et al. *Trans*-10 octadecenoic acid does not reduce milk fat synthesis in dairy cows. *Journal of Nutrition*, v. 137, p. 71-76, 2007.

LOFTEN, J. R.; LINN, J. G.; DRACKLEY, J. K. et al. Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 97, p. 4661-4674, 2014.

LOPES, F. C. F.; BARROS, P. A. V.; BRUSCHI, J. H. et al. Perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês em pastagens tropicais suplementadas com dois níveis de concentrado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 63, p. 518-521, 2011a.

LOPES, F. C. F.; GAMA, M. A. S.; RIBEIRO, C. G. S. et al. Produção de leite com alto teor de CLA – Experiência brasileira. In: PEREIRA, L. G. R.; NOBRE, M. M. et al. (Org.). *Pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da bovinocultura leiteira*. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2011b. p. 251-296.

MACEDO, F. L. *Doses de concentrado com ou sem gordura inerte na dieta de vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais*. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MARCELINO, K. R. A.; NASCIMENTO Jr., D. N.; SILVA, S. C. et al. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a

intensidades e frequências de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 2243-2252, 2006.

MARÍN, A. L. M.; HERNÁNDEZ, M. P.; ALBA, L. M. P. et al. Efecto de los aceites y semillas en dietas para rumiantes sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 4, p. 319-338, 2013.

MARTINS, S. C. S. G.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CALDEIRA, L. A. et al. Rendimento, composição e análise sensorial do queijo minas frescal fabricado com leite de vacas mestiças alimentadas com diferentes volumosos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, p. 993-1003, 2012.

MEDEIROS, S. R.; OLIVEIRA, D. E.; AROEIRA, L. J. M. et al. Effects of dietary supplementation of rumen-protected conjugated linoleic acid to grazing cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, v.93, p.1126-1137, 2010.

MIR P. S.; BITTMAN S.; HUNT D.; ENTZ T.; YIP B. Lipid content and fatty acid composition of grasses sampled on different dates through the early part of the growing season. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 86, p. 279-290, 2006.

MOHAMMED, R.; STANTON, C. S.; KENNELLY, J. J.; et al. Grazing cows are more efficient than zero-grazed and grass silage-fed cows in milk rumenic acid production. *Journal of Dairy Science*, v. 92, p. 3874-3893, 2009.

MOORE, J. H.; CHRISTIE, W. W. Digestion, absorption and transport of fats in ruminant animals. In: WISEMAN, J. (Ed.). *Fats in Animal Nutrition*. London: Butterworths, UK, 1984. p. 123-149.

MOURTHÉ, M. H. F.; REIS, R. B.; GAMA, M. A. S.; BARROS, P. A. V.; ANTONIASSI, P.; BIZZO, H. R.; LOPES, F. C. F. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir em pastagem de capim-Marandu suplementado com quantidades crescentes de grão de soja tostado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 67, p. 1150-1158, 2015.

MOURTHÉ, M. H. F.; REIS, R. B.; LOPES, F. C. F.; GAMA, M. A. S.; SOUZA, R. C. Desempenho, composição do leite e metabólitos sanguíneos de vacas Holandês x Gir

manejadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e suplementadas com grão de soja tostado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.64, p.1223-1231, 2012.

MURTA, R. M. *Fontes lipídicas na alimentação de vacas lactantes*. 2012. 78f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de bioquímica de Lehninger*. Porto Alegre: Editora Artmed, 2011. 1304p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*.7.ed. Washington: National Academy, 2001, 381p.

NTAMBI, J. M. Regulation of stearyl-CoA desaturase by polyunsaturated fatty acids and cholesterol. *Journal of Lipid Research*, v.40, p. 1549-1558, 1999.

NUNES, S. G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M. I. O. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. 2ed. Campo Grande: EMBRAPACNPGC, 1985. 31p. (Documentos, 21).

O'BRIEN, J. S.; BENSON, A. A. Isolation and fatty acid composition of the plant sulfolipid and galactolipids. *Journal of Lipid Research*, v. 5, p. 423-436, 1964.

O'KELLY, J. C.; REICH, H. P. The fatty-acid composition of tropical pastures. *Journal of Agricultural Science*, v. 86, p. 427-429, 1976.

ONETTI, S. G.; GRUMMER R. R. Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Animal Feed Science and Technology*, v. 115, p.65-82, 2004.

PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M. et al. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. *Animal*, v.8, p.1264-1271, 2014.

PALLADINO, R. A.; O'DONOVAN, M.; KENNY, D. A. Fatty acid intake and rumen fatty acid composition is affected by pre-grazing herbage mass and daily herbage

allowance in Holstein dairy cows. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v. 12, p. 708-716, 2014.

PALLADINO, R. A.; O'DONOVAN, M.; MURPHY, J. J. et al. Fatty acid intake and milk fatty acid composition of Holstein dairy cows under different grazing strategies: Herbage mass and daily herbage allowance. *Journal of Dairy Science*, v. 92, p. 5212-5223, 2009.

PALMQUIST, D. L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 1354–1360 1991.

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

PALMQUIST, D. L.; WEISBJERG, M. R.; HVELPLUND, T. Ruminant, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 1353-1364, 1993.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T. et al. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. Cap.10, p.287-310.

PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK, M. E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, v. 40, p. 283-298, 2001.

PELEGRINI, B. *Girassol: uma planta solar que das américas conquistou o Mundo*. São Paulo: Ícone, 1985. 117p.

PEREZ, J. B.; SOUZA, R. S. C.; ANTONIASSI, R. et al. Perfil de ácidos graxos em cultivares de capim elefante utilizados na alimentação de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 31., 2010, Águas de Lindoia. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010.

PERFIELD, J. W.; LOCK, A. L.; GRINARI, J.M. *Trans-9, cis-11* conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 2211 – 2218, 2007.

PIMENTEL, J. J. O.; LANA, R. P.; GRAÇA, D. S. et al Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas leiteiras em pastagens de capim-braquiária cv. Marandu no período da seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 418-425, 2011.

PIRES, J. C. A cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.). In: SEMINÁRIO PARA O SEGUNDO PLANTIO, 1998 Barretos e Paraguaçu Paulista. *Palestra...* Paraguaçu Paulista: ESAPP, CATI/DSMM, 1998. 12f.

PORTO, P. P., DERESZ, F., SANTOS, G. T. D., et al. Produção e composição química do leite, consumo e digestibilidade de forragens tropicais manejadas em sistema de lotação intermitente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p.1422-1431, 2009.

RAWSTHORNE, S. Carbon flux and fatty acid synthesis in plants. *Progress in Lipid Research*, v. 41, p. 182-196, 2002.

REGO, O. A.; ALVES, S. P.; ANTUNES, L. M. S. Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat from grazing dairy cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. *Journal of Dairy Science*, v. 92, p. 4530-4540. 2009.

REGO, O. A.; ROSA, H. J. D.; PORTUGAL, P. V. et al. The effects of supplementation with sunflower and soybean oils on the fatty acid profile of milk fat from grazing dairy cows. *Animal Research*, v. 54, p. 17-24, 2005.

RIBEIRO, C. G. S. *Níveis crescentes de óleo de soja em dieta baseada em capim-elefante (Pennisetum purpureum Schumack) picado sobre parâmetros da fermentação e cinética ruminal, composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas mestiças*. 2009. 119f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RIBEIRO, C. G. S. *Produção e composição do leite de vacas alimentadas com capim-elefante suplementado com óleo de girassol*. 2013. 192f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RIBEIRO, C. G. S.; LOPES, F. C. F.; GAMA, M. A. S.; MORENZ, M. J. F.; RODRIGUEZ, N. M. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas

que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, p. 1513-1521, 2014.

RIBEIRO, L. R. Girassol: opção de cultivo para a produção de óleo comestível. In: SIMPÓSIO AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1998, Fortaleza, CE. *Anais...* Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1998. p. 58-62.

ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K. et al. Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, v. 92, p. 5769-5801, 2009.

RODRIGUES, G. H.; SUSIN, I.; PIRES, A. V. et al. Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 1346-1352, 2010.

RUKKWAMSUK, T.; GEELLEN, M. J. H.; KRUIP, T. A. M et al. Interrelation of fatty acid composition in adipose tissue, serum and liver of dairy cows during development of fatty liver postpartum. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p.5 2-59, 2000.

SALAS, J.; MARTÍNEZ-FORCE, E.; HARWOOD, J. et al. Biochemistry of high stearic sunflower, a new source of saturated fats. *Progress Lipid Research*, v. 55, p. 30-42, 2014.

SANTANA JÚNIOR, H. A. *Glicerina bruta no suplemento de vacas lactantes primíparas mantidas em pastagem tropical irrigada*. 2013. 120f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

SANTOS, W. B. R. *Qualidade do leite de vacas sob pastejo, suplementadas com concentrados contendo grãos de girassol processados física ou quimicamente*. 2010. 108f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

SANTOS, W. B. R.; SANTOS, G. T. D.; SILVA-KAZAMA, D. C. et al. Production performance and milk composition of grazing dairy cows fed pelleted or non pelleted concentrates treated with or without lignosulfonate and containing ground sunflower seeds. *Animal Feed Science Technology*, v. 169, p. 167-175, 2011.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). *A produção animal na visão dos brasileiros*, Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

SCHROEDER, G.F.; GAGLIOSTRO, G.A.; BARGO, F. et al. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livestock Production Science*, v. 86, p. 1-18, 2004.

SHINGFIELD, K. J.; BERNARD, L.; LEROUX, C. et al. Role of *trans* fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. *Animal*, v. 4, p. 1140-1166, 2010.

SHINGFIELD, K. J.; CHILLIARD, Y.; TOIVONEN, V. *Trans* fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. In BÖSZE, Z. (Ed.), *Bioactive components of milk, Advances in Experimental and Medical Biology*, 2008.

SHINGFIELD, K. J.; REYNOLDS, C. K.; HERVA, G. et al. Examination of the Persistency of Milk Fatty Acid Composition Responses to Fish Oil and Sunflower Oil in the Diet of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 89, p. 714-732, 2006.

SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; CHILLIARD, Y. Effect of calcium salts of a mixture of conjugated linoleic acids containing *trans*-10 *cis*-12 in the diet on milk fat synthesis in goats. *British Journal of Nutrition*, v. 101, p. 1006-1019, 2009.

SHINGFIELD, K. J.; WALLACE, R. J. Synthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In: SELS, B.; PHILIPPAERTS, A. (Ed.) *Conjugated linoleic acids and conjugated vegetable oils*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2014. p.1-64.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO Jr, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 121-138, 2007.

SILVEIRA, M. C. T.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C. et al. Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth. *Scientia Agricola*, v. 67, p. 136-142, 2010.

SOUSA, B. M.; SATURNINO, H. M.; BORGES, A. L. C. C. et al. Estimativa de consumo de matéria seca e de fibra em detergente neutro por vacas leiteiras sob pastejo, suplementadas com diferentes quantidades de alimento concentrado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 60, p. 890-895, 2008.

SOUZA, J. *Fontes de gordura alteram o desempenho e metabolismo de vacas mantidas em pastagens tropicais*. 2014. 163f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

SOUZA, S. M. *Desempenho e perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de girassol em dietas à base de cana-de-açúcar*. 2011. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal Agricultural Research*, v. 24, p. 821-829, 1973b.

STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal Agricultural Research*, v. 24, p. 809-819, 1973a.

STOFFEL, C. M.; CRUMP, P. M.; ARMENTANO, L. E. Effect of dietary fatty acid supplements, varying in fatty acid composition, on milk fat secretion in dairy cattle fed diets supplemented to less than 3% total fatty acids. *Journal of Dairy Science*, v. 98, p. 431 - 442. 2014.

SUKSOMBAT, W.; MEEPROM, C.; MIRATTANAPHRAI, R. Milk production, milk composition, live weight change and milk fatty acid composition in lactating dairy cows in response to whole linseed supplementation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 26, p. 1111-1118, 2013.

SUMNER, J. M.; VALDEZ, F.; MCNAMARA, J. P. Effects of chromium propionate on response to an intravenous glucose tolerance test in growing Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, v. 90, p. 3467– 3474, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological function. *Animal Science Journal*, v. 76, p. 291-303, 2005.

TELLES, M. M. *Caracterização dos grãos, torta e óleo de três variedades de girassol (Helianthus annuus L.) e estabilidade do óleo bruto*. 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TOYES-VARGAS, E. A.; MURILLO-AMADOR, B.; ESPINOZA-VILLAVICENCIO, J.L. et al. Composición química y precursores de ácidos vaccénico y ruménico en especies forrajeras en Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, v. 4, p. 373-386, 2013.

TRINDADE, J. K.; SILVA, S. C.; SOUZA JÚNIOR, S.J. et al. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 883-890. 2007.

UEMURA, M.; JOSEPH, R. A.; STEPONKUS, P. L. Cold acclimation of *Arabidopsis thaliana*. *Plant physiology*, v. 109, p. 15-30. 1995.

ÚNGARO, M. R. G. A. *Instruções para a cultura do girassol*. Campinas: IAC, 1993. v. 76, p.125-1986. (Boletim Técnico, 105).

VALLE, C. B. (Ed.) *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, Chap. 1, 1996. p. 1-15.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. C. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17. 2001. Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 133-176.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press, 1994. p. 476.

Van LINGEN, H. J.; CROMPTON, L. A.; HENDRIKS, W. H. et al. Meta-analysis of relationships between enteric methane yield and milk fatty acid profile in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 97, p. 7115-732, 2014.

Van RANST, G.; FIEVEZ, V.; VANDEWALLE, M. et al. Influence of herbage species, cultivar and cutting date on fatty acid composition of herbage and lipid metabolism during ensiling. *Grass and Forage Science*, v. 64, p. 196-207, 2009.

van VALENBERG, H. J. F.; HETTINGA, K. A.; DIJKSTRA, J.; BOVENHUIS, H.; FESKENS, E. J. M. Concentrations of n-3 and n-6 fatty acids in Dutch bovine milk fat and their contribution to human dietary intake. *Journal of Dairy Science*, v. 96, p. 4173-4181, 2013.

Van WIJLEN, R. P. J.; COLOMBANI, P. C. Grass-based ruminant production methods and human bioconversion of vaccenic acid with estimations of maximal dietary intake of conjugated linoleic acids. *International Dairy Journal*, v. 20, p. 433-448, 2010.

VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; GARNSWORTHY, P. C. *Trans* fatty acids and their role in the milk of dairy cows. *Ciencia e investigación agraria*, v. 40, p. 449-473, 2013.

VASCONCELOS COSTA, A. G.; BRESSAN, J.; SABARENSE, C. M. Ácidos Graxos *Trans*: Alimentos e Efeitos na Saúde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 56, p. 12-21, 2006.

VERNON, R. G. Lipid metabolism in adipose tissue of ruminant animals. *Progress in Lipid Research*, v. 19, p. 23-106, 1980.

VLAEMINCK, B.; FIEVEZ, V.; DEMEYER, D.; DEWHURST, R. J. Effect of forage:concentrate ratio on fatty acid composition of rumen bacteria isolated from ruminal and duodenal digesta. *Journal of Dairy Science*, v. 89, p. 2668-2678, 2006.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and with and between years. *Annals of Botany*, v. 11, p. 41-76, 1947.

YEAMAN, S. J. Hormone-sensitive lipase new roles for an old enzyme. *Biochemical Journal*, v. 379, p. 11-22, 2004.

ZEFERINO, C. V. *Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [Brachiaria brizantha (Hochst. ex A. Rich) cv Marandu] submetidos a regime de lotação intermitente por bovinos de corte*. 2006. 193f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

ZUIL, S. G.; IZQUIERDO, N. G.; LUJÁN, J. et al. Oil quality of maize and soybean genotypes with increased oleic acid percentage as affected by intercepted solar radiation and temperature. *Field Crops Reserch*, v. 127, p. 203–214. 2012.

CAPÍTULO II

Perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim- Marandu

Resumo – Objetivou-se avaliar duas estratégias de manejo rotacionado de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (pastejo fixo com 30 dias descanso, ou pastejo variável com 95% de interceptação luminosa) sobre o perfil de ácidos graxos do pasto, plasma e do leite de vacas Holandês x Gir. Utilizou-se delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições de área de pastagem/tratamento, e quatro vacas por repetição de área. Os resultados foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando-se modelos mistos ($\alpha = 0,05$). Não houve efeito do método de pastejo nos teores dos ácidos α -linolênico, linoleico e oleico do pasto, sobre a produção e composição do leite, bem como nas concentrações dos ácidos graxos no plasma e leite, mas foi observado efeito sobre os consumos dos ácidos graxos do pasto. As faixas de concentração dos ácidos rumênico, vacênico, oleico e α -linolênico no leite foram, respectivamente, de 0,71 a 0,93; 1,4 a 1,5; 19,4 a 19,7; e 0,39 a 0,43 g/100 g de ácidos graxos totais. O manejo da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com 30 dias de descanso ou com 95% de interceptação luminosa não alterou o perfil de ácidos graxos do pasto, do plasma e leite de vacas Holandês x Gir.

Termos para indexação: ácido linoleico conjugado, ácido rumênico, ácido vacênico, *Brachiaria brizantha*, CLA, pastagem.

Milk fatty acid profile of Holstein x Gyr cows grazing on marandugrass

Abstract – The objective was to evaluate two strategies of rotational stocking management of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (fixed grazing, interval 30 day resting period or variable grazing, interval with 95% light interception) on fatty acids composition of pasture, plasma and milk of Holstein x Gyr cows. A randomized blocks design was used with two replications of pasture/treatment, and four cows per area of repetition. The results were analyzed as repeated measurements over time using mixed models ($\alpha = 0.05$). No effect of management method were observed on levels of α -linolenic, linoleic and oleic acid in pasture or milk yield and composition, and on the concentrations of fatty acids in plasma and milk, but there was effect on the consumption of pasture fatty acids. The concentration ranges of rumenic, vaccenic, oleic and α -linolenic acids in milk were respectively 0,71 to 0,93; 1,4 to 1,5; from 19,4 to 19,7; and 0,39 to 0,43 g/100 g total fatty acids. The management of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu with 30 day resting period or 95% light interception did not alter the fatty acid profile of the pasture, plasma and milk of Holstein x Gir cows.

Index terms: *Brachiaria brizantha*, CLA, conjugated linoleic acid, pasture, rumenic acid, vaccenic acid.

Introdução

Diversas pesquisas têm indicado que o consumo de ácidos graxos (AG) poli-insaturados apresenta efeito positivo sobre a saúde humana, com destaque para o ácido rumênico (CLA *cis*-9 *trans*-11), que possui ação anticarcinogênica, antidiabetogênica,

antiaterogênica e imunomodulatória, sendo o mais abundante isômero do ácido linoleico conjugado (CLA) no leite de vacas, tendo a gordura láctea como fonte principal para a dieta humana. Para sua síntese requer AG poli-insaturados como o ácido linoleico (C18:2 *cis*-9 *cis*-12) e o ácido α -linolênico (C18:3 *cis*-9 *cis*-12 *cis*-15) nas fontes alimentares de ruminantes e por meio da bio-hidrogenação (BH) ruminal destes, são sintetizados como intermediários os ácidos rumênico e vacênico (C18:1 *trans*-11). Este último, na glândula mamária, pode ser convertido a ácido rumênico pela ação da enzima Δ^9 -desaturase (Shingfield & Wallace, 2014).

Neste contexto, o leite de vacas a pasto apresenta, potencialmente, gordura com maiores teores dos ácidos rumênico e vacênico devido ao incremento na concentração de ácido α -linolênico em forragens frescas se comparado ao de vacas recebendo dietas baseadas em forragens conservadas, como feno e silagens.

O perfil de AG na forragem pode ser afetado por vários fatores dentre os quais destaca-se o manejo da pastagem, pois de acordo com Dewhurst et al. (2006), a época e a quantidade de cortes da planta forrageira pode modificar a estrutura do pasto, melhorando o valor nutritivo e, por conseguinte, como relatado por Palladino et al. (2014), o consumo de precursores como os ácidos linoleico e α -linolênico, impactando na BH ruminal. Em suma, o manejo da pastagem que inibe o início do florescimento e a redução da intensidade do processo de alongamento do colmo pode elevar os teores de AG na planta forrageira, pois os lipídios concentram-se nas membranas dos tilacoides nos cloroplastos de folhas (Buccioni et al., 2012). Ressalte-se que são poucos os trabalhos relacionados ao manejo da pastagem como prática para otimizar a concentração de AG poli-insaturados no leite de vacas, sendo todos realizados com forrageiras C₃ (Palladino et al., 2009 e 2014, Coppa et al., 2013) e, a despeito do grande potencial, não há trabalhos deste gênero com gramíneas tropicais, de ciclo fotossintético C₄.

Desse modo, objetivou-se avaliar duas estratégias de métodos de pastejo rotacionado de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o perfil de ácidos graxos do pasto, bem como do plasma e do leite de vacas Holandês x Gir.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Embrapa Gado de Leite (Coronel Pacheco, MG), de 25 de janeiro a 04 de maio de 2012 e os procedimentos experimentais utilizados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Leite (Protocolo CEUA 12/2013). Já os parâmetros meteorológicos registrados durante o período experimental são apresentados no Anexo 5. Foram utilizadas 16 vacas Holandês x Gir, multíparas, com 93 ± 13 dias de lactação, e produção de $14,6 \pm 2,8$ kg/dia de leite, manejadas sob lotação rotacionada em área de 4 ha de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, perfazendo 44 piquetes. Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com duas repetições de área de pastagem por tratamento, e em cada repetição de área foram alocadas quatro vacas homogeneamente distribuídas em função do grau de sangue, produção de leite, peso corpóreo e ordem de lactação.

Os tratamentos experimentais avaliados foram dois métodos de pastejo: 1) período de descanso variável: entrada das vacas nos piquetes quando o pasto atingia 95% de interceptação luminosa, estimada por meio de equipamento analisador de dossel; e 2) período de descanso fixo, em que a pastagem foi manejada com 30 dias de descanso.

As vacas dos dois tratamentos receberam 2,8 kg/dia de concentrado (base da matéria natural - MN), com composição média de 88,8% de matéria seca (MS), 20,5% de proteína bruta (PB), 11,4% de fibra em detergente neutro (FDN), 3,95% de fibra em detergente ácido (FDA) e 4,3% de extrato etéreo (EE), ofertado parcelado no momento das

duas ordenhas diárias, em cocho individual no estábulo. O concentrado foi formulado de acordo com as exigências nutricionais estabelecidas pelo NRC (2001) para vacas com 500 kg de peso corporal, produzindo 16 kg/dia de leite com 4,0% de gordura.

Nos dois tratamentos, o período de ocupação dos piquetes foi de três dias, almejando-se resíduo pós-pastejo de 25 cm de altura e ajustando a lotação pela técnica *put-and-take*, com oferta média durante os três ciclos de 6,3 e 5,5 kg de massa seca/100 kg de PV para o pastejo variável e fixo, respectivamente. A adubação foi realizada com 50 kg/ha de N e de K₂O e 12,5 kg/ha de P₂O₅, utilizando a formulação 20-05-20 (NPK), após a saída das vacas no último dia de pastejo do piquete.

Foram realizados três períodos (ciclos de pastejo) de coletas de amostras de plasma e leite, além da estimativa do consumo individual de pasto. Após o registro das produções e homogeneização do leite ordenhado de cada vaca, as amostras foram inseridas em frascos sem conservante e armazenadas à -10°C visando a determinação do perfil de AG no Laboratório de Cromatografia da Embrapa Gado de Leite, realizada conforme descrito por Ribeiro et al. (2014), em cromatógrafo de fase gasosa modelo 6890N (Agilent Technologies Inc., EUA) equipado com coluna CP-Sil 88 FAME 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm (Varian Inc., EUA) e detector de ionização de chama, com condições de operação descritas por Cruz-Hernandez et al. (2007). Em outro frasco contendo conservante bronopol, amostras de leite foram concomitantemente coletadas para análise da composição centesimal realizada no Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite, bem como do teor de nitrogênio ureico no leite (NUL).

Para avaliar a qualidade nutricional da gordura do leite, índices de aterogenicidade e trombogenicidade e as relações entre os AG ômega 6:ômega 3 (ω -6: ω -3) e AG hipo:hipercolesterolêmicos foram determinados de acordo com Ribeiro et al. (2014).

O consumo individual diário de MS das vacas foi estimado pela fórmula: consumo (kg de MS) = produção de MS fecal x 100/(100 – digestibilidade *in vitro* da MS). A produção de MS fecal foi estimada utilizando-se o indicador externo LIPE[®], administrado por via oral, diariamente, à razão de 0,5 g/vaca/dia logo após a ordenha da manhã. Foram observados períodos de dois e seis dias, respectivamente, para adaptação ao indicador e coleta de fezes, que foram realizadas diretamente na ampola retal das vacas, sempre após o término da ordenha da tarde. Ao final do período, foi feita uma amostragem composta das fezes de cada vaca, representativa dos seis dias de coleta. Estas amostras foram secas, moídas a 1 mm e analisadas quanto à concentração de LIPE[®] por espectroscopia no infravermelho, segundo recomendações de Saliba et al. (2015). A produção individual de MS fecal foi estimada pela equação: (Quantidade administrada de LIPE[®]/concentração de LIPE[®] nas fezes)*100.

No último dia de amostragem de fezes, realizou-se também a coleta de sangue após a ordenha da manhã mediante punção da veia coccígea em tubos a vácuo contendo solução de EDTA-K₃ como anticoagulante e centrifugados (1.122 x g por 15 minutos) para separação do plasma, visando análises de perfil de AG de acordo com Masood et al. (2005), e de concentrações plasmáticas de glicose, nitrogênio ureico (NUP) e AG não esterificados (AGNE), utilizando *kits* enzimáticos, conforme realizado por Ribeiro et al. (2014).

Na semana de coleta de fezes, no dia anterior da entrada dos animais no piquete, foram coletadas amostras de forragem por meio de pastejo simulado na altura de resíduo de 25 cm. Uma parte da amostra foi armazenada à -10°C e posteriormente, descongelada, pré-secada em estufa de ventilação forçada (55°C; 72 h), moída (1 mm), e analisada quanto à composição química, segundo procedimentos descritos em Silva & Queiroz (2002). A outra metade foi liofilizada e analisada quanto ao perfil de AG, conforme procedimentos

descritos por Ribeiro et al. (2014), em cromatógrafo de fase gasosa com detector de ionização de chama equipado com coluna capilar de polietilenoglicol HP-FFAP (25 m x 0,20 m x 0,33 μ m).

As variáveis foram analisadas como medidas repetidas no tempo, utilizando-se o procedimento MIXED do SAS versão 9.0. Oito estruturas de covariância foram avaliadas, sendo a escolha da matriz realizada com base no Critério de Informação de Akaike (Wolfinger, 1993) e considerados como efeitos fixos os tratamentos (métodos de pastejo; MP), ciclos de pastejo (CP), blocos e a interação MP x CP; e aleatórios, blocos e suas interações. Quando a interação MP*CP foi significativa, o teste F para efeito de tratamento em cada CP foi realizado utilizando a opção SLICE do LSMEANS do SAS. Estudos de correlação (*Pearson*) foram realizados para algumas variáveis por meio do procedimento CORR do SAS versão 9.0. Efeitos foram considerados significativos quando $\alpha = 0,05$.

Resultados e Discussão

Foi observada interação MP x CP para as concentrações plasmáticas de AGNE, glicose e NUP ($P < 0,05$). No entanto, não houve efeito ($P > 0,05$) do método de pastejo sobre as concentrações destes metabólitos no plasma (Tabela 1). As faixas de valores obtidas para as concentrações plasmáticas de AGNE (0,073 a 0,248 mmol/L) e glicose (60,7 a 65,0 mg/dL) estão dentro das normalmente observadas para vacas em lactação (Cunningham, 2004). Houve efeito de ciclo de pastejo ($P < 0,0001$) sobre os teores de NUP (Tabela 1) que, de modo geral, foram elevados, considerando a faixa de 12 a 14 mg/dL recomendada por Rajala-Schultz & Saville (2003). No terceiro ciclo de pastejo, principalmente, no método de pastejo variável, o elevado teor de NUP (21,7 mg/dL) pode ser parcialmente explicado pelo maior teor de PB no pasto (16,9%) com reflexo no maior

consumo deste nutriente (2,64 kg/vaca/dia) pelas vacas (Tabela 2). Ademais, também neste tratamento e ciclo de pastejo é que foi observada a maior concentração de NUL (22,01 mg/dL; Tabela 3).

Para eficiente síntese de proteína microbiana, as bactérias ruminais necessitam de fontes de Nitrogênio - N (*e.g.* amônia, peptídeos) e de energia (*e.g.* carboidratos fermentáveis) com taxas de degradação similares. A degradação ruminal da PB promove incremento na concentração de amônia, que se não utilizada pelas bactérias na mesma velocidade em que é produzida, ocorre acúmulo deste composto no rúmen. Para evitar intoxicação, a amônia é transportada para o fígado onde, sob elevado custo energético para a vaca, é convertida a ureia, pois para a conversão de duas moléculas de amônia em ureia são gastos 4 ATPs (Blaxter, 1962), podendo ser também secretada no leite ou excretada na urina (Hristov et al., 2011). Por causa deste complexo metabolismo, a correlação entre as concentrações de NUP e NUL é normalmente elevada (Roseler et al., 1993), conforme também observado no presente estudo ($r = 0,86$; $P < 0,0001$; $n = 48$).

Houve efeito de método de pastejo, ciclo de pastejo e da interação entre eles ($P < 0,05$) sobre todas as variáveis relacionadas ao consumo de nutrientes (Tabela 2). O maior valor de consumo de MS de pasto (3,04% do peso vivo) foi observado sob pastejo variável no terceiro ciclo (Tabela 2). Este consumo de pasto pode ser considerado elevado quando comparado aos relatados por Porto et al. (2009) e Fukumoto et al. (2010), respectivamente, de 2,9% do peso vivo (%PV) e 2,4%PV, para vacas Holandês x Gir em lactação, recebendo 2 kg/dia de concentrado, em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu. No entanto, tal consumo pode ser parcialmente explicado pelo maior valor de digestibilidade *in vitro* da MS (68,4%) na forragem obtida neste tratamento e ciclo de pastejo (Tabela 2), devido aos valores mais elevados de PB (16,9%) e EE (4,0%). Em trabalho realizado simultaneamente na mesma área e com os mesmos animais, Anjos

(2012) observou maior ($P < 0,05$) oferta de forragem justamente neste tratamento e ciclo de pastejo, o que também pode ter refletido no maior consumo estimado de pasto.

Não houve efeito do método de pastejo, ciclo de pastejo nem da interação entre eles ($P > 0,05$) sobre os teores de EE, FDN e lignina do pasto, que foram, respectivamente, de 3,4% e 3,8%; 61,7% e 62,6%; e 3,5 e 3,6% para o pastejo fixo e variável. Os teores de PB observados no presente experimento (Tabela 2) foram mais elevados que os obtidos por Porto et al. (2009) e Fukumoto et al. (2010) em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu, respectivamente, de 9,4% e 10%. O maior teor de PB no pasto foi observado sob pastejo variável no terceiro ciclo (16,9%), que associado ao maior consumo estimado de MS de pasto (3,04% do peso vivo), culminou no maior consumo de PB de pasto (2,64 kg/vaca/dia) neste tratamento e ciclo de pastejo (Tabela 2). Os consumos de EE do pasto observados na Tabela 2 foram mais elevados que o relatado (256,1 g/vaca/dia) por Mourthé et al. (2012) para vacas Holandês x Gir em lactação, recebendo 6 kg/dia de concentrado, em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu. No entanto, tanto o teor de EE (1,5%) quanto o consumo estimado de MS de pasto (1,41 kg/vaca/dia) relatados por estes autores foram bastante inferiores aos observados no presente estudo.

Não houve efeito do método de pastejo ($P > 0,05$) sobre a produção diária de leite. No entanto, foi observada interação MP x CP ($P < 0,01$) sobre a produção de leite que, de modo geral, foi reduzida ao longo do período experimental. Tal redução pode estar associada ao avanço do estágio de lactação das vacas. Foi observado efeito do ciclo de pastejo ($P < 0,05$), mas não houve efeito da interação MP x CP nem do método de pastejo ($P > 0,05$) sobre os componentes do leite, cujos teores médios observados foram de 3,82% e 3,95% para gordura; 3,18% e 3,37% para proteína; 4,48% e 4,38% para lactose; e 12,33% e 12,56% para sólidos totais, respectivamente, sob pastejo fixo e variável. Não houve efeito do tratamento, do ciclo de pastejo e nem da interação MP x CP ($P > 0,05$) sobre as

produções de gordura e proteína, cujos valores observados foram de 0,547 e 0,564 kg/vaca/dia; e de 0,457 e 0,478 kg/vaca/dia, respectivamente, sob pastejo fixo e variável. Para produção de lactose e sólidos totais foi observado efeito de ciclo de pastejo e da interação MP x CP ($P < 0,05$), cujos resultados, de modo geral, podem ser considerados reflexo da produção de leite *per se* das vacas (Tabela 3).

Não houve efeito ($P > 0,05$) do método de pastejo sobre os teores dos ácidos α -linolênico, palmítico (C16:0), linoleico, oleico (C18:1 *cis*-9) e esteárico (C18:0) do pasto. Para os AG α -linolênico, palmítico e esteárico foi observado efeito ($P < 0,05$) de ciclo de pastejo e da interação MP x CP (Tabela 4). Os teores médios dos ácidos oleico e linoleico nas forragens manejadas sob pastejo fixo ou variável foram, respectivamente, de 3,4 e 21,1 g/100 g de AG totais. De modo geral, os teores dos AG obtidos no presente estudo foram similares aos relatados por Mourthé et al. (2015) em pasto de *B. brizantha* cv. Marandu. Os AG encontrados em proporção majoritária nas forragens obtidas nos tratamentos sob pastejo fixo e variável foram, nesta ordem, os ácidos α -linolênico, palmítico, linoleico, oleico e esteárico, conforme também observaram em pasto de *Brachiaria* spp. Fernandes et al. (2007) e Mourthé et al. (2015).

Para os consumos dos AG palmítico, esteárico, oleico, linoleico e α -linolênico foram observados efeitos ($P < 0,01$) de método de pastejo, ciclo de pastejo e da interação entre eles (Tabela 4). Apesar do consumo de MS de pasto entre tratamentos ter sido diferente apenas no terceiro ciclo de pastejo (Tabela 2) e de não haver diferença entre tratamentos ($P < 0,05$) quanto ao perfil de AG do pasto, os efeitos observados do método de pastejo sobre os consumos dos AG (Tabela 4) são reflexo dos valores numericamente superiores no consumo de MS e dos teores de AG no pasto entre os ciclos, ocorrendo contribuição diferencial nos resultados quando avaliados os tratamentos.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos métodos de pastejo sobre as concentrações dos AG no plasma a despeito das diferenças observadas nos consumos de AG (Tabela 4). Para os AG α -linolênico, palmítico e esteárico foi observada ($P<0,05$) interação MP x CP (Tabela 1). Para os demais AG não houve interação ($P>0,05$) e os teores médios observados no plasma, respectivamente, das vacas manejadas sob pastejo fixo e variável, foram de 10,75 e 10,92 g/100 g de AG para oleico; 21,37 e 21,47 g/100 g de AG para linoleico; 0,117 e 0,117 g/100 g de AG para rumênico; 0,699 e 0,648 g/100 g de AG para vacênico; e 0,983 e 1,052 g/100 g de AG para C20:5 ω -3 eicosapentaenoico (EPA). Os AG encontrados em concentrações majoritárias no plasma foram, nesta ordem, os ácidos linoleico, esteárico, oleico, palmítico e α -linolênico (Tabela 1). A magnitude da concentração dos AG linoleico e α -linolênico no plasma pode ser parcialmente atribuída ao escape parcial destes AG do rúmen, consequência da competição entre a BH x taxa de passagem neste compartimento, bem como da absorção intestinal preferencial destes AG essenciais em detrimento dos demais (Palladino et al., 2014). Mohammed et al. (2009) relataram concentrações médias de 26,4; 14,3; 12,0; 10,0; 8,7; 2,18 e 0,17 g/100 g de AG totais, respectivamente, para os ácidos linoleico, esteárico, α -linolênico, palmítico, oleico, vacênico e rumênico no plasma de vacas Holandês no início da lactação, recebendo 3 kg/dia de concentrado, sob pastejo em gramínea de clima temperado. Os resultados obtidos por estes autores podem ser considerados semelhantes aos do presente estudo, exceto pelas mais elevadas concentrações dos ácidos α -linolênico e vacênico, as quais podem ser principalmente atribuídas ao maior consumo de pasto (16,1 kg/vaca/dia) e, por conseguinte, de ácido α -linolênico pelas vacas (341,5 g/vaca/dia), já que o pasto apresentou teor de 57,7 g de ácido α -linolênico/100 g de AG totais.

Nas Tabelas 5 e 6, têm-se as concentrações dos AG do leite e os índices de qualidade nutricional da gordura em que, respectivamente, foi observado ou não efeito da

interação MP x CP. Não houve efeito do método de pastejo sobre as concentrações dos AG no leite, exceto pelo ácido docosapentaenoico (DPA; C22:6 ω -3), cujo teor foi maior no leite das vacas manejadas sob pastejo variável (Tabelas 5 e 6). De forma diferente, Palladino et al. (2014) relataram efeito do manejo da pastagem de gramínea de clima temperado sobre as concentrações de alguns AG no leite de vacas Holandês, quando estudaram alta e baixa massa (1.700 vs 2.600 kg/há de MS) e oferta (20 vs 16 kgvaca/dia de MS) de forragem. Estes autores observaram que com a redução na massa de forragem houve aumento no consumo de ácido α -linolênico, que promoveu incremento do seu teor no leite, bem como do ácido vacênico. Estes autores concluíram ser difícil promover melhoria no perfil de AG no leite de vacas a pasto por meio apenas do manejo da pastagem.

As diferenças observadas entre tratamentos nos consumos dos ácidos linoleico e α -linolênico (Tabela 4) que são, juntamente com o ácido oleico, os principais substratos para formação do ácido vacênico no rúmen (Shingfield et al., 2010), não promoveram alterações substanciais nas rotas normais de BH ruminal de AG. O produto final comum nestas rotas é o ácido esteárico, sendo encontrados como principais intermediários os AG C18:1 *trans* 6 a 16, C18:1 *cis* 10 a 15, além de isômeros conjugados (*e.g.* rumênico, CLA *trans*-9 *cis*-11 e CLA *trans*-10 *cis*-12) e não conjugados do ácido linoleico (Shingfield et al., 2010; Buccioni et al., 2012). As concentrações de ácido esteárico observadas no leite das vacas do presente estudo (Tabela 5) podem ser consideradas normais, pois estão dentro da faixa de 8,10 a 16,9 g/100 g de AG totais, compilada por Lopes et al. (2015) de 15 trabalhos com vacas em pastagens formadas com gramíneas tropicais não suplementadas com fontes lipídicas. Também a semelhança nas concentrações totais de AG ramificados (*anteiso* e *iso*) e lineares de cadeia ímpar no leite - AGCIR (Tabela 6) pode ser considerada indicadora de que não houve mudança no ambiente ruminal das vacas manejadas sob

pastejo fixo e variável. Os AGCIR secretados no leite são originados, em sua maior parte, de AG sintetizados *de novo* e incorporados na membrana celular das bactérias ruminais, de forma que as concentrações desses AG na gordura do leite podem ser indicativas da atividade e crescimento da população bacteriana no rúmen (Vlaeminck et al., 2006).

A síntese *de novo* na glândula mamária é responsável por 100% dos AG C4:0, C6:0, C8:0, C10:0 e C12:0; aproximadamente 95% do C14:0; e 50% do C16:0 secretados no leite (Shingfield et al., 2013). Portanto, decréscimo nos teores destes AG quando comparado a vacas recebendo dietas redutoras de pH, não seriam esperadas em vacas manejadas a pasto como as do presente estudo, haja vista que, conforme já discutido, aparentemente houve ambiente ruminal favorável à microbiota fibrolítica para fermentação de carboidratos fibrosos do pasto, e produção de acetato, que é o principal precursor na síntese *de novo* de AG na glândula mamária.

Dentre os isômeros C18:1 *trans* intermediários da BH ruminal dos ácidos linoleico e α -linolênico (Shingfield et al., 2010) e de interesse para a saúde humana podem-se destacar os ácidos vacênico, elaídico (C18:1 *trans*-9) e o C18:1 *trans*-10. Os dois últimos têm sido associados com efeitos deletérios à saúde cardiovascular (Almeida et al., 2014) e, portanto, a redução de seus teores no leite faz-se desejável. Por outro lado, o ácido vacênico, que foi o isômero majoritário dentre todos os C18:1 *trans*, é responsável por 64 a 97% da quantidade total secretada de ácido rumênico no leite bovino, via ação da enzima esteroil coenzima-A dessaturase na glândula mamária (Shingfield et al., 2008) e, portanto, o aumento de sua concentração no leite deve ser buscado. Ademais, o ácido vacênico, é precursor para síntese de 19% do ácido rumênico nos tecidos de humanos (Turpeinen et al., 2002).

A regressão dos teores dos ácidos rumênico (y) *versus* vacênico (x) demonstra a estreita associação entre estes AG ($\hat{y} = 0,19562 + 0,41382*x$; $r^2 = 0,47$; $P < 0,0001$), também relatada por Mourthé et al. (2015).

A faixa de concentração do ácido rumênico no leite (0,756 a 0,927 g/100 g de AG totais para pastejo fixo e 0,711 a 0,877 g/100 g de AG totais para variável) observada no presente estudo (Tabela 5) está dentro daquela compilada por Lopes et al. (2015) de 15 trabalhos com vacas em pastagens formadas com gramíneas tropicais não suplementadas com fontes lipídicas. Entretanto, é superior àquela normalmente observada ($\leq 0,67$ g/100 g de AG totais) no leite de vacas recebendo dietas baseadas em silagem de milho, suplementadas com concentrados sem ingredientes ricos em AG α -linolênico e linoleico (Lopes et al., 2011b), demonstrando o potencial do leite produzido a pasto.

Os CLAs *trans-9 cis-11* e *trans-10 cis-12* são gerados no rúmen a partir de reações de BH parcial do ácido linoleico (Buccioni et al., 2012) e o incremento de seus teores no leite está associado à depressão da gordura do leite (Shingfield et al., 2010). No entanto, no presente trabalho, as concentrações observadas destes AG no leite (Tabela 6) não foram suficientes para promover qualquer decréscimo no teor de gordura, que foi de 3,82% e 3,96%, respectivamente, no leite das vacas manejadas sob pastejo fixo e variável.

O ácido oleico foi o segundo AG em maior concentração no leite das vacas do presente estudo (Tabelas 5 e 6), corroborando a literatura (Lopes et al., 2015). E neste sentido, sempre é bom lembrar que o ácido oleico é comprovadamente benéfico à saúde cardiovascular, pois está associado à redução da concentração plasmática da fração LDL do colesterol (Food..., 2010), bem como, potencialmente, ao incremento da fração HDL (Almeida et al., 2014). As concentrações de ácido oleico observadas (Tabela 6) estão dentro da faixa de 16,6 a 22,4 g/100 g de AG totais compilada por Lopes et al. (2015) de

três trabalhos com vacas em pastagens de *B. brizantha* não suplementada com fontes lipídicas.

Lopes et al. (2011a) e Mourthé et al. (2012) relataram concentrações dos ácidos linoleico e α -linolênico variando respectivamente, de 1,16 a 1,76 g/100 g de AG totais, e de 0,30 a 0,40 g/100 g de AG totais no leite de vacas Holandês x Gir manejadas em pastagens de *B. brizantha* não suplementada com fontes lipídicas. No presente estudo, os teores de ácido linoleico (0,766 e 0,771 g/100 g de AG totais no leite; Tabela 6) foram inferiores aos relatados por estes autores, enquanto que os de ácido α -linolênico (0,385 a 0,431 g/100 g de AG totais; Tabela 5) podem ser considerados semelhantes. Portanto, pode-se inferir que houve transferência do ácido α -linolênico do plasma para o leite, enquanto que para o ácido linoleico isto não foi observado, provavelmente porque o mesmo pode ter sido utilizado em outras vias metabólicas para síntese de AG da família ω -6 (van Valenberg et al., 2013).

Como não houve efeito ($P>0,05$) do método de pastejo sobre as concentrações dos AG láurico, mirístico, palmítico, esteárico e oleico, bem sobre os somatórios dos teores dos AG ω -6 e ω -3, isto refletiu-se em semelhança ($P>0,05$) na qualidade nutricional da gordura do leite aferida no presente estudo pelos índices de aterogenicidade e de trombogenicidade, e pelas relações entre os AG ω -6: ω -3 e entre os AG hipo e hipercolesterolêmicos (Tabelas 5 e 6).

Conclusão

O manejo da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com 30 dias descanso ou com 95% de interceptação luminosa não alterou o perfil de ácidos graxos do pasto, bem como do plasma e do leite de vacas Holandês x Gir.

Referências

- ALMEIDA, M.M.; LUQUETTI, S.C.D.; SABARENSE, C.M.; CORRÊA, J.O.; REIS, L.G.; CONCEIÇÃO, E.P.; LISBOA, P.C.; MOURA, E.G.; GAMEIRO, J.; GAMA, M.A.S; LOPES, F.C.; GARCIA, R.M. Butter naturally enriched in *cis-9 trans-11* CLA prevents hyperinsulinemia and increases both serum HDL cholesterol and triacylglycerol levels in rats. **Lipids in Health and Disease**, v.13, 2014.
- ANJOS, A.J. **Produtividade de forragem, características estruturais e produção de leite em capim-marandu sob lotação intermitente com período de descanso fixo ou variável**. 2012. 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- BLAXTER, K.L. **The energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson. 1962. 329p.
- BUCCIONI, A.; DECANDIA, M.; MINIERI, S. et al. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. **Animal Feed Science and Technology**, v.174, p.1-25, 2012.
- COPPA, M.; FERLAY, A.; CHASSAING, C. et al. Prediction of bulk milk tank composition based on farming practices collected through on-farm surveys. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.4197-4211, 2013.
- CRUZ-HERNANDEZ, C.; KRAMER, J.K.G.; KENNELLY, J.J.; GLIMM, D.R.; SORENSEN, B.M.; OKINE, E.K.; GOONEWARDENE, L.A.; WESELAKE, R.J. Evaluating the conjugated linoleic acid and *trans* 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3786–3801, 2007.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 577p.

DEWHURST, R.J.; SHINGFIELD, K.J.; LEE, M.R.F.; SCOLLANC, N.D. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.168-206, 2006.

FERNANDES, S.A.A.; MATTOS, W.R.S.; MATARAZZO, S.V.; GAMA, M.A.S.; LANNA, D.P.D.; ROSSETO, C.V. Perfil de ácidos graxos em alimentos de clima tropical utilizados nas dietas para ruminantes. **Boletim de Indústria Animal**, v.64, p.19-27, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fats and fatty acids in human nutrition**. Report of an expert consultation. Roma: FAO, 2010. 166p.

FUKUMOTO, N.M.; DAMASCENO, J.C.; DERESZ, F.; MARTINS, C.E.; CÓSER, A. C.; SANTOS, G.T. Produção e composição do leite, consumo de matéria seca e taxa de lotação em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1548-1557, 2010.

HRISTOV, A.N.; HANIGAN, M.; COLE, A.; TODD, R.; McALLISTER, T.A.; NDEGWA, P.M.; ROTZ, A. Review: ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.1-35, 2011.

LOPES, F.C.F.; BARROS, P.A.V.; BRUSCHI, J.H.; SILVA, P.H.F.; PEIXOTO, M.G.C.D.; GOMIDE, C.A.M.; DUQUE, A.C.A.; GAMA, M.A.S. Perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês em pastagens tropicais suplementadas com dois níveis de concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.518-521, 2011a.

LOPES, F.C.F.; GAMA, M.A.S.; RIBEIRO, C. G. S.; MOURTHÉ, M. H. F.; BARROS, P. A V.; SOUZA, S.M. Produção de leite com alto teor de CLA – Experiência brasileira. In:

PEREIRA, L. G. R.; NOBRE, M. M. et al. (Org.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da bovinocultura leiteira**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2011b. p.251-296.

LOPES, F.C.F.; SILVA, B.C.M.; ALMEIDA, M. M.; GAMA, M.A.S. Lácteos naturalmente enriquecidos com ácidos graxos benéficos à saúde. In: MARTINS, P.C. et al. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p.237-309.

MASOOD, A.; STARK, K.D.; SALEM J.R.N. A simplified and efficient method for the analysis of fatty acid methyl esters suitable for large clinical studies. **Journal of Lipid Research**, v.46, p.2299-2305, 2005.

MOHAMMED, R.; STANTON, C.S.; KENNELLY, J.J.; KRAMER, J.K.G.; MEE, J.F.; GLIMM, D.R.; O'DONOVAN, M.; MURPHY, J.J. Grazing cows are more efficient than zero-grazed and grass silage-fed cows in milk rumenic acid production. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.3874-3893, 2009.

MOURTHÉ, M.H.F.; REIS, R.B.; GAMA, M.A.S.; BARROS, P.A.V.; ANTONIASSI, P.; BIZZO, H.R.; LOPES, F.C.F. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir em pastagem de capim-Marandu suplementado com quantidades crescentes de grão de soja tostado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.1150-1158, 2015.

MOURTHÉ, M.H.F.; REIS, R.B.; LOPES, F.C.F.; GAMA, M.A.S.; SOUZA, R.C. Desempenho, composição do leite e metabólitos sanguíneos de vacas Holandês x Gir manejadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e suplementadas com grão de soja tostado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1223-1231, 2012.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington: National Academy, 2001, 381p.

PALLADINO, R. A.; O'DONOVAN, M.; MURPHY, J. J. et al. Fatty acid intake and milk fatty acid composition of Holstein dairy cows under different grazing strategies: Herbage mass and daily herbage allowance. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5212-5223, 2009.

PALLADINO, R.A.; O'DONOVAN, M.; KENNY, D.A. Fatty acid intake and rumen fatty acid composition is affected by pre-grazing herbage mass and daily herbage allowance in Holstein dairy cows. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.12, p.708-716, 2014.

PORTO, P.P.; DERESZ, F.; SANTOS, G.T.D.; LOPES, F.C.F.; CECATO, U.; CÓSER A.C. Produção e composição química do leite, consumo e digestibilidade de forragens tropicais manejadas em sistema de lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1422-1431, 2009.

RAJALA-SCHULTZ, P.J.; SAVILLE, W.J.A. Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1653-1661, 2003.

RIBEIRO, C.G.S.; LOPES, F.C.F.; GAMA, M.A.S.; MORENZ, M.J.F.; RODRIGUEZ, N.M. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, p.1513-1521, 2014.

ROSELER, D.K.; FERGUSON, J. D.; SNIFFEN, C.J. Dietary protein degradability effect on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein nitrogen in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.525-534, 1993.

SHINGFIELD, K.J.; BERNARD, L.; LEROUX, C.; CHILLIARD, Y. Role of *trans* fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. **Animal**, v.4, p.1140-1166, 2010.

SHINGFIELD, K.J.; BONNET, M.; SCOLLAN, N.D. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**, v.7, p.132-162, 2013.

SHINGFIELD, K.J.; CHILLIARD, Y.; TOIVONEN, V.; KAIRENIUS, P.; GIVENS, D.I. *Trans* fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. In: BŐSZE, Z. (Ed.), **Bioactive Components of Milk – Advances in Experimental Medicine and Biology**. New York: Springer, 2008. p.3-65.

SHINGFIELD, K.J.; WALLACE, R.J. Synthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In: SELS, B.; PHILIPPAERTS, A. (Ed.) **Conjugated linoleic acids and conjugated vegetable oils**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, London, UK, 2014. p.1-64.

SILVA, J.S.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

TURPEINEN, A.M; MUTANEN, M; ARO, A.; SALMINEN, I.; BASU, S.; PALMQUIST, D.L.; GRIINARI, J.M. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in Humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.76, p.504-510, 2002.

van VALENBERG, H.J.F.; HETTINGA, K.A.; DIJKSTRA, BOVENHUIS, J.H.; FESKENS, J.M. Concentrations of *n-3* and *n-6* fatty acids in Dutch bovine milk fat and their contribution to human dietary intake. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.4173-4181, 2013.

VLAEMINCK, B.; FIEVEZ, V.; DEMEYER, D.; DEWHURST, R.J. Effect of forage:concentrate ratio on fatty acid composition of rumen bacteria isolated from ruminal and duodenal digesta. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.2668-2678, 2006.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, v.22, p.1079-1106, 1993.

Tabela 1. Efeito do método e ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre as concentrações de metabólitos e ácidos graxos do plasma (g/100 g de ácidos graxos totais) de vacas Holandês x Gir⁽¹⁾.

Método de pastejo ⁽²⁾	Ciclo de pastejo ⁽³⁾		
	1	2	3
Parâmetros metabólicos			
Ácidos graxos não esterificados, mmol/L (EPM ⁽⁴⁾ = 0,0348)			
Pastejo fixo	0,248 Aa	0,136 Ab	0,073 Ab
Pastejo variável	0,131 Aa	0,106 Aa	0,112 Aa
Glicose, mg/dL (EPM = 1,4999)			
Pastejo fixo	62,3 Aa	61,3 Aa	62,6 Aa
Pastejo variável	63,6 Aab	65,0 Aa	60,7 Ab
Nitrogênio ureico, mg/dL (EPM = 1,0142)			
Pastejo fixo	16,2 Ab	17,5 Aab	19,0 Aa
Pastejo variável	15,8 Ab	17,3 Ab	21,7 Aa
Ácidos graxos no plasma			
C16:0 (EPM = 0,1398)			
Pastejo fixo	9,654 Aa	9,221 Ab	9,033 Ab
Pastejo variável	9,008 Ab	9,546 Aa	9,385 Aa
C18:0 (EPM = 0,3954)			
Pastejo fixo	15,312 Aab	15,028 Ab	15,608 Aa
Pastejo variável	14,319 Ac	15,263 Ab	15,741 Aa
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15 (EPM = 0,2969)			
Pastejo fixo	5,326 Ab	5,181 Ab	5,842 Aa
Pastejo variável	5,808 Aa	5,033 Ab	5,652 Aa

⁽¹⁾Interação método de pastejo x ciclo de pastejo significativa (P<0,05).

⁽²⁾Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança (P>0,05) entre método de pastejo.

⁽³⁾Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança (P>0,05) entre ciclos de pastejo.

⁽⁴⁾Erro-padrão da média.

Tabela 2. Efeito do método e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o consumo estimado de pasto e nutrientes e sobre o teor de proteína bruta (% da matéria seca) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%)⁽¹⁾.

Método de pastejo ⁽²⁾	Ciclo de pastejo ⁽³⁾		
	1	2	3
Proteína bruta (EPM ⁽⁴⁾ = 0,2979)			
Pastejo fixo	13,8 Ab	15,2 Aa	14,6 Bab
Pastejo variável	14,9 Ab	14,1 Ab	16,9 Aa
Fibra em detergente neutro (EPM = 0,9115) ⁽⁵⁾			
Pastejo fixo	61,8	61,7	61,8
Pastejo variável	64,2	62,8	60,7
Extrato etéreo (EPM = 0,3131) ⁽⁵⁾			
Pastejo fixo	3,2	3,6	3,5
Pastejo variável	3,8	3,7	4,0
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca, % (EPM = 0,5127)			
Pastejo fixo	61,0 Ba	63,0 Aa	62,3 Bab
Pastejo variável	63,1 Ab	61,6 Ab	68,4 Aa
Consumo estimado de pasto e nutrientes			
Consumo total de MS, % peso vivo (EPM = 0,0668)			
Pastejo fixo	2,85 Aa	2,63 Ab	2,72 Bb
Pastejo variável	2,82 Ab	2,56 Ac	3,54 Aa
Consumo de MS de pasto, % peso vivo (EPM = 0,0585)			
Pastejo fixo	2,35 Aa	2,12 Ab	2,23 Bab
Pastejo variável	2,34 Ab	2,07 Ac	3,04 Aa
Consumo total de MS, kg/vaca/dia (EPM = 0,1918)			
Pastejo fixo	14,1 Aa	13,1 Ab	13,9 Ba
Pastejo variável	14,4 Ab	13,1 Ac	18,0 Aa
Consumo de MS do pasto, kg/vaca/dia (EPM = 0,1918)			
Pastejo fixo	11,6 Aa	10,6 Aa	11,4 Ba
Pastejo variável	12,0 Ab	10,6 Ac	15,5 Aa
Consumo de PB do pasto, kg/vaca/dia (EPM = 0,0421)			
Pastejo fixo	1,60 Ba	1,60 Aa	1,66 Ba
Pastejo variável	1,77 Ab	1,50 Ac	2,64 Aa
Consumo de EE do pasto, g/vaca/dia (EPM = 20,1521)			
Pastejo fixo	364,5 Bb	376,1 Aab	401,9 Ba
Pastejo variável	453,6 Ab	390,4 Ac	624,3 Aa

⁽¹⁾Interação método de pastejo x ciclo de pastejo significativa (P<0,05).

⁽²⁾Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança (P>0,05) entre métodos de pastejo.

⁽³⁾Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança (P>0,05) entre ciclos de pastejo.

⁽⁴⁾Erro-padrão da média.

⁽⁵⁾ Interação método de pastejo x ciclo de pastejo não significativa (P>0,05).

Tabela 3. Efeito do método e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre a produção de leite e componentes, e sobre o teor de nitrogênio ureico no leite⁽¹⁾.

Método de pastejo ⁽²⁾	Ciclo de pastejo ⁽³⁾		
	1	2	3
Produção de leite, kg/vaca/dia (EPM ⁽⁴⁾ = 0,5203)			
Pastejo fixo	15,39 Aa	13,75 Ab	14,19 Ab
Pastejo variável	16,38 Aa	14,25 Ab	12,81 Ac
Produção de lactose (kg/vaca/dia) (0,0246)			
Pastejo fixo	0,691 Aa	0,626 Ab	0,627 Ab
Pastejo variável	0,720 Aa	0,635 Ab	0,552 Bc
Produção de sólidos totais (kg/vaca/dia) (0,0523)			
Pastejo fixo	1,851 Aa	1,692 Ab	1,780 Aab
Pastejo variável	1,935 Aa	1,709 Aab	1,668 Ab
Nitrogênio ureico, mg/dL (EPM = 0,6965)			
Pastejo fixo	14,29 Bc	16,55 Ab	18,70 Ba
Pastejo variável	16,38 Ab	17,26 Ab	22,01 Aa

⁽¹⁾Interação método de pastejo x ciclo de pastejo significativa (P<0,05).

⁽²⁾Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança (P>0,05) entre métodos de pastejo.

⁽³⁾Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança (P>0,05) entre ciclos de pastejo.

⁽⁴⁾Erro-padrão da média.

Tabela 4. Efeito do método e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv.Marandu sobre o teor e consumo de ácidos graxos do pasto⁽¹⁾.

Método de pastejo ⁽²⁾	Ciclo de pastejo ⁽³⁾		
	1	2	3
Teor de ácidos graxos do pasto (% dos ácidos graxos totais)			
C16:0 (EPM ⁽⁴⁾ = 0,5951)			
Pastejo fixo	30,6 Aa	29,6 Aa	29,7 Aa
Pastejo variável	29,7 Ab	32,5 Aa	27,5 Ac
C18:0 (EPM = 0,0475)			
Pastejo fixo	1,8 Aa	1,7 Aa	1,6 Aa
Pastejo variável	1,7 Ab	2,0 Aa	1,5 Ab
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15 (EPM = 0,5169)			
Pastejo fixo	35,8 Ab	37,3 Aab	37,9 Aa
Pastejo variável	39,4 Aa	33,6 Ab	37,8 Aa
Consumo estimado de ácidos graxos do pasto (g/vaca/dia)			
C16:0 (EPM = 1,3823)			
Pastejo fixo	68,4 Ba	57,0 Ab	66,2 Ba
Pastejo variável	74,7 Ab	61,4 Ac	96,5 Aa
C18:0 (EPM = 0,1681)			
Pastejo fixo	3,9 Aa	3,3 Bb	3,7 Ba
Pastejo variável	4,2 Ab	3,8 Ac	5,3 Aa
C18:1 <i>cis</i> -9 (EPM = 0,5575)			
Pastejo fixo	7,8 Aa	6,2 Bb	8,1 Ba
Pastejo variável	7,7 Ab	7,9 Ab	10,6 Aa
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 (EPM = 2,1842)			
Pastejo fixo	47,3 Aa	39,5 Ab	48,1 Ba
Pastejo variável	52,5 Ab	42,7 Ac	68,4 Aa
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15 (EPM = 2,9320)			
Pastejo fixo	80,4 Ba	72,0 Ab	84,7 Ba
Pastejo variável	99,2 Ab	63,8 Bc	132,9 Aa

⁽¹⁾Interação método de pastejo x ciclo de pastejo significativa (P<0,05).⁽²⁾Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança (P>0,05) entre métodos de pastejo.⁽³⁾Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança (P>0,05) entre ciclos de pastejo.⁽⁴⁾Erro-padrão da média.

Tabela 5. Efeito do método e do ciclo de pastejo em capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o perfil de ácidos graxos do leite (g/100 g de ácidos graxos totais) e a relação entre ácidos graxos (AG) hipo e hipercolesterolêmicos⁽¹⁾.

Método de pastejo ⁽²⁾	Ciclo de pastejo ⁽³⁾		
	1	2	3
Σ AG C4:0 + C6:0 + C8:0 + C10:0 (EPM ⁽⁴⁾ = 0,2875)			
Pastejo fixo	9,596 Aa	9,638 Aa	9,672 Aa
Pastejo variável	10,115 Aa	9,700 Ab	9,508 Ab
C12:0 (EPM = 0,1195)			
Pastejo fixo	3,025 Aa	3,082 Aa	2,986 Aa
Pastejo variável	3,269 Aa	3,205 Aa	2,932 Ab
C14:0 (EPM = 0,2295)			
Pastejo fixo	10,759 Aa	11,132 Aa	10,599 Ab
Pastejo variável	11,104 Aa	11,199 Aa	10,383 Ab
C18:0 (EPM = 0,3483)			
Pastejo fixo	10,793 Aa	9,405 Ac	9,937 Ab
Pastejo variável	10,567 Aa	9,772 Ab	11,078 Aa
C18:1 <i>trans</i> -10 (EPM = 0,0090)			
Pastejo fixo	0,194 Ab	0,152 Ac	0,218 Aa
Pastejo variável	0,175 Ab	0,142 Ac	0,242 Aa
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15 ω -3 (EPM = 0,0140)			
Pastejo fixo	0,400 Ab	0,407 Ab	0,431 Aa
Pastejo variável	0,400 Aab	0,385 Ab	0,421 Aa
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11 (EPM = 0,0449)			
Pastejo fixo	0,756 Ab	0,791 Ab	0,927 Aa
Pastejo variável	0,763 Ab	0,711 Ac	0,877 Aa
Relação entre AG hipo e hipercolesterolêmicos (h/H) (EPM = 0,0653) ⁽⁵⁾			
Pastejo fixo	2,08 Aa	1,90 Ab	1,79 Ab
Pastejo variável	2,02 Aa	2,05 Aa	1,87 Ab

⁽¹⁾Interação método de pastejo x ciclo de pastejo significativa (P<0,05).

⁽²⁾Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança (P>0,05) entre métodos de pastejo.

⁽³⁾Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança (P>0,05) entre ciclos de pastejo.

⁽⁴⁾Erro-padrão da média.

⁽⁵⁾ $h/H = (C18:1 \text{ cis-9} + \Sigma \text{ AG } \omega\text{-3 cis}) / (C12:0 + C14:0 + C16:0)$

Tabela 6. Efeito do método de manejo da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre as concentrações de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir e sobre os índices de qualidade nutricional da gordura do leite.

Variável	Métod de pastejo		EPM ⁽¹⁾	Efeito do manejo (valor de P)
	Fixo	Variável		
C16:0	29,564	28,896	0,7296	0,5283
C16:1 <i>trans</i> -9	0,080	0,073	0,033	0,1479
C18:1 <i>trans</i> -9	0,183	0,176	0,0028	0,0748
C18:1 <i>trans</i> -11	1,497	1,444	0,0540	0,5035
ΣAG C18:1 <i>trans</i> ⁽²⁾	2,824	2,780	0,0659	0,6428
C18:1 <i>cis</i> -9	19,437	19,724	0,4843	0,6818
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	0,766	0,771	0,0301	0,9128
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	0,009	0,009	0,0004	0,2297
CLA <i>trans</i> -9 <i>cis</i> -11	0,022	0,021	0,0010	0,8117
C20:5 ω-3 (EPA)	0,038	0,039	0,0013	0,7561
C22:5 ω-3 (DPA) ⁽³⁾	0,068 a	0,077 b	0,0024	0,0289
ΣAG AGCIR ⁽⁴⁾	4,277	4,265	0,0790	0,9132
Σ AG ω-3 <i>cis</i> ⁽⁵⁾	0,519	0,518	0,0142	0,9392
Σ AG ω-6 <i>cis</i> ⁽⁶⁾	0,998	1,021	0,0355	0,6524
Índice de Aterogenicidade – IA ⁽⁷⁾	3,67	3,59	0,1374	0,6887
Índice de Trombogenicidade – IT ⁽⁸⁾	4,14	4,07	0,1375	0,7436
Relação AG ω-6:ω-3 ⁽⁹⁾	0,463	0,475	0,0176	0,6470

⁽¹⁾Erro-padrão da média.

⁽²⁾Σ AG C18:1 *trans* = C18:1 *trans*-4 + C18:1 *trans*-5 + C18:1 *trans* 6-8 + C18:1 *trans*-9 + C18:1 *trans*-10 + C18:1 *trans*-11+ C18:1 *trans*-12 + C18:1 *trans*-13 e *trans*-14 + C18:1 *trans*-16.

⁽³⁾Letras distintas na mesma linha indicam diferença entre tratamentos (P<0,05)

⁽⁴⁾Σ Ácidos graxos cadeia ímpar ramificada = Σ AG *anteiso* + Σ AG *iso* + (C5:0 + C7:0 + C9:0 + C11:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1 *cis*-9 + C21:0 + C23:0).

⁽⁵⁾Σ ω-3 *cis* = α-C18:3 *cis*-6 *cis*-9 *cis*-15 + C20:5 ω-3 EPA + C22:5 ω-3 DPA.

⁽⁶⁾Σ ω-6 *cis* = C18:2 *cis*-9 *cis*-12 + γ-C18:3 *cis*-6 *cis*-9 *cis*-12 + C20:2 *cis*-11 *cis*-14 + C20:3 *cis*-8 *cis*-11 *cis*-14 + C20:4 *cis*-5 *cis*-8 *cis*-11 *cis*-14.

⁽⁷⁾IA = [C12:0 + (4*C14:0) + C16:0]/(C18:1 *cis*-9 + Σ AG ω-6 *cis* + Σ AG ω-3 *cis*).

⁽⁸⁾IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/[(0,5*C18:1 *cis*-9) + (0,5*Σ AG ω-6 *cis*) + (3*Σ AG ω-3 *cis*) + (Σ AG ω-3 *cis* / Σ AG ω-6 *cis*)].

⁽⁹⁾AG ω-6:ω-3 = Σ AG ω-6 *cis*/Σ AG ω-3 *cis*.

CAPÍTULO III

Ácidos graxos no leite de vacas sob pastejo em capim-Marandu suplementado com óleo de girassol

Resumo – Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação com óleo de girassol sobre o perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo rotacionado em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Utilizou-se delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições de área de pastagem, com dois tratamentos, com ou sem suplementação lipídica. Os resultados foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando-se modelos mistos ($\alpha = 0,05$). Não houve efeito da suplementação lipídica sobre a produção de leite e consumo de matéria seca de pasto e nutrientes, mas foi observado efeito sobre os teores da maioria dos ácidos graxos do leite. A suplementação do pasto com óleo de girassol permitiu produzir leite com maiores teores de ácidos graxos benéficos à saúde humana (rumênico, vacênico e oleico) e com menores teores de ácidos graxos hipercolesterolêmicos (láurico, mirístico e palmítico). O leite com gordura apresentando melhor qualidade nutricional em termos de ácidos graxos foi obtido do 40^o ao 43^o dia de suplementação.

Termos para indexação: ácido linoleico conjugado, ácido rumênico, ácido vacênico, *Brachiaria brizantha*, CLA, pastagem

Fatty acids in milk of dairy cows grazing on marandugrass supplemented with sunflower oil

Abstract – The objective was to evaluate the effect of supplementation with sunflower oil on the milk fatty acid profile of Holstein x Gir cows managed under rotational stocking of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A randomized blocks design it was used with two replications treatments, use or lipid supplements. The results were analyzed as repeated measurements over time using mixed models ($\alpha = 0,05$). There was no effect of pasture sunflower oil supplementation on milk production and dry matter intake, but there was for the levels of most of the milk fatty acids. Lipid Supplementation with sunflower oil allowed to produce milk enriched with fatty acids beneficial to human health (rumenic, vaccenic and oleic) and lower levels of hypercholesterolemic fatty acids (lauric, myristic and palmitic). The milk with fat presenting improved nutritional quality in terms of fatty acids were obtained from the 40th to 43rd day of supplementation.

Index terms: *Brachiaria brizantha*, CLA, conjugated linoleic acid, pasture, rumenic acid, vaccenic acid

Introdução

O termo ácido linoleico conjugado (CLA) é usado para descrever isômeros posicionais e geométricos do ácido linoleico (C18:2 *cis*-9 *cis*-12). O interesse científico por esses constituintes da gordura láctea tem crescido e vários estudos foram publicados sobre o assunto. Há 28 isômeros de CLA identificados, mas atenção especial tem sido dedicada à pesquisa do ácido rumênico (CLA *cis*-9 *trans*-11), por possuir diversos efeitos benéficos à saúde humana. Esse ácido graxo (AG) possui propriedades anticarcinogênicas, antidiabetogênicas, antiaterogênicas e imunomodulatórias, sendo sua principal fonte para a

dieta humana, a gordura do leite (Lopes et al., 2015). Portanto, estratégias alimentares para vacas leiteiras que levem ao incremento no teor deste AG na gordura do leite vêm ganhando atenção considerável.

Quando comparada a volumosos conservados sob a forma de silagens ou feno, a forragem fresca possui maior concentração de AG poli-insaturados, principalmente de ácido α -linolênico (C18:3 *cis*-9 *cis*-12 *cis*-15), que é o principal substrato lipídico para a formação do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) por bio-hidrogenação ruminal (BH). Na glândula mamária, o ácido vacênico pode ser dessaturado pela ação da enzima esteroil-CoA desaturase (Δ^9 -desaturase), originando, aproximadamente, 64% a 97% de todo o ácido rumênico secretado no leite (Shingfield & Wallace, 2014). Ademais, o incremento dos teores desses dois AG no leite pode ser também alcançado pela suplementação lipídica com óleos vegetais, como o de girassol, rico em ácido linoleico (Ribeiro et al., 2014).

A despeito da suplementação de gramíneas tropicais manejadas a pasto com óleos vegetais apresentar grande potencial para alterar positivamente a composição da gordura do leite em termos de saúde humana, são poucos os artigos sobre o tema disponíveis na literatura (Lopes et al., 2015). Outro aspecto com reduzido número de trabalhos na literatura tropical diz respeito aos dias após o início da suplementação lipídica de vacas sob pastejo, em que teores máximos dos ácidos rumênico e vacênico são alcançados, bem como à própria persistência de elevadas concentrações destes AG no leite. Estas respostas são tempo-dependentes e estão diretamente associadas às mudanças no ambiente ruminal e às variações das concentrações de específicos AG intermediários da BH, decorrentes do processo de adaptação da microbiota do rúmen à suplementação com elevados níveis de lipídios nas dietas (Ribeiro, 2013).

Foi objetivo deste estudo avaliar o efeito da suplementação com óleo de girassol sobre o perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo rotacionado em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Embrapa Gado de Leite (Coronel Pacheco, MG), no período de 10 de dezembro de 2012 a 10 de fevereiro de 2013, e os procedimentos experimentais utilizados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Leite (Protocolo nº 12/2013 CEUA). Já os parâmetros meteorológicos observados durante o período experimental são apresentados no Anexo 6.

Foi avaliada a suplementação lipídica do pasto, utilizando concentrados com inclusão ou não de óleo de girassol (OG), cujas composições centesimal e química são apresentadas na Tabela 1. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso representados pelas duas repetições de área de pastagem, com dois tratamentos (utilização ou não de suplementação lipídica) e quatro repetições (vacas) por tratamento por bloco. Utilizaram-se 16 vacas Holandês x Gir, múltíparas, no terço final da lactação (185 ± 10 dias), e produção de $14,7 \pm 2,4$ kg/dia de leite, manejadas sob lotação rotacionada em área de 4 ha de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, perfazendo 44 piquetes de, aproximadamente, 900 m^2 cada. Em cada piquete de cada bloco foram sempre alocadas duas vacas de cada tratamento experimental, distribuídas homogeneamente em função do número de lactações, grupo genético, produção diária de leite e peso corpóreo, observados em período pré-experimental.

Os concentrados foram fornecidos às vacas (em média, 2,86 kg/vaca/dia, base matéria seca - MS) em cocho individual no estábulo durante as ordenhas diárias (6:00 h e

14:00 h). O suplemento concentrado com OG foi preparado semanalmente, visando evitar sua peroxidação lipídica. O OG utilizado apresentou, respectivamente, teores de 18,5%; 66,5% e 0,6% dos ácidos oleico (C18:1 *cis*-9), linoleico e α -linolênico. O concentrado foi formulado de acordo com as exigências nutricionais estabelecidas pelo NRC (2001) para vacas com 500 kg de peso corporal, produzindo 16 kg/dia de leite com 4,0% de gordura.

A pastagem foi manejada sob lotação rotacionada, com período de descanso fixo de 30 dias e três de ocupação dos piquetes, almejando-se resíduo pós-pastejo de 25 cm de altura e ajustando a lotação pela técnica *put-and-take*. A pastagem foi adubada com 200 kg/ha/ano de N e de K₂O, e com 50 kg/ha/ano de P₂O₅, sendo utilizada a formulação 20-05-20 (NPK).

Sete amostragens de leite foram realizadas, sendo a primeira no dia anterior ao do início do fornecimento dos concentrados, e depois, aos 2, 8, 14, 20, 35 e 62 dias do período experimental. Após o registro das produções e homogeneização do leite ordenhado de cada vaca, amostras representativas (alíquotas de 2/3 e 1/3, respectivamente nas ordenhas da manhã e da tarde) foram coletadas em frascos contendo bronopol como conservante, encaminhadas ao Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite, e analisadas quanto aos teores de gordura, proteína, sólidos totais e nitrogênio ureico (NUL). Concomitantemente, em frascos sem conservante, amostras de leite foram coletadas e armazenadas a -10°C para posterior determinação do perfil de AG no Laboratório de Cromatografia da Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, MG), realizada conforme descrito por Ribeiro et al. (2014), em cromatógrafo de fase gasosa modelo 6890N (Agilent Technologies Inc., EUA) equipado com coluna CP-Sil 88 FAME 100 m x 0,25 mm x 0,2 μ m (Varian Inc., EUA) e detector de ionização de chama, com condições de operação descritas por Cruz-Hernandez et al. (2007).

Para avaliar a qualidade nutricional da gordura do leite foram calculados os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) e as relações entre os AG ômega 6:ômega 3 (ω -6: ω -3) e AG hipo:hipercolesterolêmicos (h/H), conforme realizado por Ribeiro et al. (2014).

Três períodos de amostragens para avaliação da composição química do pasto, bem como para estimação do consumo individual de MS das vacas foram realizados à ocasião das coletas das amostras de leite dos dias 14, 35 e 62. O consumo individual diário de MS das vacas foi determinado pela fórmula: consumo (kg de MS) = produção de MS fecal x 100/(100 – digestibilidade *in vitro* da MS do pasto). A produção de MS fecal foi estimada utilizando-se o indicador externo LIPE[®], administrado por via oral, diariamente, à razão de 0,5 g/vaca/dia logo após a ordenha da manhã. Foram observados períodos de dois e três dias, respectivamente, para adaptação ao indicador e coletas de fezes (Madeiro, 2014), que foram realizadas diretamente na ampola retal das vacas, sempre após a ordenha da tarde. Ao final de cada período foi obtida uma amostra composta das fezes de cada vaca, representativa dos três dias de coletas. Estas amostras foram secas, moídas a 1 mm e analisadas quanto ao teor de extrato etéreo (EE) de acordo com Silva & Queiroz (2002), e quanto à concentração de LIPE[®], por espectroscopia no infravermelho, segundo recomendações de Saliba et al. (2015). A produção individual de MS fecal foi estimada pela equação: (Quantidade administrada de LIPE[®]/concentração de LIPE[®] nas fezes)*100.

Em cada período de coleta de fezes, no dia anterior ao de entrada das vacas nos piquetes, foram coletadas amostras de forragem por meio de pastejo simulado na altura de resíduo de 25 cm, cujas composições químicas estão apresentadas na Tabela 1.

No último dia de cada período de amostragem, realizou-se uma coleta de sangue. As amostras foram obtidas após a ordenha da manhã, mediante punção da veia coccígea em tubos a vácuo contendo solução de EDTA-K₃ como anticoagulante, que foram

centrifugados (1.122 x g por 15 min) para separação do plasma, visando análises das concentrações plasmáticas de glicose, nitrogênio ureico (NUP) e AG não esterificados (AGNE), utilizando *kits* enzimáticos, conforme realizado por Ribeiro et al. (2014). Nas amostras de plasma obtidas no dia 62 foi adicionalmente analisado o perfil de AG, realizado de acordo com os procedimentos descritos por Glaser et al. (2010).

Todas as análises de variância foram realizadas utilizando-se o procedimento MIXED do SAS versão 9.0, e efeitos foram considerados significativos quando $\alpha = 0,05$. As variáveis referentes aos consumos, produção e teor de EE nas fezes, metabólitos plasmáticos (glicose, AGNE e NUP), à produção, composição e perfil de AG do leite foram analisadas com três medidas repetidas no tempo, representadas pelos dias de amostragem (DIA = 14, 35 e 62), enquanto que a variação na produção, composição e perfil de AG do leite desde o início do fornecimento dos concentrados experimentais até o final do experimento (estudo de avaliação temporal) foi analisada com sete medidas repetidas no tempo (DIA = 0, 2, 8, 14, 20, 35 e 62). Foram considerados efeitos fixos tratamento (suplementação lipídica do pasto – SLP), bloco, DIA (ou período) e a interação SLP*DIA, e aleatórios, blocos e suas interações. Quando a interação SLP*DIA foi significativa, o teste F para efeito de tratamento em cada período foi realizado utilizando a opção SLICE do LSMEANS do SAS. Nestes dois estudos, oito estruturas de covariância foram avaliadas, sendo a escolha da matriz realizada com base no Critério de Informação de Akaike (Wolfinger, 1993). No estudo de avaliação temporal foram realizadas regressões linear e quadrática (procedimento REG do SAS) das médias obtidas de cada variável avaliada no MIXED em função do DIA. Para as concentrações de AG do plasma, realizada apenas no DIA = 62, foram considerados efeitos fixos tratamento e bloco e, aleatório, bloco*vaca. Estudos de correlação (*Pearson*) e de regressão foram realizados para algumas variáveis por meio dos procedimentos CORR e REG do SAS.

Resultados e Discussão

Não houve interação SLP*DIA nem efeito ($P>0,05$) da suplementação do pasto com OG sobre as concentrações plasmáticas de AGNE e glicose (Tabela 2) e, de acordo com Cunningham (2004), os teores desses metabólitos estão dentro dos normalmente observados para vacas em lactação.

Não houve interação SLP*DIA nem efeito ($P>0,05$) da suplementação do pasto com OG sobre as variáveis relacionadas aos consumos de MS, PB e FDN (Tabela 3). Os maiores consumos de FDN ($P<0,0001$) observados nos dois últimos períodos de amostragem quando comparado ao primeiro (8,05 e 8,35 kg/vaca/dia *versus* 6,82 kg/vaca/dia), são reflexo do menor ($P<0,0001$) consumo de MS de pasto observado no primeiro período (2,69% do peso vivo - %PV) em relação aos demais (3,09%PV e 3,17%PV), já que os consumos de MS de concentrado foram similares entre tratamentos. O consumo de PB no pasto foi diferente ($P<0,0001$) nos três períodos de amostragem, com o maior valor sendo observado no último período (2,40 *versus* 1,92 *versus* 1,68 kg/vaca/dia, respectivamente, nos períodos 3, 2, 1), reflexo, principalmente, do teor mais elevado de PB no pasto (17,6% da MS; Tabela 1). Considerando o tratamento com inclusão de OG, os maiores teores de NUP e NUL ($P<0,001$), respectivamente, de 16,4 e 18,5 mg/dL foram observados justamente no terceiro período, reflexo do maior consumo de PB do pasto. Ressalte-se que não houve efeito ($P>0,05$) da suplementação lipídica sobre as concentrações destes dois metabólitos, com interação SLP*DIA ($P = 0,04$) sendo observada apenas para NUL.

Para o consumo total de EE foi observado efeito dos tratamentos ($P<0,0001$), período ($P = 0,0003$) e da interação entre estes ($P = 0,0014$). No tratamento com suplementação lipídica, a inclusão de OG foi a principal responsável pela semelhança nos

consumos de EE entre períodos ($P>0,05$), que variou de 799 a 852 g/vaca/dia, enquanto que no tratamento sem OG o maior (521 g/vaca/dia) e o menor (438 g/vaca/dia) consumos de EE foram observados, respectivamente nos períodos 3 e 1, sendo as diferenças observadas consequência dos consumos de MS e dos teores de EE no pasto. No tratamento com suplementação lipídica, o consumo e, por conseguinte, a excreção fecal de EE (Tabela 3) foram superiores aos observados no tratamento sem inclusão de OG em todos os três períodos. Os teores estimados de EE na MS final das dietas nos três períodos de avaliação foram de $3,24 \pm 0,13\%$ e $1,87 \pm 0,13\%$, respectivamente, para os tratamentos com e sem inclusão de OG.

Foram observados efeitos ($P<0,001$) da suplementação do pasto com OG (Tabela 3) e dos períodos de avaliação sobre os consumos dos ácidos esteárico, linoleico e oleico. Houve interação SLP*DIA ($P = 0,0002$) apenas para o consumo de ácido oleico, que variou de 16,06 a 18,99 g/vaca/dia e de 26,54 a 28,64 g/vaca/dia, respectivamente, para os tratamentos sem ou com inclusão de OG. Os maiores consumos de ácido linoleico observados em todos os três períodos no tratamento com suplementação lipídica são explicados pela inclusão do OG, que possuía 66,5% de ácido linoleico. O ácido α -linolênico provém, principalmente, da forragem (Tabela 1), e como não houve diferença no consumo de MS do pasto ($P>0,05$) entre tratamentos, o consumo desse AG também não foi alterado (Tabela 3).

Não houve efeito ($P>0,05$) da interação SLP*DIA nem da suplementação lipídica do pasto sobre a produção de leite e de seus componentes, bem como sobre o teor de gordura, proteína e sólidos totais (Tabela 3). Foi observado maior teor de lactose do leite ($P = 0,0386$) no tratamento com suplementação do pasto com OG (Tabela 3) que, segundo van Vuuren et al. (2010), pode ser atribuído ao efeito poupador de glicose, promovido pelo fornecimento adicional de gordura, permitindo elevação na quantidade deste metabólito

disponível para a síntese de lactose. Houve efeito do período de amostragem ($P < 0,01$) sobre os teores de gordura (Figura 1) e de sólidos totais do leite, mas não houve sobre os teores de proteína e lactose. Como reflexo do avanço na lactação das vacas, a produção do leite e, por conseguinte, de seus componentes foi sempre maior ($P < 0,01$) no primeiro período de avaliação em comparação aos demais, que foram semelhantes entre si ($P > 0,05$).

Independente do tratamento, os AG encontrados em concentrações majoritárias no plasma foram, nesta ordem, os ácidos esteárico, linoleico, oleico, palmítico e α -linolênico (Tabela 2). Os maiores consumos observados para os ácidos esteárico, linoleico (Tabela 3) e oleico no tratamento com suplementação com OG não refletiram no aparecimento destes no plasma das vacas. Ressalte-se no tratamento com suplementação lipídica do pasto, a menor concentração plasmática dos AG de cadeia ímpar e ramificada ($P = 0,0097$; Tabela 2), que são derivados das membranas dos microrganismos ruminais. Segundo Vlaeminck et al. (2006), vacas leiteiras alimentadas com óleo vegetal rico em ácido linoleico, como o OG, apresentam alteração no crescimento da microbiota ruminal, reduzindo o fluxo desses AG para o duodeno e, conseqüentemente, com proporções menores no plasma e leite. Infelizmente, o estudo do perfil de AG no plasma foi realizado uma única vez no experimento (dia = 62), não permitindo ser avaliado ao longo de todo o período de fornecimento dos concentrados experimentais, prejudicando inferências mais pontuais.

Nas Tabelas 4 e 5, têm-se as concentrações dos AG do leite e os índices de qualidade nutricional da gordura em que, respectivamente, foi observado ($P < 0,05$) ou não ($P > 0,05$) efeito da interação SLP*DIA.

Houve efeito ($P < 0,05$) da suplementação lipídica do pasto sobre os teores da maioria dos AG do leite (Tabelas 4 e 5), exceto para os ácidos *trans*-palmitoleico (C16:1 *trans*-9) ($P = 0,0575$) e o ácido eicosatrienoico – ETA (ω -6 C20:3 *cis*-8 *cis*-11 *cis*-14, $P = 0,0941$).

Os maiores ($P < 0,05$) consumos observados no tratamento com suplementação do pasto com OG, principalmente, do ácido linoleico (Tabela 3), mas também do ácido oleico, promoveram alterações substanciais nas rotas normais de BH ruminal dos AG insaturados. O produto final comum nestas rotas é o ácido esteárico, sendo encontrados como principais intermediários os AG C18:1 *trans* 6 a 16, C18:1 *cis* 10 a 12, além de isômeros conjugados e não conjugados do ácido linoleico (Shingfield et al., 2010; Buccioni et al., 2012). De fato, confirmando intenso processo de BH dos ácidos linoleico e oleico e, em menor escala neste estudo, do ácido α -linolênico, a suplementação do pasto com OG promoveu incremento nos teores de vários destes AG intermediários da BH como, por exemplo, do C18:1 *trans*-9, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11, ácido rumênico, CLA *trans*-9 *cis*-11, CLA *trans*-10 *cis*-12, bem como no somatório das concentrações dos C18:1 *trans* e dos isômeros não conjugados do ácido linoleico (Tabelas 4 e 5).

Foi observada generalizada redução ($P < 0,0001$) nos teores dos AG de cadeia ímpar ramificada (*anteiso* e *iso*) e linear (AGCIR) no leite (Tabela 5), o que pode ser considerado indicador das mudanças no ambiente ruminal das vacas que consumiram suplemento com inclusão de OG. Os AGCIR secretados no leite são originados, em sua maior parte, de AG sintetizados *de novo* e incorporados na membrana celular das bactérias ruminais, de forma que as concentrações desses AG na gordura do leite podem ser indicativas da atividade e crescimento da população bacteriana no rúmen (Vlaeminck et al., 2006). No estudo de avaliação temporal, também percebe-se que ao longo dos 62 dias de suplementação com OG, houve efeito do dia de amostragem ($P < 0,0001$), o que pode ser considerado indicativo que o ambiente ruminal foi sendo modificado em resposta à presença dos AG insaturados.

Também houve redução ($P < 0,0001$) generalizada nas concentrações dos AG saturados com número par de carbonos C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 e C16:0 em resposta à suplementação do pasto com OG (Tabelas 4 e 5). A síntese *de novo* na glândula

mamária é responsável por 100% dos AG C4:0, C6:0, C8:0, C10:0 e C12:0; aproximadamente 95% do C14:0; e 50% do C16:0 secretados no leite (Shingfield et al., 2010). As reduções nos teores destes AG no leite podem ter sido ocasionadas por um ou mais dos seguintes fatores: a) a inclusão do OG no concentrado das vacas inibiu a fermentação ruminal dos carboidratos fibrosos da dieta pela microbiota fibrolítica, resultando em menores concentrações plasmáticas de acetato e, por conseguinte, reduzindo a síntese *de novo* de AG na glândula mamária (Shingfield et al., 2010); b) a inibição da abundância de mRNAs e das atividades de enzimas relacionadas à síntese *de novo* de AG (acetil-CoA carboxilase e AG sintetase) em resposta ao maior consumo de AG insaturados de cadeia longa, oriundos do OG, na glândula mamária; e c) a elevada disponibilidade na glândula mamária de AG de cadeia longa e sua seletiva e preferencial incorporação nos triglicerídeos da gordura do leite em detrimento dos AG de cadeias saturadas curtas e médias promoveu efeito de substituição e limitou a secreção destes no leite. Mourthé et al. (2015) também relataram reduções nas concentrações dos AG C4:0 a C10:0, C12:0, C14:0 e C16:0 do leite de vacas Holandês x Gir quando pasto de capim-Marandu foi suplementado com grão de soja tostado.

A suplementação do pasto com OG promoveu incremento nas concentrações dos ácidos oleico e linoleico no leite (Tabela 5), provavelmente, como resultado de seu escape parcial do rúmen, consequência da competição entre a BH x taxa de passagem neste compartimento, bem como da absorção intestinal preferencial destes AG em detrimento de outros. No entanto, considerando a magnitude da diferença nos consumos destes AG, principalmente do ácido linoleico (Tabela 3), no tratamento com suplementação lipídica do pasto em relação àquele sem inclusão de OG, percebe-se que o incremento de 32% no teor de ácido linoleico no leite não foi tão expressivo, indicando que houve intensa BH ruminal deste AG. De fato, isto pode ser comprovado pela presença dos intermediários de BH no

rúmen, conforme já discutido, bem como pelo expressivo ($P = 0,0002$; Tabela 4) e rápido (Figura 1) incremento no teor de ácido esteárico no leite em resposta à suplementação com OG. Estes elevados teores de C18:0 no leite das vacas que receberam OG podem ser considerados indicativos de que a microbiota envolvida nos processos de BH dos AG insaturados encontrou ambiente ruminal que não limitou sua atividade, característico em vacas sob pastejo em gramíneas tropicais com elevados teores de FDN. Os teores de ácido esteárico no leite das vacas que receberam OG (15,1 a 17,5 g/100 g de AG; Tabela 4) foram similares aos relatados por Ribeiro et al. (2014), de 15,7 e 16,6 g/100 g de AG, respectivamente, no leite de vacas Holandês recebendo dietas à base de capim-elefante picado suplementadas com 2,5% e 3,7% de OG.

A despeito da semelhança ($P > 0,05$) entre tratamentos quanto aos consumos totais de ácido α -linolênico (Tabela 3), o maior teor deste AG no leite das vacas que não receberam concentrado com OG ($P = 0,0055$; Tabela 5) é outro resultado que demonstra que quando houve suplementação lipídica do pasto, a BH dos AG insaturados foi mais intensa. Foram observados efeitos quadráticos da suplementação do pasto com OG sobre os teores dos AG esteárico e α -linolênico no leite. Aos 45 e 42 dias de fornecimento do concentrado com OG foi estimada, respectivamente, para o ácido esteárico, a maior (18,21 g/100 g de AG) e para o ácido α -linolênico a menor (0,34 g/100 g de AG) concentração no leite (Figura 1).

Dentre os isômeros C18:1 *trans* intermediários da BH ruminal dos AG insaturados (Shingfield et al., 2010) e de interesse para a saúde humana podem-se destacar os ácidos vacênico, elaídico (C18:1 *trans*-9) e o C18:1 *trans*-10. Os dois últimos têm sido associados com efeitos deletérios à saúde cardiovascular (Almeida et al., 2014) e, portanto, a redução de seus teores no leite faz-se desejável. No entanto, no presente estudo, a suplementação do pasto com OG promoveu incremento ($P < 0,0001$) nos teores destes dois AG no leite

(Tabela 4). Por outro lado, o ácido vacênico, foi o isômero majoritário dentre todos os C18:1 *trans* (Tabela 4). Este AG é responsável por 64 a 97% da quantidade total secretada de ácido rumênico no leite bovino, via ação da enzima Δ^9 -desaturase na glândula mamária (Shingfield & Wallace, 2014) e, portanto, o aumento de sua concentração no leite deve ser buscado, sendo alcançado com a suplementação do pasto com OG ($P < 0,0001$; Tabela 4). Ademais, o ácido vacênico, é precursor para síntese de 19% do ácido rumênico nos tecidos de humanos (Turpeinen et al., 2002). A regressão dos teores no leite dos ácidos rumênico (y) *versus* vacênico (x) demonstra a estreita associação entre estes AG ($\hat{y} = 0,35297 + 0,35558*x$; $r^2 = 0,47$; $P < 0,0001$), também observada no artigo 1 da presente Tese. No estudo de avaliação temporal, isto pode ser mais bem visualizado, haja vista que foi observado comportamento quadrático para os teores destes dois AG em função dos dias transcorridos desde o início do fornecimento do concentrado com OG (Figura 1). As faixas de concentração dos ácidos vacênico (1,831 a 2,025 g/100 g de AG totais) e rumênico (0,887 a 1,052 g/100 g de AG totais) observadas no leite das vacas que não receberam concentrado com OG (Tabela 4) estão dentro daquela compilada por Lopes et al. (2015) de dez trabalhos com vacas em pastagens formadas com gramíneas tropicais não suplementadas com fontes lipídicas. Entretanto, é superior à normalmente observada ($\leq 0,67$ g/100 g de AG totais) no leite de vacas recebendo dietas baseadas em silagem de milho, suplementadas com concentrados sem ingredientes ricos em AG α -linolênico e linoleico (Lopes et al., 2011) demonstrando o elevado potencial nutracêutico do leite produzido a pasto. Por outro lado, os teores dos ácidos vacênico (2,40 a 3,23 g/100 g de AG totais) e rumênico (1,38 a 1,48 g/100 g de AG totais) observados no leite das vacas que consumiram concentrado com OG (Tabela 4) foram inferiores aos relatados por Ribeiro et al. (2014), de 4,4 e 5,7 g/100 g de AG, e de 1,6 e 2,1 g/100 g de AG, respectivamente, no

leite de vacas Holandês recebendo dietas à base de capim-elefante picado suplementadas com 2,5% e 3,7% de OG na forma de mistura completa (*Total mixed ration* – TMR).

Conforme já discutido, os CLAs *trans-9 cis-11* e *trans-10 cis-12* são gerados no rúmen a partir de reações de BH parcial do ácido linoleico (Buccioni et al., 2012) e o incremento de seus teores no leite está associado à depressão da gordura do leite (Shingfield et al., 2010). Nos períodos 1 e 2 do presente estudo foram observados maiores teores destes dois AG no leite das vacas que consumiram OG ($P < 0,05$; Tabela 4). Entretanto, no último período não houve diferença entre tratamentos quanto aos teores destes AG (Tabela 4), demonstrando, mais uma vez, adaptação da microbiota à presença de AG insaturados no rúmen. No estudo de avaliação temporal, considerando os 62 dias de experimentação, não houve efeito ($P > 0,05$) linear ou quadrático no teor destes AG no leite das vacas que receberam concentrado com OG. Os teores de gordura do leite observados nos três períodos de avaliação foram semelhantes ($P > 0,05$) entre tratamentos (Tabela 3). No estudo de avaliação temporal, no tratamento com inclusão de OG, houve efeito quadrático para o teor de gordura, com valor mínimo (3,44%) estimado aos 16 dias de suplementação lipídica do pasto, alcançando 3,93% aos 62 dias de experimentação (Figura 1). Destes resultados, presume-se que os teores destes dois CLAs não foram suficientes para promover depressão no teor de gordura do leite e, de fato, não houve correlação ($P > 0,05$) entre estas variáveis. A diferença no teor de gordura do leite entre o primeiro e último período de avaliação ($P < 0,05$), pode ser explicada possivelmente devido à adaptação dos microrganismos ruminais à inclusão do OG, ocorrendo alteração da BH ruminal nessa primeira fase, acarretando em valores menores de gordura e logo após, com a adaptação da microbiota, incremento no seu teor. Não houve efeito de tratamento nem da interação SLP*DIA ($P > 0,05$) sobre os índices de dessaturação, calculados das relações produto:substrato entre os AG miristoleico/mirístico, palmitoleico/palmítico,

oleico/esteárico e rumênico/vacênico, que refletem a atividade da enzima Δ^9 -desaturase na glândula mamária.

A gordura do leite das vacas que receberam OG apresentou melhor qualidade nutricional, haja vista que houve redução ($P < 0,0001$) no IA e no IT e incremento ($P < 0,0001$) na relação h/H (Tabela 4). Isto pode ser principalmente atribuído à mudança no perfil de AG promovida pelo decréscimo nos teores dos AG láurico, mirístico e palmítico e pelo concomitante aumento no do ácido oleico ($P < 0,0001$), bem como, especificamente considerando IA e IT, também, em menor escala, devido ao incremento ($P = 0,0009$) nos teores dos AG ω -6 *cis* (Tabelas 4 e 5). Segundo a Food... (2010), há evidência científica demonstrando que a substituição dos AG láurico, mirístico e palmítico por ácido oleico promove redução na concentração plasmática de LDL e na relação colesterol total/colesterol-HDL, respostas estas indicativas de menor risco de doenças cardiovasculares (CVD). Ressalte-se que no tratamento com inclusão de OG, o ácido oleico foi aquele presente em maior concentração no leite (Tabela 5). E neste sentido, sempre é bom lembrar que o ácido oleico é comprovadamente benéfico à saúde cardiovascular, pois está associado à redução da concentração plasmática da fração LDL do colesterol (Food..., 2010). Como o ácido esteárico apresenta comportamento de neutralidade na modulação da concentração plasmática de LDL (Food..., 2010), o incremento ($P = 0,0002$) de seu teor na gordura do leite em razão da suplementação do pasto com OG (Tabela 4) pode ser considerado inócuo no aumento do risco de CVD.

O incremento ($P < 0,0001$) na relação ω -6: ω -3 em resposta à suplementação do pasto com OG (Tabela 4) pode ser, em sua maior parte, atribuído ao aumento ($P = 0,0002$) e à redução ($P = 0,0055$), respectivamente, nos teores dos ácidos linoleico e α -linolênico na gordura do leite (Tabela 5). Estes dois AG são dieteticamente essenciais, pois não são sintetizados no organismo humano (Food..., 2010) e são os principais AG das famílias ω -6

e ω -3 presentes no leite. Apesar da diferença estatística, os valores obtidos nos dois tratamentos para a relação ω -6: ω -3 podem ser considerados próximos (Tabela 4) e, além disso, segundo a Food... (2010), não há consenso científico acerca do valor deste índice como métrica para recomendações dietéticas, visando minimizar risco associado à CVD.

No estudo de avaliação temporal, pode-se inferir que do 40^o ao 43^o dia de suplementação com OG obteve-se o leite com maior potencial nutracêutico, haja vista que nos dias 42, 42 e 40 foram observadas as menores concentrações dos ácidos láurico, mirístico e palmítico, respectivamente, de 1,05; 5,57 e 18,77 g/100 g de AG totais; e nos dias 40, 43 e 42 foram obtidos os teores mais elevados dos ácidos rumênico, vacênico e oleico, respectivamente, de 1,50; 3,08 e 33,05 g/100 g de AG totais (Figura 1). Ademais, neste período obteve-se o menor IA (1,22 aos 41 dias) e a maior relação h/H (1,20 aos 42 dias) na gordura do leite, enquanto que o IT permaneceu constante ($P > 0,05$) ao longo dos 62 dias de experimento. Ressalte-se que o zênite do teor do AG C18:1 *trans*-9 (0,451 g/100 g de AG totais) ocorreu aos 36 dias de suplementação com OG, ou seja, no período entre os dias 40 e 43 sua concentração já encontrava-se em declínio (respectivamente, 0,448 e 0,443 g/100 g de AG totais), o que pode ser considerado interessante em termos de nutrição humana.

Conclusões

1. A suplementação do pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com óleo de girassol permitiu produzir leite naturalmente enriquecido com ácidos graxos benéficos à saúde humana e com menores teores de ácidos graxos hipercolesterolêmicos.

2. Do 40^o ao 43^o dia de suplementação com OG obteve-se o leite com teor mais elevado de ácidos graxos benéficos à saúde humana e com menores teores de ácidos graxos hipercolesterolêmicos.

Referências

ALMEIDA, M.M.; LUQUETTI, S.C.D.; SABARENSE, C.M.; CORRÊA, J.O.; REIS, L.G.; CONCEIÇÃO, E.P.; LISBOA, P.C.; MOURA, E.G.; GAMEIRO, J.; GAMA, M.A.S; LOPES, F.C.; GARCIA, R.M. Butter naturally enriched in *cis-9 trans-11* CLA prevents hyperinsulinemia and increases both serum HDL cholesterol and triacylglycerol levels in rats. **Lipids in Health and Disease**, v.13, 2014.

BUCCIONI, A.; DECANDIA, M.; MINIERI, S. et al. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. **Animal Feed Science and Technology**, v.174, p.1-25, 2012.

CRUZ-HERNANDEZ, C.; KRAMER, J.K.G.; KENNELLY, J.J.; GLIMM, D.R.; SORENSEN, B.M.; OKINE, E.K.; GOONEWARDENE, L.A.; WESELAKE, R.J. Evaluating the conjugated linoleic acid and *trans* 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3786–3801, 2007.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 577p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fats and fatty acids in human nutrition**. Report of an expert consultation. Roma: FAO, 2010. 166p.

GLASER, C.; DEMMELMAIR, H.; KOLETZKO, B. High-throughput analysis of fatty acid composition of plasma glycerophospholipids. **The Journal of Lipid Research**, v.51, p.216-221, 2010.

LOPES, F.C.F.; GAMA, M.A.S.; RIBEIRO, C.G.S. et al. Produção de leite com alto teor de CLA – Experiência brasileira. In: PEREIRA, L. G. R.; NOBRE, M. M. et al. (Org.). **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para sustentabilidade da bovinocultura leiteira**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2011. p.251-296.

LOPES, F.C.F.; SILVA, B.C.M.; ALMEIDA, M. M.; GAMA, M.A.S. Lácteos naturalmente enriquecidos com ácidos graxos benéficos à saúde. In: MARTINS, P.C. et al. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p.237-309.

MADEIRO, A.S. **Consumo de Pasto, Produção e Composição do Leite de Vacas em Pastagem de Capim-Marandu Manejado sob Lotação Intermitente**. 2013. 62p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MOURTHÉ, M.H.F.; REIS, R.B.; GAMA, M.A.S.; BARROS, P.A.V.; ANTONIASSI, P.; BIZZO, H.R.; LOPES, F.C.F. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir em pastagem de capim-Marandu suplementado com quantidades crescentes de grão de soja tostado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, p.1150-1158, 2015.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**.7.ed. Washington: National Academy, 2001, 381p.

RIBEIRO, C. G. S. **Produção e composição do leite de vacas alimentadas com capim- elefante suplementado com óleo de girassol**. 2013. 192f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RIBEIRO, C.G.S.; LOPES, F.C.F.; GAMA, M.A.S.; MORENZ, M.J.F.; RODRIGUEZ, N.M. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, p.1513-1521, 2014.

SALIBA, E. O. S.; FARIA, E. P.; RODRIGUEZ, N. M.; MOREIRA, G. R.; SAMPAIO, I. B. M.; SALIBA, J. S.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C. Use of Infrared Spectroscopy to Estimate Fecal Output with Marker Lipe. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v.4, p.1-10, 2015.

SHINGFIELD, K.J.; BERNARD, L.; LEROUX, C.; CHILLIARD, Y. Role of *trans* fatty acids in the nutritional regulation of mamary lipogenesis in ruminants. **Animal**, v.4, p.1140-1166, 2010.

SHINGFIELD, K.J.; WALLACE, R.J. Synthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In: SELS, B.; PHILIPPAERTS, A. (Ed.) **Conjugated linoleic acids and conjugated vegetable oils**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, London, UK, 2014. p.1-64.

SILVA, J.S.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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

van VUUREN, A.M.; HINDLE, V.A.; KLOP, A.; CONE, J.W. Effect of maize starch concentration in the diet on starch and cell wall digestion in the dairy cow. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.319–329, 2010.

VLAEMINCK, B.; FIEVEZ, V.; DEMEYER, D.; DEWHURST, R.J. Effect of forage:concentrate ratio on fatty acid composition of rumen bacteria isolated from ruminal and duodenal digesta. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p.2668–2678, 2006.

WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, v.22, p.1079-1106, 1993.

Tabela 1. Composição química do pasto nos três períodos de avaliação e composições centesimal e química dos concentrados sem ou com inclusão de óleo de girassol (OG).

Composição centesimal e química do concentrado						
Ingredientes		Sem OG		Com OG		
Milho moído		58,1		39,5		
Farelo de soja 44%		35,9		39,5		
Óleo de girassol		0,0		14,9		
NMV ⁽¹⁾		4,4		4,5		
Sal branco		1,6		1,7		
Composição química ⁽²⁾						
MS (%)		94,5 ± 0,77		95,7 ± 0,26		
PB (% da MS)		22,8 ± 1,50		23,8 ± 0,58		
EE (% da MS)		2,6 ± 0,20		14,8 ± 0,87		
FDN (% da MS)		12,1 ± 0,67		11,8 ± 0,38		
DIVMS (%)		88,4 ± 1,10		78,8 ± 3,09		
Ácidos graxos - AG (mg/g de MS)						
Ácido palmítico		3,18 ± 0,27		4,34 ± 0,40		
Ácido esteárico		0,37 ± 0,02		0,86 ± 0,04		
Ácido oleico		3,44 ± 0,42		6,77 ± 0,66		
Ácido linoleico		7,30 ± 0,73		18,34 ± 1,66		
Ácido α -linolênico		0,33 ± 0,03		0,44 ± 0,04		
Composição química do pasto						
Composição ⁽²⁾		Período 1		Período 2		Período 3
PB (% da MS)		14,9 ± 1,5		15,1 ± 1,6		17,6 ± 1,9
EE (% da MS)		3,3 ± 0,2		3,0 ± 0,4		3,4 ± 0,2
FDN (% da MS)		60,7 ± 2,3		62,8 ± 2,3		61,4 ± 1,8
DIVMS (%)		65,1 ± 2,0		65,7 ± 1,5		67,4 ± 1,0
Ácido graxo	mg/g MS	g/100 g	mg/g MS	g/100 g	mg/g MS	g/100 g
Palmítico	6,13± 0,61	30,2±1,4	4,77±0,80	28,7± 0,6	5,89±1,60	41,7±6,2
Esteárico	0,34± 0,02	1,7 ± 0,1	0,29±0,04	1,8 ± 0,1	0,31±0,01	2,3 ± 0,3
Oleico	0,89± 0,06	4,4 ± 0,3	0,64±0,05	3,9 ± 0,5	0,41±0,05	3,0 ± 0,5
Linoleico	4,62± 0,29	22,7±0,7	3,80±0,70	22,8±0,5	1,52±0,08	10,9±0,9
α -linolênico	7,03± 0,69	34,5±1,2	5,99±1,34	35,7± 1,8	2,71±0,28	19,6±3,0

⁽¹⁾NVM = Núcleo mineral-vitamínico.

⁽²⁾MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS.

Tabela 2. Efeito da suplementação do pasto de capim-Marandu com óleo de girassol (OG) sobre as concentrações de metabólitos e de ácidos graxos (AG) no plasma de vacas Holandês x Gir em lactação.

Variável	Tratamento ⁽¹⁾		Erro-padrão da média	Valor de P
	Sem OG	Com OG		
Parâmetros metabólicos ⁽²⁾				
AGNE (mmol/L) ⁽³⁾	0,112	0,133	0,0102	0,1463
Glicose (mg/dL)	55,2	55,9	1,0004	0,6032
Nitrogênio ureico (mg/dL)	14,6	15,2	0,4714	0,3944
Ácidos graxos (g/100 g de AG totais) ⁽⁴⁾				
C16:0	9,609	9,550	0,5095	0,9311
C18:0	24,308	23,616	0,5245	0,2188
C18:1 <i>trans</i> -11	1,127	1,067	0,0712	0,4664
C18:1 <i>cis</i> -9	15,564	14,479	0,4810	0,1499
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	17,150	17,693	0,7733	0,4675
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	2,674	1,964	0,2315	0,0581
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,206	0,249	0,0169	0,1175
AGCIR ⁽⁵⁾	3,413 A	2,735 B	0,1646	0,0097

⁽¹⁾Letras diferentes na linha indicam diferença entre tratamentos (P<0,05).

⁽²⁾Valores observados nos três períodos de avaliação (dias 14, 35 e 62).

⁽³⁾AGNE: ácidos graxos não esterificados.

⁽⁴⁾Valores observados aos 62 dias de fornecimento dos concentrados experimentais.

⁽⁵⁾AGCIR: ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada.

Tabela 3. Efeito da suplementação com óleo de girassol (OG) sobre o consumo estimado de matéria seca (MS) de pasto e de nutrientes, sobre a produção e o teor de extrato etéreo (EE) nas fezes, e sobre a produção e a composição do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu.

Variável	Tratamento ⁽¹⁾		EPM ⁽²⁾	Valor de P
	Sem OG	Com OG		
Consumo total (CT) de MS (% peso vivo)	3,06	2,91	0,1026	0,3396
Consumo de MS de pasto (% peso vivo)	2,50	2,37	0,0870	0,3056
CT de MS (kg/vaca/dia)	15,4	15,4	0,2953	0,8113
Consumo de MS de pasto (kg/vaca/dia)	12,6	12,5	0,2950	0,7277
Consumo de FDN do pasto (kg/vaca/dia)	7,78	7,70	0,1490	0,6358
Consumo de PB do pasto (kg/vaca/dia)	2,02	1,98	0,0495	0,6445
CT de PB (kg/vaca/dia)	2,66	2,67	0,0496	0,9982
CT de ácido esteárico (g/vaca/dia)	5,00 B	6,38 A	0,0839	<0,0001
CT de ácido linoleico (g/vaca/dia)	61,56 B	92,85 A	1,0464	<0,0001
CT de ácido α -linolênico (g/vaca/dia)	66,30	65,35	2,8261	0,8789
Produção de MS fecal (kg/vaca/dia)	4,55	4,70	0,1696	0,4896
Teor de EE nas fezes (%)	5,41 B	7,75 A	0,1886	<0,0001
Produção de leite (kg/vaca/dia)	12,8	12,1	0,8168	0,5304
Teor de gordura do leite (%)	4,00	3,61	0,1794	0,1457
Teor de proteína do leite (%)	3,13	3,15	0,0833	0,8561
Teor de lactose do leite (%)	4,38 B	4,57 A	0,0575	0,0386
Teor de sólidos totais - ST (%)	12,37	12,19	0,2834	0,6558
Produção de gordura (kg/vaca/dia)	0,506	0,432	0,0460	0,2739
Produção de proteína (kg/vaca/dia)	0,397	0,379	0,0249	0,6208
Produção de lactose (kg/vaca/dia)	0,562	0,554	0,0367	0,8679
Produção de ST (kg/vaca/dia)	1,569	1,468	0,1033	0,4994

⁽¹⁾Letras diferentes na linha indicam diferença entre tratamentos (P<0,05).

⁽²⁾Erro-padrão da média.

Tabela 4. Efeito do dia de avaliação e da suplementação com óleo de girassol (OG) sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu e sobre a relação entre AG ω -6 e ω -3⁽¹⁾.

Tratamento ⁽²⁾	Dia de avaliação ⁽³⁾		
	14	35	62
Σ AG C4:0 + C6:0 + C8:0 + C10:0 (EPM ⁽⁴⁾ = 0,2702)			
Sem OG	8,993 Aa	8,269 Ab	8,762 Aa
Com OG	6,744 Ba	5,570 Bb	5,794 Bb
C12:0 (EPM = 0,1230)			
Sem OG	2,589 Aa	2,511 Aa	2,668 Aa
Com OG	1,511 Ba	1,270 Bb	1,324 Bb
C14:0 (EPM = 0,3748)			
Sem OG	9,560 Aa	9,399 Aa	9,610 Aa
Com OG	6,769 Ba	6,069 Bb	6,259 Bb
C18:0 (EPM = 0,7575)			
Sem OG	11,687 Ba	12,748 Ba	11,490 Ba
Com OG	15,094 Ab	17,414 Aa	17,482 Aa
C18:1 <i>trans</i> -9 (EPM = 0,0129)			
Sem OG	0,180 Ba	0,184 Ba	0,193 Ba
Com OG	0,405 Ab	0,443 Aa	0,350 Ac
C18:1 <i>trans</i> -10 (EPM = 0,0485)			
Sem OG	0,263 Ba	0,235 Ba	0,245 Ba
Com OG	0,674 Aa	0,596 Aab	0,465 Ab
C18:1 <i>trans</i> -11 (EPM = 0,1452)			
Sem OG	1,831 Ba	1,970 Ba	2,025 Ba
Com OG	2,402 Ab	3,226 Aa	2,795 Ab
Σ AG C18:1 <i>trans</i> ⁽⁵⁾ (EPM = 0,1811)			
Sem OG	3,167 Ba	3,331 Ba	3,340 Ba
Com OG	5,505 Ab	6,474 Aa	5,441 Ab
Σ AG C18:2 <i>trans</i> (isômeros não conjugados do ácido linoleico) ⁽⁶⁾ (EPM = 0,0075)			
Sem OG	0,090 Ba	0,097 Ba	0,102 Ba
Com OG	0,136 Ab	0,175Aa	0,143Ab
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11 (EPM = 0,1016)			
Sem OG	0,978 Bab	0,887 Bb	1,052 Ba
Com OG	1,409 Aa	1,476 Aa	1,380 Aa
CLA <i>trans</i> -9 <i>cis</i> -11 (EPM = 0,0020)			
Sem OG	0,015 Ba	0,016 Ba	0,019 Aa
Com OG	0,028 Aa	0,024 Aab	0,022 Ab
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12 (EPM = 0,0013)			
Sem OG	0,004 Bb	0,003 Bb	0,006 Aa
Com OG	0,007 Aa	0,008 Aa	0,006 Aa
Relação AG ω -6: ω -3 ⁽⁷⁾ (EPM = 0,0983)			
Sem óleo	1,91 Bb	2,21 Ba	2,01 Bb
Com óleo	2,65 Ab	3,08 Aa	3,13 Aa

⁽¹⁾Interação tratamento*Dia significativa (P<0,05). ⁽²⁾Letras maiúsculas iguais na mesma coluna indicam semelhança (P>0,05) entre tratamentos. ⁽³⁾Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam semelhança (P>0,05) entre dias de avaliação. ⁽⁴⁾Erro-padrão da média. ⁽⁵⁾ Σ AG C18:1 *trans* = C18:1 *trans*-4 + *trans*-5 + *trans* 6-8 + *trans*-9 + *trans*-10 + *trans*-11 + *trans*-12 + *trans*-13 e *trans*-14 + *trans*-16. ⁽⁶⁾ Σ AG C18:2 *trans* = C18:2 *trans*-9 *trans*-12 + C18:2 *cis*-9 *trans*-12 + C18:2 *trans*-9 *cis*-12. ⁽⁷⁾AG ω -6: ω -3 = Σ AG ω -6 *cis*/ Σ AG ω -3 *cis*.

Tabela 5. Efeito da suplementação com óleo de girassol (OG) sobre os índices de qualidade nutricional da gordura e sobre o perfil de ácidos graxos (AG) do leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu.

Variável	Tratamento ⁽¹⁾		Erro-padrão da média	Valor de P
	Sem OG	Com OG		
C16:0	27,595 A	20,002 B	0,4817	<0,0001
C16:1 <i>trans</i> -9	0,080	0,095	0,0051	0,0575
C18:1 <i>cis</i> -9	21,517 B	29,622 A	0,7066	<0,0001
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	0,872 B	1,152 A	0,0456	0,0005
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,447 A	0,389 B	0,0123	0,0055
C20:3 <i>cis</i> -8 <i>cis</i> -11 <i>cis</i> -14 ω -6	0,117	0,122	0,0022	0,0941
C20:5 ω -3 EPA	0,037 A	0,029 B	0,0010	<0,0001
C22:5 ω -3 DPA	0,070 A	0,056 B	0,0021	0,0004
Σ AG <i>anteiso</i> ⁽²⁾	0,726 A	0,570 B	0,0185	<0,0001
Σ AG <i>iso</i> ⁽³⁾	1,513 A	1,309 B	0,0165	<0,0001
Σ AG de cadeia ímpar linear ⁽⁴⁾	2,411 A	1,893 B	0,0248	<0,0001
Σ AGCIR ⁽⁵⁾	4,646 A	3,773 B	0,0555	<0,0001
Σ AG ω -3 <i>cis</i> ⁽⁶⁾	0,553 A	0,474 B	0,0133	0,0010
Σ AG ω -6 <i>cis</i> ⁽⁷⁾	1,127 B	1,391 A	0,0459	0,0009
Índice de Aterogenicidade (IA) ⁽⁸⁾	2,98 A	1,50 B	0,1004	<0,0001
Índice de Trombogenicidade (IT) ⁽⁹⁾	3,69 A	2,51 B	0,1230	<0,0001
Relação h/H ⁽¹⁰⁾	0,56 B	1,10 A	0,0411	<0,0001

⁽¹⁾ Letras diferentes na linha indicam diferença entre tratamentos (P<0,05).

⁽²⁾ Σ AG *anteiso* = C15:0 *anteiso*.

⁽³⁾ Σ AG *iso* = C14:0 *iso* + C15:0 *iso* + C16:0 *iso* + C17:0 *iso* + C18:0 *iso*.

⁽⁴⁾ Σ AG de cadeia ímpar linear = C5:0 + C7:0 + C9:0 + C11:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1 *cis*-9 + C21:0 + C23:0.

⁽⁵⁾ Σ Ácidos graxos cadeia ímpar ramificada = Σ AG *anteiso* + Σ AG *iso* + (C5:0 + C7:0 + C9:0 + C11:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1 *cis*-9 + C21:0 + C23:0).

⁽⁶⁾ Σ ω -3 *cis* = α -C18:3 *cis*-6 *cis*-9 *cis*-15 + C20:5 ω -3 EPA + C22:5 ω -3 DPA.

⁽⁷⁾ Σ ω -6 *cis* = C18:2 *cis*-9 *cis*-12 + γ -C18:3 *cis*-6 *cis*-9 *cis*-12 + C20:2 *cis*-11 *cis*-14 + C20:3 *cis*-8 *cis*-11 *cis*-14 + C20:4 *cis*-5 *cis*-8 *cis*-11 *cis*-14.

⁽⁸⁾ IA = [C12:0 + (4*C14:0) + C16:0]/(C18:1 *cis*-9 + Σ AG ω -6 *cis* + Σ AG ω -3 *cis*).

⁽⁹⁾ IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/[(0,5*C18:1 *cis*-9) + (0,5* Σ AG ω -6 *cis*) + (3* Σ AG ω -3 *cis*) + (Σ AG ω -3 *cis* / Σ AG ω -6 *cis*)].

⁽¹⁰⁾ Relação entre AG hipo:hipercolesterolêmicos = (C18:1 *cis*-9 + Σ AG ω -3 *cis*)/(C12:0 + C14:0 + C16:0).

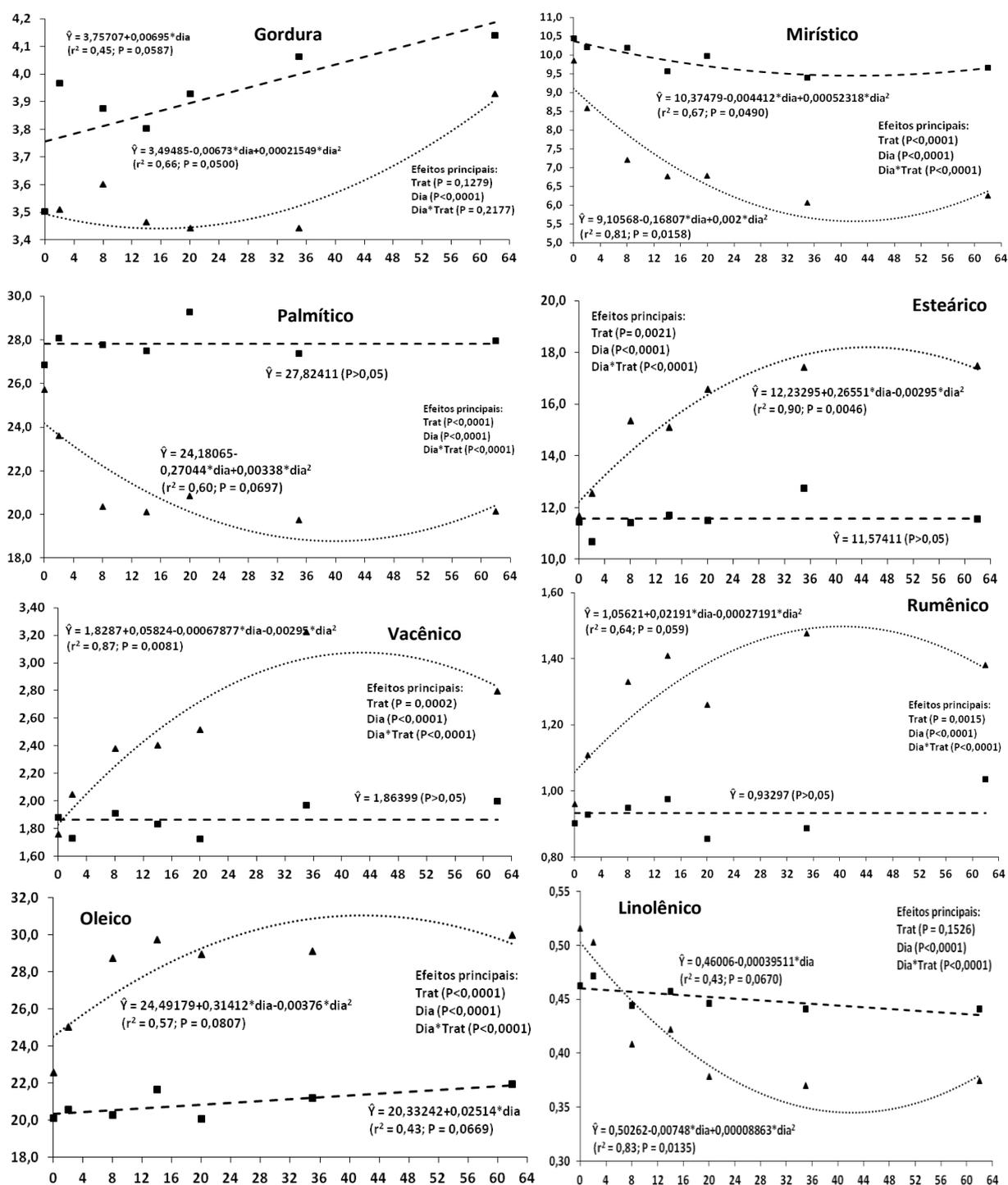


Figura 1. Teores de gordura e de ácidos graxos - AG (g/100 g de AG totais) no leite de vacas Holandês x Gir sob pastejo em capim-Marandu em função do dia transcorrido desde o início do fornecimento de concentrado com inclusão (▲.....) ou não (■ ----) de óleo de girassol

Considerações Finais

A modificação do perfil de ácidos graxos no leite por meio de diferentes métodos de pastejo é difícil de ser alcançada.

Nos dois experimentos observou-se que o pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu manejado sob lotação rotacionada apresenta potencial para produção de leite com teor médio de ácido rumênico de, aproximadamente, 0,8 a 1,0 g/100 g de ácidos graxos totais. Tais teores são superiores aos normalmente observados no leite de vacas recebendo dietas típicas de confinamento, baseadas em forragens conservadas suplementadas com concentrados, embora não sejam suficientes para caracterizar o leite obtido como rico em ácido rumênico.

A suplementação do pasto de capim-Marandu com óleo de girassol nas condições estudadas no Capítulo 3 permitiu elevar as concentrações deste ácido graxo no leite, embora o incremento não possa ser considerado tão expressivo e, provavelmente, níveis maiores de inclusão deste óleo também não promoverão acréscimos substanciais no teor de ácido rumênico no leite.

Ademais, há que avaliar a viabilidade econômica da suplementação do pasto com óleo de girassol ou outros óleos vegetais livres, haja vista que estudos realizados no Brasil com vacas recebendo forrageiras tropicais demonstraram ser inviável, do ponto de vista financeiro, a suplementação com óleos de soja ou girassol, já que não há qualquer bonificação no pagamento do leite em nosso país associada a incremento nos teores de específicos ácidos graxos benéficos à saúde humana, como os ácidos rumênico, vacênico e oleico.

No entanto, iniciativas neste sentido já são percebidas em outros países do mundo, alinhadas com mudanças no mercado e perfil do consumidor e em suas tendências de consumo. Por este motivo, pesquisas nesta área do conhecimento científico são cada vez mais necessárias, principalmente considerando que no Brasil há enorme diversidade de forrageiras tropicais, bem como disponibilidade de coprodutos da agroindústria ou da produção de biocombustível ricos em ácidos linoleico e α -linolênico.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 1. Produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas sob pastejo em forrageiras tropicais sem suplementação com fontes lipídicas

Produção e composição do leite	Pasto sem suplementação com fontes lipídicas						
	(3)	(6)	(10)	(14)	(15)	(16)	(17)
Produção de leite (kg/vaca/dia)	11,8-13,1	8,36	8,10	NI ¹	15,0	15,0	15,0
Gordura (%)	3,17-3,29	3,81	2,85	6,10	4,0	4,0	4,0
Proteína (%)	2,84-3,05	3,82	3,26	4,63	3,4	3,4	3,4
Lactose (%)	4,39-4,44	NI ¹	4,73	NI	4,0	4,0	4,0
Sólidos totais (%)	11,26-11,42	11,67	11,81	14,59	12,8	12,8	12,8
N ureico (mg/dL)	17,6-18,3	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Ácido graxo - AG (g/100 g AG totais)							
C12:0	2,37-2,42	2,66	4,23	3,23	2,97	2,17	2,57
C14:0	9,51-9,64	10,38	15,74	0,22	10,70	8,88	9,75
C16:0	25,65-26,78	26,44	39,18	26,37	28,1	26,7	26,6
∑ C12:0+C14:0+C16:0	37,53-38,84	39,48	59,15	29,82	41,77	37,75	38,92
C18:0	11,21-11,94	11,85	8,10	11,80	10,5	11,6	12,0
C18:1 <i>trans</i> -11	4,37-4,49	NI	NI	NI	1,64	1,66	1,90
C18:1 <i>cis</i> -9	27,12-27,26	27,28	23,98	21,43	20,9	25,5	22,4
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	1,51-1,52	NI	0,50	NI	1,07	1,35	1,22
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,50-0,51	0,59	0,52	0,37	0,49	0,42	0,40
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	1,58-1,64	NI	NI	0,96	0,91	1,10	1,01
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	0,03	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Produção e composição do leite	Pasto sem suplementação com fontes lipídicas						
	(18)	(19)	(23)	(26)	(31)	(36)	(37)
Produção de leite (kg/vaca/dia)	15,0	19,9	24,2	16,6	13,3	17,6	14,2
Gordura (%)	4,0	3,56	3,5	3,76	4,68	3,72	3,79
Proteína (%)	3,4	2,90	3,3	3,44	3,82	3,26	3,26
Lactose (%)	4,0	4,34	4,6	4,55	4,92	4,42	4,47
Sólidos totais (%)	12,8	11,7	NI	12,63	14,45	NI	NI
N ureico (mg/dL)	NI	17,5	11,2	10,98	15,34	8,8	11,6
Ácido graxo - AG (g/100 g AG totais)							
C12:0	2,92	2,84	2,84	2,36	5,183	3,03	2,25
C14:0	9,74	10,60	10,3	8,89	15,901	9,79	8,99
C16:0	28,9	27,8	29,5	26,8	43,727	25,44	23,61
∑ C12:0+C14:0+C16:0	41,56	41,24	42,64	38,05	64,811	38,26	34,85
C18:0	11,4	11,9	12,8	14,4	16,855	14,29	13,24
C18:1 <i>trans</i> -11	2,04	2,19	0,91	1,15	NI	NI	NI
C18:1 <i>cis</i> -9	20,8	19,8	20,8	21,8	16,649	22,21	23,5
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	1,16	1,76	1,66	2,52	0,571	1,33	0,86
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,30	0,39	0,33	0,43	0,295	0,38	0,42
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	1,04	0,95	0,66	0,64	0,396	0,80	1,42
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	NI	0,02	0,02	0,025	NI	NI	NI

¹NI = não informado

(3) Medeiros et al. (2010): *C. nlenfuensis* (Estrela-africana) + 4 kg/vaca/dia de concentrado

(6) Lima et al. (2011): *Panicum maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado

(10) Lima (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado

(14) Martins et al. (2012): *P. maximum* cv. Tanzânia + concentrado (relação volumoso:concentrado = 76:24, base MS)

(15) Lopes et al (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado

(16) Lopes et al (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 6 kg/vaca/dia de concentrado

(17) Lopes et al (2011): *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés + 3 kg/vaca/dia de concentrado

(18) Lopes et al (2011): *B. brizantha* cv. Xaraés + 6 kg/vaca/dia de concentrado

(19) Mourthé et al. (2015): *B. brizantha* cv. Marandu + 6 kg/vaca/dia de concentrado

(23) Souza (2014): *Pennisetum purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) – Experimento 1

(26) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) – Experimento 2

(31) Santana Júnior (2013): *B. brizantha* cv. MG-5 + 4,65 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) sem glicerina bruta (GB)

(36) Macedo (2012): *P. purpureum* cv. Cameron + 1 kg/vaca/dia de concentrado (15,2% de PB) para cada 2,5 kg/vaca/dia de leite produzidos (Consumo de MS de concentrado = 7,3 kg/vaca/dia)

(37) Macedo (2012): *P. purpureum* cv. Cameron + 1 kg/vaca/dia de concentrado (12,2% de PB) para cada 5 kg/vaca/dia de leite produzidos (Consumo de MS de concentrado = 3,1 kg/vaca/dia)

ANEXO 2

Tabela 2. Produção (kg/vaca/dia), composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas sob pastejo em forrageiras tropicais suplementadas com fontes lipídicas

Produção e composição do leite	Pasto suplementado com fontes lipídicas							
	(1)	(2)	(4)	(5)	(7)	(8)	(9)	
Produção de leite	15,2	16,3	14,97-15,05	14,99-15,24	8,91	9,03	9,07	
Gordura (%)	2,90	2,14	3,37-3,58	3,05-3,09	3,86	3,92	3,95	
Proteína (%)	2,79	3,11	2,88-2,95	2,90-2,92	3,78	3,64	3,49	
Lactose (%)	4,56	4,46	4,36-4,37	4,40-4,41	NI ¹	NI	NI	
Sólidos totais (%)	10,98	10,56	11,56-11,92	11,29-11,36	11,87	12,05	12,07	
N ureico (mg/dL)	19,3	19,7	NI	NI	NI	NI	NI	
Ácido graxo - AG (g/100 g AG totais)								
C12:0	2,10-2,39	1,77-1,96	0,93	0,87-0,94	2,94	3,14	3,61	
C14:0	7,51-7,71	8,47-8,67	4,49-4,53	4,16-4,63	10,96	11,14	11,76	
C16:0	25,44-26,34	26,90-27,00	17,05-17,57	16,14-16,89	27,37	28,37	29,55	
∑ C12:0+C14:0+C16:0	35,05-36,44	37,14-37,63	22,47-23,03	21,17-22,46	41,27	42,65	44,92	
C18:0	10,73-11,07	12,16-12,21	20,68-21,37	17,40-17,56	11,43	11,00	10,78	
C18:1 <i>trans</i> -11	4,52-4,73	4,16-4,32	NI	NI	NI	NI	NI	
C18:1 <i>cis</i> -9	28,33-29,43	24,68-26,13	31,65-32,56	30,91-32,40	27,03	27,52	26,04	
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	1,73-1,79	1,37-1,42	3,67-3,71	3,19-3,39	NI	NI	NI	
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,41-0,44	0,41-0,42	0,37-0,38	0,38	0,55	0,49	0,45	
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	1,45-1,72	1,11-1,25	1,17-1,20	2,26-2,46	NI	NI	NI	
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	0,04-0,08	0,03-0,05	0,22	0,22-0,33	NI	NI	NI	

Produção e composição do leite	Pasto suplementado com fontes lipídicas								
	(11)	(12)	(13)	(20)	(21)	(22)	(24)	(25)	(27)
Produção de leite	8,33	8,04	7,73	20,4	20,2	20,4	26,8	29,0	17,1
Gordura (%)	2,66	2,65	2,81	3,74	3,84	3,81	2,8	3,3	3,25
Proteína (%)	3,17	3,24	3,16	2,87	2,88	2,86	3,1	3,1	3,34
Lactose (%)	4,78	4,77	4,73	4,34	4,32	4,34	4,4	4,6	4,57
Sólidos totais (%)	11,59	11,65	11,69	11,9	12,0	12,0	NI	NI	11,95
N ureico (mg/dL)	NI	NI	NI	17,6	18,7	18,7	10,6	11,9	10,21
Ácido graxo - AG (g/100 g AG totais)									
C12:0	4,13	4,01	5,02	2,33	1,92	1,60	2,07	2,35	1,76
C14:0	15,35	14,78	15,62	8,86	7,66	6,44	8,2	8,9	7,77
C16:0	38,74	39,18	36,91	23,4	21,4	19,9	29,3	32,9	26,3
∑ C12:0+C14:0+C16:0	58,22	57,97	57,55	34,59	30,98	27,94	39,57	44,15	35,83
C18:0	9,34	7,41	8,29	14,6	16,8	18,4	16,2	14,3	15,1
C18:1 <i>trans</i> -11	NI	NI	NI	2,40	2,57	2,34	1,16	1,01	1,63
C18:1 <i>cis</i> -9	23,11	26,21	25,01	22,6	24,1	25,9	24,3	23,2	23,2
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	0,87	0,29	0,57	3,16	4,47	5,76	2,07	1,92	2,89
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,75	0,52	0,55	0,60	0,74	0,87	0,43	0,39	0,47
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	NI	NI	NI	0,98	1,01	0,93	0,86	0,69	1,02
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	NI	NI	NI	0,02	0,02	0,01	0,09	0,02	0,08

Produção e composição do leite	Pasto suplementado com fontes lipídicas								
	(28)	(29)	(30)	(32)	(33)	(34)	(35)	(38)	(39)
Produção de leite	15,9	17,6	17,7	14,3	14,3	14,0	13,6	15,4	15,0
Gordura (%)	3,04	4,02	3,88	4,23	4,21	3,86	4,14	3,34	3,41
Proteína (%)	3,41	3,37	3,35	3,65	3,54	3,64	3,64	3,25	3,12
Lactose (%)	4,53	4,59	4,53	4,65	4,65	4,71	4,66	4,39	4,42
Sólidos totais (%)	11,85	12,65	12,59	13,51	13,33	13,15	13,35	NI	NI
N ureico (mg/dL)	9,98	10,98	10,93	14,40	16,83	16,05	15,75	10,0	11,2
Ácido graxo - AG (g/100 g AG totais)									
C12:0	1,36	1,79	1,45	4,744	4,340	5,783	6,593	2,00	1,89
C14:0	7,33	7,99	7,06	17,673	23,989	19,197	17,946	7,67	8,03
C16:0	23,3	28,1	35,1	42,111	41,371	40,219	40,212	23,62	23,66
∑ C12:0+C14:0+C16:0	31,99	37,88	43,61	64,528	69,700	65,199	64,751	33,29	33,58
C18:0	16,6	12,8	10,1	17,076	12,804	14,340	13,413	16,82	14,00
C18:1 <i>trans</i> -11	1,58	1,16	1,15	NI	NI	NI	NI	NI	NI
C18:1 <i>cis</i> -9	23,8	24,1	23,7	14,581	9,987	12,697	15,307	24,7	23,55
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	3,22	2,21	2,43	0,516	0,461	0,426	0,525	1,68	1,52
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	0,41	0,37	0,34	0,141	0,147	0,116	0,151	0,41	0,54
CLA <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	1,13	0,85	0,86	0,435	0,689	0,589	0,670	1,08	1,54
CLA <i>trans</i> -10 <i>cis</i> -12	0,11	0,027	0,019	NI	NI	NI	NI	NI	NI

¹NI = não informado

(1) Medeiros et al. (2010): *Cynodon nlenfuensis* (Estrela-africana) + 4 kg/vaca/dia de concentrado + 150 g/vaca/dia de Megalac[®]

(2) Medeiros et al. (2010): *C. nlenfuensis* (Estrela-africana) + 4 kg/vaca/dia de concentrado + 150 g/vaca/dia de sais de Ca de CLA (24% *cis*-9 *trans*-11 e 35% *trans*-10 *cis*-12)

(4) Santos et al. (2011): *Cynodon dactylon* + 4,2 kg/vaca/dia de concentrado contendo grãos de girassol moídos, tratados ou não com lignosulfonato

(5) Santos et al. (2011): *C. dactylon* + 4,5 kg/vaca/dia de concentrado contendo grãos de girassol moídos pelotizados, tratados ou não com lignosulfonato

- (7) Lima et al. (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado e 1,5% de óleo de licuri na MS da dieta
- (8) Lima et al. (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado e 3,0% de óleo de licuri na MS da dieta
- (9) Lima et al. (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado e 4,5% de óleo de licuri na MS da dieta
- (11) Lima (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado contendo 8,34% de torta de amendoim
- (12) Lima (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado contendo 15,05% de torta de girassol
- (13) Lima (2011): *P. maximum* cv. Tanzânia + 3 kg/vaca/dia de concentrado contendo 45,5% de torta de dendê
- (20) Mourthé et al. (2015): *B. brizantha* cv. Marandu + 6 kg/vaca/dia de concentrado contendo 1,3 kg de grão de soja tostado
- (21) Mourthé et al. (2015): *B. brizantha* cv. Marandu + 6 kg/vaca/dia de concentrado contendo 2,6 kg de grão de soja tostado
- (22) Mourthé et al. (2015): *B. brizantha* cv. Marandu + 6 kg/vaca/dia de concentrado contendo 3,9 kg de grão de soja tostado
- (24) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) com 400 g de sais de Ca de óleo de soja – Experimento 1
- (25) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 400 g de sais de Ca de óleo de palma – Experimento 1
- (27) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 400 g de sais de Ca de óleo de soja – Experimento 2
- (28) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 700 g de sais de Ca de óleo de soja – Experimento 2
- (29) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 400 g de sais de Ca de óleo de palma – Experimento 2
- (30) Souza (2014): *P. purpureum* cv. Cameron + 8 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 700 g de sais de Ca de óleo de palma – Experimento 2
- (32) Santana Júnior (2013): *B. brizantha* cv. MG-5 + 4,65 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 9,4% de glicerina bruta - GB (37% de AG totais; 48% de glicerol) na MS
- (33) Santana Júnior (2013): *B. brizantha* cv. MG-5 + 4,65 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 19,1% de GB na MS
- (34) Santana Júnior (2013): *B. brizantha* cv. MG-5 + 4,65 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 28,9% de GB na MS
- (35) Santana Júnior (2013): *B. brizantha* cv. MG-5 + 4,65 kg/vaca/dia de concentrado (base MS) contendo 38,9% de GB na MS
- (38) Macedo (2012): *P. purpureum* cv. Cameron + 1 kg/vaca/dia de concentrado (15,2% de PB; 2,78% de Megalac-E[®]; base MS) para cada 2,5 kg/vaca/dia de leite produzidos (Consumo de MS de concentrado = 7,1 kg/vaca/dia)
- (39) Macedo (2012): *P. purpureum* cv. Cameron + 1 kg/vaca/dia de concentrado (12,2% de PB; 5,56% de Megalac-E[®]; base MS) para cada 5 kg/vaca/dia de leite produzidos (Consumo de MS de concentrado = 3,0 kg/vaca/dia)

ANEXO 3

Tabela 3. Composição química do pasto e consumo de matéria seca (MS) por vacas em lactação em pastagens de *Brachiaria* spp

Ref.	Espécie de <i>Brachiaria</i>	Consumo de MS (% do peso vivo)		Composição química do pasto (% da matéria seca - MS) ¹				Consumo de concentrado (kg/vaca/dia)	Produção de leite
		Pasto	Total	PB	EE	FDN	DIV		
(1)	<i>Brachiaria</i> spp	1,8	2,5	12,3	5,1	57,8	58,4	4	16,0
(1)	<i>Brachiaria</i> spp	1,8	2,8	12,3	5,1	57,8	58,4	6	16,0
(1)	<i>Brachiaria</i> spp	2,0	3,4	12,3	5,1	57,8	58,4	8	16,0
(2)	<i>B. decumbens</i>	2,84	3,52	11,9	NI ⁴	76,6	62,7	4	14,4
(3)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	2,4	2,7	10,0	1,6	68,0	60,0	2	8,7
(4)	<i>B. decumbens</i>	NI	2,4	9,5	NI	70,1	56,4	2	11,0
(5)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	2,03	3,02	10,8	1,8	69,7	65,7	6 (0,0) ⁵	19,9
(5)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	1,96	2,98	10,8	1,8	69,7	67,5	6 (1,3) ⁵	20,4
(5)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	1,84	2,83	10,8	1,8	69,7	68,4	6 (2,6) ⁵	20,2
(5)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	1,49	2,50	10,8	1,8	69,7	64,8	6 (3,9) ⁵	20,4
(6)	<i>B. decumbens</i> + <i>Stylosanthes</i> spp	2,43	2,43	9,1	NI	65,6	57,2	0	9,5
(6)	<i>B. decumbens</i> + várias leguminosas	2,34	2,34	10,8	NI	65,5	60,1	0	10,8
(7)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	2,9	NI	9,4	1,39	67,1	64,0	2	9,8
(8)	<i>B. decumbens</i>	NI	2,39	8,4	2,0	62,7	NI	Variável ⁶	14,0
(8)	<i>B. decumbens</i>	NI	2,18	8,4	2,0	62,7	NI	Variável ⁶	13,0
(8)	<i>B. decumbens</i>	NI	2,19	8,4	2,0	62,7	NI	Variável ⁶	12,0
(9)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu ⁷	NI	2,26	7,8	2,9	72,7	NI	0	10,2
(9)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu ⁷	NI	2,85	7,8	2,9	72,7	NI	2,0 (50) ⁸	12,1
(9)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu ⁷	NI	3,11	7,8	2,9	72,7	NI	3,5 (28,6) ⁸	14,2
(9)	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu ⁷	NI	3,07	7,8	2,9	72,7	NI	5,0 (20) ⁸	13,4
(10)	<i>B. brizantha</i> cv. MG5	2,23	3,31	13,3	NI	62,3	NI	4,65 (0) ⁹	13,3
(10)	<i>B. brizantha</i> cv. MG5	2,03	3,10	13,3	NI	62,3	NI	4,65 (94) ⁹	14,3
(10)	<i>B. brizantha</i> cv. MG5	1,95	3,02	13,3	NI	62,3	NI	4,65 (191) ⁹	14,3
(10)	<i>B. brizantha</i> cv. MG5	2,04	3,13	13,3	NI	62,3	NI	4,65 (289) ⁹	14,0
(10)	<i>B. brizantha</i> cv. MG5	2,25	3,35	13,3	NI	62,3	NI	4,65 (389) ⁹	13,6
(11)	<i>B. brizantha</i>	2,23	3,06	8,2	4,0	63,8	59,4	4,0 (0,00) ¹⁰	12,3
(11)	<i>B. brizantha</i>	2,49	3,33	8,2	4,0	63,8	59,4	4,0 (8,10) ¹⁰	11,8
(11)	<i>B. brizantha</i>	2,51	3,32	8,2	4,0	63,8	59,4	4,0 (1,53) ¹⁰	12,3
(11)	<i>B. brizantha</i>	2,51	3,34	8,2	4,0	63,8	59,4	4,0 (1,53) ¹⁰	12,3
(12)	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés ¹¹ (1 ^o dia)	2,75	NI	9,6	NI	60,8	NI	4,0	12,7
(12)	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés ¹¹ (2 ^o dia)	2,63	NI	8,2	NI	64,1	NI	4,0	13,8
(12)	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés ¹¹ (3 ^o dia)	1,53	NI	7,5	NI	67,3	NI	4,0	12,2

¹PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; DIV = digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%)

²Grupo genético: H = Holandês; Z = Zebu; G = Gir; Gu = Guzerá; N = Nelore

³NI = não informado

⁴Entre parênteses tem-se a quantidade (kg) de grão de soja tostada nos 6 kg de concentrado

⁵1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido acima de 8 kg/vaca/dia

⁶Suplementação de 5 kg/vaca/dia de cana de açúcar picada

⁷Entre parênteses tem-se o teor de PB no concentrado (% da MS)

⁸Entre parênteses tem-se o teor de glicerina bruta (37% de AG totais; 48% de glicerol) no concentrado (g/kg de MS)

⁹Entre parênteses (% da MS da dieta): 0,00 = dieta sem fonte lipídica; 8,10 = caroço de algodão; 1,53 = óleo de soja; 1,53 = óleo de soja de fritura

¹⁰Pasto manejado com período de descanso fixo de 24 dias. Entre parênteses = dia de ocupação do piquete

¹¹Pasto manejado com 95% de interceptação luminosa. Entre parênteses = dia de ocupação do piquete

Referências: (1) Sousa et al. (2008); (2) Benedetti et al. (2008); (3) Fukumoto et al. (2010); (4) Gomide et al. (2001); (5) Mourthé et al. (2012); (6) Paciullo et al. (2014); (7) Porto et al. (2009); (8) Santos et al. (2011); (9) Pimentel et al. (2011); (10) Santana Júnior (2013); (11) Murta (2012); (12) Alves (2013)

ANEXO 4

Tabela 4. Dados meteorológicos médios do município de Coronel Pacheco (MG) durante o período experimental (Janeiro de 2012 a Maio de 2012) de avaliação do perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês x Gir em diferentes métodos de pastejo

Mês	Umidade (%)	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)	Tempratura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)
Janeiro	95,71	22,06	9,57	18,64	27,83
Fevereiro	91,55	23,62	1,90	18,97	30,12
Março	92,32	23,27	2,83	18,86	29,34
Abril	95,13	22,19	2,48	18,23	28,04
Maio	95,89	18,41	2,41	14,31	24,20

ANEXO 5

Tabela 5. Dados meteorológicos médios do município de Coronel Pacheco (MG) durante o período experimental (Dezembro de 2012 a Fevereiro de 2013) de avaliação do perfil de ácidos graxos no leite de vacas Holandês x Gir em diferentes métodos de pastejo

Período ⁽¹⁾	Umidade (%)	Temperatura média (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)
1	78,5	25,1	35,7	18	61,6
2	80,1	23,8	33,4	17,9	154
3	84,4	22,9	31,5	16,9	96,2

⁽¹⁾Período 1: 10/12/12 a 30/12/12; Período 2: 31/12/12 a 20/01/12; Período 3: 21/01/12 a 10/02/12