

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

DESEMPENHO DE VACAS EM LACTAÇÃO EM PASTEJO DE  
CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI, COM E SEM  
SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA

**Conrado Trigo de Moraes**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DESEMPENHO DE VACAS EM LACTAÇÃO EM PASTEJO DE  
CAPIM-ELEFANTE BRS KURUMI, COM E SEM  
SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA

**CONRADO TRIGO DE MORAES**

*Sob a Orientação do Professor*  
Mirton José Frota Morenz

*Co-orientação dos pesquisadores*  
Fernando César Ferraz Lopes  
Carlos Augusto de Miranda Gomide

Dissertação submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de **Mestre**  
no Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, Área de Concentração em  
Produção Animal.

Seropédica, RJ  
Abril de 2020

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M827d

Moraes, Conrado Trigo de, 1991-  
Desempenho de vacas em lactação em pastejo de  
capim-elefante BRS Kurumi, com e sem suplementação  
energética / Conrado Trigo de Moraes. - Nova  
Friburgo, 2020.  
60 f.

Orientador: Mirton José Frota Morenz.  
Coorientador: Carlos Augusto Miranda Gomide.  
Coorientador: Fernando César Ferraz Lopes.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em  
Zootecnia , 2020.

1. Ácidos graxos. 2. Forrageira tropical. 3.  
Pastagem. 4. Produção de leite. I. Frota Morenz,  
Mirton José, 1971-, orient. II. Gomide, Carlos  
Augusto Miranda, 1971-, coorient. III. Lopes,  
Fernando César Ferraz, 1964-, coorient. IV  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
Programa de pós-graduação em Zootecnia . V. Título.



**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS N° 6684 / 2020 - PPGZ (12.28.01.00.00.00.61)**

**Nº do Protocolo: 23083.033897/2020-32**

**Seropédica-RJ, 31 de julho de 2020.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA  
CONRADÔ TRIGO DE MORAES**

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 24/04/2020.**

**Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020**, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

Banca Examinadora:

Mirton José Frota Morenz. Dr. EMBRAPA - (Presidente)

Marco Antônio Sundfeld da Gama. Dr. EMBRAPA

Domingos Sávio Campos Paciullo. Dr. EMBRAPA

**(Assinado digitalmente em 25/09/2020 14:52 )**  
DOMINGOS SÁVIO CAMPOS PACIULLO  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 676.806.826-15

**(Assinado digitalmente em 31/07/2020 10:16 )**  
MARCO ANTONIO SUNDFELD DA GAMA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 250.303.398-92

**(Assinado digitalmente em 03/08/2020 10:54 )**  
MIRTON JOSÉ FROTA MORENZ  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 033.667.877-08

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **6684**, ano: **2020**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **31/07/2020** e o código de verificação: **7e3533e979**

## AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Capes. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Instituto de Zootecnia por me acolherem desde o início da minha formação acadêmica em 2011.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Gado de Leite pela oportunidade e auxílio durante todo o experimento de campo.

Ao pesquisador Dr. Mirton José Frota Morenz pela amizade, confiança, orientação e ensinamentos durante todo o tempo de mestrado.

Ao pesquisador Dr. Fernando César Ferraz Lopes pela co-orientação, amizade, confiança, ensinamentos e por toda ajuda concedida durante todo o período de experimento, bem como nas correções da dissertação.

Ao pesquisador Dr. Carlos Augusto de Miranda Gomide pela co-orientação, amizade, oportunidades concedidas, confiança, ensinamentos e todo empenho para realização deste trabalho.

Ao pesquisador e membro da banca, Dr. Sávio Campos Paciullo pela amizade, contribuições, ensinamentos e por sempre estar presente durante a condução do experimento.

Ao pesquisador e membro da banca Dr. Marco Antônio Sundfeld da Gama, por aceitar o convite e participar da finalização deste trabalho.

Aos Professores do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Dr. João Carlos de Carvalho Almeida, Dr. Carlos Augusto Brandão de Carvalho, Dr. Pedro Antônio Muniz Malafaia e Dr. Edinaldo da Silva Bezerra (*in memoriam*) por todos os ensinamentos a mim compartilhados durante a minha vida acadêmica, pela amizade e pelo exemplo de profissionais a serem seguidos.

Aos funcionários da Embrapa Gado de Leite pela ajuda e companheirismo durante todas as fases do experimento, em especial ao Diogo e Betinho. Ao Sr. Mariano, Leonardo, Deusa, Binha, Evandro, Reginaldo, Rubens, José Luiz, Luizinho, Jonas e Dodó. Aos demais colaboradores, Regina e Klinger, que sempre se fizeram presentes e que buscavam as melhores soluções para qualquer eventualidade.

Aos estagiários: Samuel, Matheus Inácio, Matheus Benini, Luiz Paulo, Vinícius de Moraes, Vinícius Campos, Maxy, Ricardo, Thaís, Moisés e Júlio.

Aos colegas do curso de pós-graduação: Jaciara Divão, Felipe de Almeida (Jiló), Ismael Nacarati, Leonardo Viana, Guilherme do Val, Daiana Lelis, Marina Lima, Patrícia Rodrigues, Natália Ávila, Abias Santos, Tânia do Carmo, Lorhaine Lima, Eduardo Moreira, Amana Obolari, Vanessa, Gleice e Robson.

Aos meus pais, pela confiança e total entrega a minha formação durante todos esses anos da minha vida e por sempre acreditarem em mim.

À minha irmã Flávia pelo incentivo e apoio.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

## RESUMO GERAL

Moraes, Conrado Trigo. **Desempenho de vacas em lactação em pastejo de capim-elefante BRS Kurumi, com e sem suplementação energética.** 2020. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da suplementação energética sobre o desempenho de vacas em lactação em pastejo de capim-elefante BRS Kurumi, manejado sob lotação rotacionada durante o período chuvoso, bem como o perfil de ácidos graxos no leite. O experimento foi realizado no Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco-MG. Foram utilizadas seis vacas Holandês x Gir, com produção média de leite, peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC) e dias em lactação de  $18,0 \pm 2,89$  kg/dia de leite,  $560 \pm 66$  kg,  $2,50 \pm 0,21$  e  $99 \pm 12$ , respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi o de reversão completa (*switchback*). As avaliações foram realizadas durante três ciclos de pastejo, com período de adaptação de 14 dias e seis dias de coletas de amostras. O concentrado (milho moído) foi fornecido duas vezes ao dia, 2 kg/vaca/dia pela manhã e 1 kg/vaca/dia à tarde (base da matéria natural), totalizando 3 kg/vaca/dia, de forma a reduzir o desequilíbrio energético-proteico da dieta e também atender às exigências energéticas dos animais. As avaliações de desempenho foram realizadas com base no consumo de nutrientes, produção de leite (kg/vaca/dia) e sua composição quanto aos teores de gordura, proteína, lactose, nitrogênio ureico e perfil de ácidos graxos, bem como variação do PC e do ECC e o perfil de metabólitos no plasma. Observou-se redução de 1,1 kg de matéria seca (MS) no consumo de pasto por kg de MS de concentrado consumido, o que reduziu o consumo de fibra em detergente neutro e proteína bruta em 19% e 14%, respectivamente, no tratamento com suplementação. Houve efeito dos tratamentos sobre a produção de leite (PL), PL corrigida para gordura e para energia, sendo observado aumento de 11,8%; 9,0% e 10,1%, respectivamente, para o tratamento com suplementação. A resposta à suplementação em kg de leite por kg de MS de concentrado fornecido foi de 0,57 e os teores de gordura, proteína, lactose não diferiram entre os tratamentos. Entretanto, houve tendência em relação ao teor de gordura, o qual foi 4,7% menor no tratamento com suplementação. A gordura do leite das vacas alimentadas exclusivamente a pasto apresentou melhor qualidade nutricional, com menores teores de ácidos graxos hipercolesterolêmicos e maiores teores de ácidos graxos benéficos à saúde, tais como os ácidos oleico, vacênico, rumênico e da família ômega 3. A suplementação energética promoveu incremento na produção de leite, aumentou a eficiência na utilização de nitrogênio e, independentemente do consumo de concentrado, o leite obtido das vacas em pastagem de BRS Kurumi apresentou potencial nutracêutico, com elevados teores dos ácidos oleico, vacênico, rumênico e  $\alpha$ -linolênico.

**Palavras-chave:** Ácido graxo, Forrageira tropical, Pastagem, Produção de leite.

## GENERAL ABSTRACT

Moraes, Conrado Trigo. **Performance of lactating dairy cows under pasture BRS Kurumi elephant grass with and without energy supplementation.** 2020. 60f. Dissertation (Master in Animal Science. Animal Science Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2020.

The objective of the study was to evaluate the effect of energy supplementation on the performance of lactating cows grazing elephant grass BRS Kurumi, managed under rotational stocking during the rainy season, as well as the fatty acid profile in milk. The experiment was carried out at the José Henrique Bruschi Experimental Field (Embrapa Gado de Leite), located in the municipality of Coronel Pacheco-MG. Six Holstein x Gir cows were used, with an average milk production, body weight (BW), body condition score (BCS) and lactating days of  $18.0 \pm 2.89$  kg / day of milk,  $560 \pm 66$  kg,  $2.50 \pm 0.21$  and  $99 \pm 12$ , respectively. The experimental design used was the complete reversion (switchback). The evaluations were carried out during three grazing cycles, with an adaptation period of 14 days and six days of sample collection. The concentrate (ground corn) was supplied twice a day, 2 kg / cow / day in the morning and 1 kg / cow / day in the afternoon (base of natural matter), totaling 3 kg / cow / day, in order to reduce the energy-protein imbalance of the diet and also to meet the energy requirements of the animals. Performance evaluations were performed based on nutrient intake, milk production (kg / cow / day) and their composition in terms of fat, protein, lactose, urea nitrogen and fatty acid profile, as well as variation in BW and BCS and plasma metabolite profile. There was a reduction of 1.1 kg of dry matter (DM) in pasture consumption per kg of DM of concentrate consumed, which reduced the consumption of neutral detergent fiber and crude protein by 19% and 14%, respectively, in the supplementation treatment. There was an effect of treatments on milk production (MP), MP corrected for fat and energy, with an increase of 11.8%; 9.0% and 10.1%, respectively, for treatment with supplementation. The response to supplementation in kg of milk per kg of DM of concentrate provided was 0.57, and the levels of fat, protein, lactose did not differ between treatments. However, there was a trend in relation to fat content, which was 4.7% lower in treatment with supplementation. Milk fat from cows fed exclusively on pasture showed better nutritional quality, with lower levels of hypercholesterolemic fatty acids and higher levels of health-beneficial fatty acids, such as oleic, vaccenic, rumenic and omega 3 fatty acids. Energy supplementation promoted an increase in milk production as well as an increase in nitrogen use efficiency and, regardless of consumption of concentrate, the milk obtained from cows in BRS Kurumi pasture showed nutraceutical potential, with high levels of oleic, vaccenic, rumenic and  $\alpha$ -linolenic fatty acids.

**Key words:** Fatty acid, Milk production, Pasture, Tropical forage.

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1- Relação entre produção de leite (PL) e consumo de concentrado (CC) em vacas leiteiras sob pastejo de gramíneas tropicais.....	17
Gráfico 2 - Correlação entre o teor de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) da dieta e a concentração de nitrogênio ureico no leite – NUL.....	21
Gráfico 3 - Dados meteorológicos do Campo Experimental José Henrique Bruschi (Coronel Pacheco/MG) no período de 01/12/2018 a 30/04/2019.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Utilização prevista de nitrogênio por vacas da raça Holandesa em pastejo ou alimentadas com ração total (TMR) em confinamento. ....	20
Tabela 2. Potencial nutracêutico da gordura do leite produzido a pasto em comparação àquele obtido de vacas recebendo diet total (forragens conservadas + concentrados). ....	22
Tabela 3. Composição nutricional de amostras de milho moído dos três ciclos de pastejo....	26
Tabela 4. Composição morfológica de amostras de pasto de BRS Kurumi, obtidas em piquetes com vacas recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído. ....	32
Tabela 5. Composição química de amostras do pasto de BRS Kurumi, obtidas em piquetes com vacas recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.....	32
Tabela 6. Consumo de nutrientes e variação de peso corporal e de escore de condição corporal (ECC) de vacas Holandês x Gir em lactação manejadas sob pastejo em capim-elefante BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.....	33
Tabela 7. Concentrações de glicose e nitrogênio ureico (NUP) no plasma de vacas Holandês x Gir em lactação manejadas sob pastejo em capim-elefante BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.....	34
Tabela 8. Produção e composição do leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo em capim-elefante BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.....	35
Tabela 9. Perfil de ácidos graxos (AG) no leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo da BRS Kurumi recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído. ....	36
Tabela 10. Índices de atividade da enzima estearoil-CoA desaturase (SCD) em vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo da BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído. ....	38
Tabela 11. Índices de qualidade nutricional da gordura do leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo da BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído. ....	39

## LISTA DE ABREVIACÕES

<sup>o</sup>C = graus Celsius  
AGd = ácidos graxos digestíveis  
cm = centímetro  
CNF = carboidratos não fibrosos  
CNFd = carboidratos não fibrosos digestíveis  
CT = carboidratos totais  
EB = energia bruta  
EE = extrato etéreo  
EM<sub>L</sub> = energia metabolizável de lactação  
EM<sub>P</sub> = energia metabolizável de produção  
FDA = fibra em detergente ácido ou fibra insolúvel em detergente ácido  
FDN = fibra em detergente neutro ou fibra insolúvel em detergente neutro  
FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína  
FDNn = fibra em detergente neutro corrigida para proteína insolúvel em detergente neutro  
FDNnd = fibra em detergente neutro corrigida para nitrogênio digestível  
ha = hectare  
Kg = quilograma  
LIG – lignina  
m = metro  
m<sup>2</sup> = metro quadrado  
mg = milígrama  
MM = matéria mineral  
mm = milímetro  
Mcal = megacalorias  
MS = matéria seca  
NDT = nutrientes digestíveis totais  
NIDA = nitrogênio insolúvel em detergente ácido  
NIDN = nitrogênio em detergente neutro  
NNP = nitrogênio não-proteico  
PB = proteína bruta  
PBd = proteína bruta digestível  
PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido  
PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro  
RFC = relação folha:colmo

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1. Produção de Leite a Pasto .....	14
2.2. Capim-elefante .....	15
2.3. BRS Kurumi .....	15
2.4. Suplementação de Vacas Leiteiras Sob Pastejo .....	16
2.4.1. Níveis de Suplementação .....	16
2.4.2. Composição do Suplemento .....	18
2.5. Eficiência na Utilização de Nitrogênio .....	19
2.6. Nitrogênio Ureico no Leite .....	21
2.7. Ácidos Graxos no Pasto e no Leite .....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	25
3.1. Área do Experimento .....	25
3.2. Tratamentos Experimentais e Delineamento Estatístico .....	25
3.3. Manejo do Pasto .....	26
3.4. Características de Crescimento e Composição Morfológica do Pasto .....	27
3.5. Determinação da Composição Química .....	28
3.6. Estimativa do Consumo de Matéria Seca e de Nutrientes .....	29
3.7. Produção e Composição do Leite, ECC e Peso Corporal .....	30
3.8. Análises Estatísticas .....	31
4. RESULTADOS .....	32
4.1. Características Agronômicas da Pastagem .....	32
4.2. Desempenho animal .....	33
4.3. Perfil de Ácidos Graxos no Leite .....	36
5. DISCUSSÃO .....	40
5.1. Características Agronômicas da Pastagem .....	40
5.2. Desempenho animal .....	42
5.3. Perfil de Ácidos Graxos no Leite .....	45
6. CONCLUSÕES .....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial, o avanço da urbanização e o aumento de renda das famílias estão contribuindo para um aumento na demanda por produtos lácteos (ROBINSON et al., 2015). No Brasil, a pecuária leiteira é uma atividade de extrema importância econômica e social, sendo este setor a base para o sustento de milhares de famílias, estando presente em quase todos os municípios do país.

Atualmente, o Brasil ocupa o quarto lugar entre os maiores produtores de leite do mundo, com produção anual de mais de 35 milhões de toneladas (FAO, 2017). A produção brasileira de leite fundamenta-se, principalmente, em sistemas baseados na utilização de pastagens, os quais ocupam, aproximadamente, 160 milhões de hectares (PARENTE e FERREIRA, 2018), o que corresponde a 45% das áreas das propriedades agrícolas do país (IBGE, 2019). Dentre os gêneros de forrageiras tropicais utilizadas no Brasil, destacam-se *Pennisetum*, *Urochloa*, *Cynodon* e *Panicum*. Essas forrageiras quando bem manejadas, apresentam elevada produção de massa seca com boa qualidade nutricional (SANTOS et al., 2011), permitindo altas taxas de lotação durante a estação chuvosa.

A manutenção de altos níveis de produção a pasto depende dos seguintes fatores: oferta de forragem em quantidade e qualidade, máxima extensão da estação de pastejo, uso racional de suplementos energéticos, proteicos e minerais, e definição de estratégia de manejo que vise à produtividade por área. O manejo intensivo do pasto resulta em forragem de melhor valor nutritivo, com altos teores de proteína, o que implica em uma mudança na suplementação concentrada, onde a energia é o principal fator limitante. Portanto, a suplementação energética, nestes sistemas, passa a ser uma estratégia bioeconômica, sendo utilizada tanto para mitigar o desbalanço proteico energético no rúmen, como para reduzir custo de produção.

Sendo assim, as eficiências produtiva e econômica de um sistema de produção de leite estão relacionadas à formação e manejo de pastagens produtivas, de forma a permitir que os animais tenham condições de selecionar forragem de boa qualidade e com oferta de forragem suficiente para suprir fração expressiva da dieta. Além disso, os sistemas baseados em pastagem estão associados à maior qualidade dos produtos lácteos (O'BRIEN et al., 2012), os quais, de modo geral, apresentam gordura com maior potencial nutracêutico, apresentando maiores concentrações de ácidos graxos considerados benéficos à saúde, e menor teor de ácidos graxos hipercolesterolêmicos (LOPES et al., 2015).

A BRS Kurumi foi lançada em 2012 como alternativa para intensificação da produção de leite a pasto devido, principalmente, à excelente estrutura do pasto, com elevada proporção de folhas e pequeno alongamento dos colmos. Além disso, esta forrageira se destaca pelo elevado valor nutritivo da forragem, com altos teores de proteína bruta, nutrientes digestíveis totais e elevada digestibilidade. Embora haja informações com resultados positivos sobre o desempenho de novilhas leiteiras manejadas em BRS Kurumi, não há informações sobre o desempenho produtivo de vacas em lactação. Além disso, há escassez de trabalhos na literatura com respeito ao uso de suplementação energética em pastagens tropicais intensivamente manejadas, durante a estação chuvosa do ano.

Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da suplementação energética sobre o desempenho de vacas em lactação em pastejo de capim-elefante BRS Kurumi, manejado sob lotação rotacionada durante o período chuvoso, bem como o perfil de ácidos graxos no leite.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Produção de Leite a Pastro

As pastagens, quando bem manejadas, são as fontes de nutrientes de menor custo na fazenda, e o objetivo do sistema de produção de leite a pasto é otimizar seu uso na dieta das vacas em lactação (HILLS et al., 2015). A eficiência deste sistema depende dos níveis de produção de volumosos, da qualidade da forragem utilizada e da genética do rebanho. A eficácia é alcançada quando são utilizadas forrageiras melhoradas, associadas ao correto manejo das pastagens, com uso de estratégias de fertilização do solo e taxas de lotação apropriadas. Além disso, é importante um bom planejamento para conservação de volumosos para fornecimento na época de escassez de pasto e o uso de suplementos concentrados de forma criteriosa ao longo do ano (HOLMES & ROCHE, 2007; BENEDETTI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010).

A principal vantagem deste sistema de produção está associada ao baixo custo da alimentação (pasto) em comparação ao de sistemas baseados no uso de grandes quantidades de alimentos concentrados e forragem conservada. Além disso, há menor exigência quanto à mão-de-obra, uma vez que a colheita da forragem é realizada pelo próprio animal (CLARK et al., 2016).

Os principais desafios relacionados à produção de leite a pasto referem-se ao menor potencial de ingestão de matéria seca (MS) pelos animais em pastejo, além da grande demanda por área, dispêndio energético de locomoção e da produção sazonal das forrageiras (KOLVER, 2003).

A baixa ingestão de MS em condição de pastejo pode estar mais relacionada à restrição imposta pelo tempo de pastejo associado à taxa de bocados, do que pelo enchimento físico do rúmen propriamente dito (KOLVER, 2003). Devido ao baixo consumo de MS, a energia metabolizável (EM) exigida para manutenção e produção não é alcançada, tornando a EM o principal fator limitante na produção de leite a pasto (NRC, 2001).

Segundo Voltolini et al. (2008), vacas mantidas exclusivamente em pastagens tropicais produzem entre 2.500 a 3.500 kg/ano de leite. Santos et al. (2003b), em compilação de trabalhos referentes à produção de vacas leiteiras mantidas exclusivamente sob pastejo em forrageiras tropicais, observaram produção média de 9,1 kg/dia de leite, com variação de 5,0 a 13,7 kg/dia de leite. De acordo com Carvalho et al. (2006), sistemas de produção de leite com

vacas mestiças sob pastejo de capim-elefante, sem uso de concentrado, tem potencial para produções de leite entre 10 e 14 kg/vaca/dia.

No entanto, quando as pastagens são bem manejadas e estão associadas a vacas especializadas, recebendo suplementação adequada, as produções podem chegar entre 4.000 e 7.000 kg/ano de leite (SANTOS et al., 2005).

## 2.2. Capim-elefante

Dentre as gramíneas tropicais, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) se destaca pelo alto potencial de produção de forragem, bom valor nutritivo, desempenho animal e facilidade de adaptação às condições climáticas predominantes em quase todo o país (PACIULLO et al., 2015).

Native da África Tropical e introduzido no Brasil por volta de 1920, seu cultivo estendeu-se rapidamente por todo país, tanto para formação de capineiras como para uso em pastejo. No entanto, devido ao seu hábito de crescimento, resultante do rápido alongamento e amadurecimento do colmo, pode haver redução de consumo pelo animal, principalmente pela dificuldade de preensão da forragem, com consequente redução no desempenho (PACIULLO et al., 2003; CARVALHO et al., 2006).

Segundo Carvalho et al. (2006), para a manutenção das alturas de entrada e saída dos animais em piquete de capim-elefante de porte alto, dificilmente o produtor poderia abdicar da realização de roçadas anuais, devido aos resíduos fibrosos e à necessidade de estimular o surgimento de novos perfilhos, melhorando o valor nutritivo da forragem.

Diante disso, tem-se buscado variedades de porte baixo como a BRS Kurumi, com entrenós menores e maior relação folha:colmo, com intuito de melhorar tanto a composição bromatológica como o manejo de pastagem (CHAVES et al., 2013) e, consequentemente, o desempenho animal.

Em estudo realizado em pastagem de capim-elefante anão (*P. purpureum* Schum. cv. Mott), Maixner et al. (2007) observaram produção de 17,9 kg/dia de leite em vacas da raça Holandesa, sem uso de suplementação concentrada. Isto demonstra o potencial das cultivares de capim-elefante de porte anão para intensificar a produção de leite a pasto.

## 2.3. BRS Kurumi

A cultivar BRS Kurumi foi desenvolvida pelo programa de melhoramento genético de capim-elefante da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), coordenado

pela Embrapa Gado de Leite, em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/Ituporanga), a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF/RJ) e a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA/SP) (GOMIDE et al., 2015).

Sua origem se deu por meio do cruzamento entre as cultivares Merkeron de Pinda (BAGCE 19) e Roxo (BAGCE 57), ambas pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de capim-elefante da Embrapa (GOMIDE et al., 2015). Trata-se de um clone de porte baixo, perene, propagado por muda e recomendado para uso sob pastejo. Esta cultivar é caracterizada por apresentar entrenós curtos (média de 4,8 cm) e altura média do pasto de 70 cm durante a estação de crescimento, com alta relação folha: colmo.

Esta cultivar apresenta vigoroso crescimento vegetativo, rápida expansão foliar e intenso perfilhamento basal e axilar. A floração ocorre de junho a julho, e neste estágio o caule se alonga e a planta pode crescer até 3 m de altura. Segundo Gomide et al. (2015), a cultivar BRS Kurumi apresenta potencial de produção de MS de 29 t/ha/ano, dos quais 70% concentram-se na estação chuvosa. O teor de proteína bruta (PB) na forragem chega a 18-20% e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) varia em torno de 70% (Gomide et al., 2015).

Paciullo et al. (2015), ao avaliarem o desempenho de novilhas leiteiras em pastagem da cultivar BRS Kurumi, observaram produção de massa de forragem de 5,19 t/ha por ciclo de pastejo e teores de PB, fibra em detergente neutro (FDN) e DIVMS de 19,4%, 61,37% e 70,3%, respectivamente. A taxa de lotação alcançada foi de 4,3 UA/ha, com ganho médio diário (GMD) de 710 g e ganho por área de 787 kg/ha.

No entanto, vale ressaltar que a cultivar BRS Kurumi é suscetível à cigarrinha das pastagens *Mahanarva spectabilis* (PEREIRA et al., 2017). Portanto, não é recomendada para cultivo em áreas com histórico de infestação por este inseto-praga.

## 2.4. Suplementação de Vacas Leiteiras Sob Pastejo

### 2.4.1. Níveis de Suplementação

O fornecimento de suplementos concentrados é uma forma de potencializar a produção de leite de vacas leiteiras de maior rendimento sob pastejo (PEYRAUD & DELAGARDE, 2013). Por meio desta estratégia, pode-se aumentar a taxa de lotação da área, o consumo de matéria seca total, a persistência da lactação e também a produção de leite por

área. No entanto, dados os custos mais elevados dos concentrados em relação ao pasto (FINNERAN et al., 2012), é essencial que as respostas aos suplementos sejam ao mesmo tempo econômica e nutricionalmente viáveis.

Além disso, pode haver diferentes associações entre o consumo de pasto e de suplemento concentrado, tais como os efeitos aditivo e substitutivo. O efeito aditivo ocorre quando o suplemento ingerido promove aumento no consumo total de MS atuando de forma associativa, sem diminuir o consumo de pasto pelo animal (EUCLIDES, 2002). Por outro lado, o efeito substitutivo provoca depressão no consumo de pasto; quanto maior o nível de suplementação, maior tende a ser o impacto na redução do consumo de forragem (LOPES, 2008). Em estudo com vacas Holandês x Zebu em lactação sob pastejo de capim-elefante, LOPES et al. (2004) relataram redução de 0,42 kg de matéria seca de pasto por kg de concentrado consumido.

A resposta marginal da utilização de concentrado na alimentação de vacas sob pastejo pode ser afetada por vários fatores como o tipo de concentrado, nível de produção do animal e a qualidade da forragem (OLIVEIRA et al., 2010). Ademais, segundo Oliveira et al. (2010), esta resposta diminui linearmente conforme a quantidade de concentrado aumenta, variando de 1,48 a 0,48 kg de leite por kg de concentrado, numa escala de 1 a 10 kg de concentrado consumido (Figura 1).

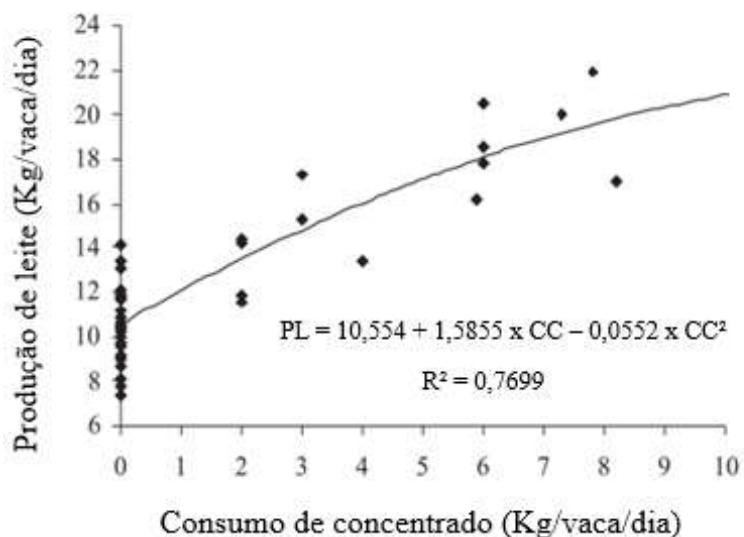


Gráfico 1- Relação entre produção de leite (PL) e consumo de concentrado (CC) em vacas leiteiras sob pastejo de gramíneas tropicais (Adaptado de Oliveira et al., 2010).

Deresz & Matos (1996) observaram, no período das águas, resposta de 0,50 a 0,90 kg de leite/kg de concentrado consumido, enquanto Bargo et al. (2003) e Lana (2004) observaram resposta fixa de 1,0 e 0,65 kg de leite/kg de concentrado consumido, respectivamente.

No Brasil, como recomendação geral para atendimento à demanda de nutrientes da vaca em lactação, utiliza-se a relação de 1 kg de concentrado (17 a 25% de PB) para cada 2,5 a 3 kg de leite produzidos. No entanto, este conceito leva à subestimação do potencial da forragem em atender os requerimentos nutricionais dos animais, além de não levar em consideração a fase de lactação e a condição corporal da vaca (SEMMELMANN, 2007). Este fator limita o desempenho produtivo e influência de forma direta a eficiência econômica da atividade leiteira (SILVA et al., 2015).

#### 2.4.2. Composição do Suplemento

As pastagens tropicais bem manejadas apresentam elevado valor nutritivo, principalmente quanto ao teor de PB. Segundo o NRC (2001), teores de PB acima de 18% na forragem já excedem os níveis de exigência de proteína metabolizável de vacas em lactação. Portanto, para forrageiras tais como a BRS Kurumi, seria necessário apenas a utilização de concentrados energéticos para equilibrar a dieta, ajustando a quantidade e a fonte adequada de energia, com o objetivo de melhorar a eficiência da utilização dos compostos nitrogenados e dos carboidratos no rúmen (DANES et al., 2013). Os altos teores de PB estão relacionados à redução da energia metabolizável para produção de leite e, portanto, a suplementação com alta densidade energética possibilita ao nutricionista mitigar o desbalanço proteico-energético da dieta e, consequentemente, as perdas energéticas e nitrogenadas.

Danes et al. (2013) ao avaliarem três níveis de PB no concentrado (8,7%, 13,4% e 18,1% na MS) fornecido para vacas no terço médio da lactação, sob pastejo intensivo de capim-elefante com 18% de PB, não observaram diferença estatística em relação ao consumo e à produção de leite.

Em outro estudo, Higgs et al. (2013) testaram diferentes fontes de carboidratos (à base de amido, fibra e açúcar) como suplementos para vacas sob pastejo em azevém anual (*Lolium multiflorum*), contendo 28% PB na MS. Os autores observaram maior produção de leite nas vacas que receberam farelo de milho (amido) em comparação com aquelas que receberam farelo de trigo (fibra), melaço (açúcar) ou que não receberam suplemento (controle). As produções foram de 27,7; 26,2; 23,6 e 23,1 kg/dia de leite, respectivamente.

No entanto, vale ressaltar que a proporção de forragem nas dietas de vacas em lactação deve ser otimizada, com a finalidade de maximizar o desempenho econômico da atividade, assim como se deve buscar atender às exigências energéticas das vacas por meio de suplementação estratégica com concentrados, de acordo com a estação do ano e a composição químico-bromatológica do volumoso.

## 2.5. Eficiência na Utilização de Nitrogênio

Pastagens bem manejadas chegam a conter até 22% de PB e 60-65% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (SANTOS et al., 2003a, 2003b). Devido ao elevado teor proteico, faz-se necessária a otimização entre o balanço de síntese proteica de origem microbiana e de proteína degradável no rúmen (PDR).

Se o teor de PDR exceder às exigências microbianas, ocorre aumento na concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) no rúmen, o qual será absorvido pelo epitélio ruminal, convertido em ureia no fígado e, posteriormente, excretada na urina e no leite, ou ainda retornar para rúmen via saliva ou por difusão via parede. Assim, altos teores de PB podem reduzir as concentrações de energia metabolizável disponíveis para produção de leite devido, principalmente, ao custo energético da síntese e excreção da ureia. Além disso, o excesso de PB na dieta pode ser deletério para o desempenho reprodutivo de vacas, fonte de contaminação do ambiente, além de promover aumento do custo da dieta (NRC, 2001).

O alto consumo de PB associado a elevadas taxas de degradação proteica e baixos teores de CNE no rúmen, tem sido relacionado à menor eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) pelas vacas leiteiras em pastejo (VAN VUUREN et al., 1993). A EUN pode ser definida como a proporção da saída produtiva de nitrogênio (N) da vaca (proteína do leite ou desenvolvimento do conceito) em relação ao total de N consumido (CALSAMIGLIA et al., 2010). A EUN em vacas em lactação é, de modo geral, baixa, com valores entre 20 a 35% (CHASE et al., 2009). Consequentemente, 65 a 80% da ingestão de N na dieta é perdida na urina e nas fezes (HRISTOV et al., 2011). Apesar dos bovinos utilizarem fontes de N com mais eficiência que outros ruminantes, eles ainda excretam cerca de 2 a 3 vezes mais N no esterco do que no leite (BRODERICK, 2003). Portanto, é necessário que os altos teores de PB presentes nas forrageiras tropicais bem manejadas, sejam corrigidos por meio do fornecimento de suplementos enérgicos.

Se o teor proteico da dieta estiver balanceado, a EUN pode ser maior que 30%, mas quando o teor proteico da dieta está desbalanceado, a EUN é reduzida para 23%

(BRODERICK, 2006; SCHWAB et al., 2007; DIJKSTRA et al., 2013). Huhtanen e Hristov (2009) observaram EUN média de 27,7% em uma meta-análise de 998 dietas de experimentos realizados no Norte da Europa, com vacas de produção média de 25,4 kg/dia de leite (4,28% de gordura e 3,2% de proteína), consumindo 17,9 kg/dia de MS, com 16,5% de PB na MS da dieta.

Segundo Pacheco et al. (2010), a EUN de bovinos em pastejo é mais baixa quando comparada com aquela obtida de animais em confinamento com ração total, a qual situa-se entre 17 e 25%. Kolver e Muller (1998), ao compararem a eficiência de vacas da raça Holandesa sob pastejo e confinamento, observaram gasto energético com a síntese de ureia 2,87 vezes maior nas vacas a pasto, mesmo sob semelhante consumo de nitrogênio (0,79 e 0,75 kg/dia de N, respectivamente) (Tabela 1).

Tabela 1. Utilização prevista de nitrogênio por vacas da raça Holandesa em pastejo ou alimentadas com ração total (TMR) em confinamento.

Item	Pastejo	Ração total
Consumo de N (kg/vaca/dia)	0,79	0,75
Custo da síntese de ureia (MJ de energia metabolizável/dia)	13	4,52

Fonte: KOLVER & MULLER (1998).

No entanto, existem vários fatores, além da dieta, que afetam a EUN como, por exemplo, a genética da vaca, o sistema de produção, as condições ambientais e modelos que preveem exigências nutricionais (METCALF et al., 2008). A quantidade de nitrogênio excretado nas fezes dos animais é geralmente constante (MARINI & VAN AMBURGH, 2003) e não pode ser alterada de forma significativa. Em contraste, o nível de nitrogênio na urina das vacas pode ser controlado de forma eficaz, equilibrando as exigências proteicas e energéticas dos animais.

A carga diária de N na urina de vacas leiteiras em pastejo é de 80 a 320 g de N por animal (WHITEHEAD, 1995) e é impulsionada, principalmente, pela ingestão diária de PB, que possui alta correlação com a quantidade de N excretada na urina (KEBREAB et al., 2002).

Existem ferramentas simples, não invasivas, que podem ser utilizadas para avaliar o teor de PB da dieta de vacas em lactação. Como por exemplo, as análises de nitrogênio ureico no leite (NUL) e nitrogênio ureico plasmático (NUP).

## 2.6. Nitrogênio Ureico no Leite

A concentração de NUL é positiva e significativamente correlacionada com o teor de PB da dieta (Figura 2), tornando possível monitorar e ajustar os níveis de PB da dieta por meio deste índice. Ao utilizar o NUL como ferramenta de ajuste, pode-se aumentar a eficiência no uso de N das vacas em lactação e diminuir a excreção de N na urina (KOHN, 2007). Os níveis ideais de NUL, segundo Kohn et al. (2002), estariam entre 8,5 a 11,5 mg/dL, enquanto que para Peres (2001) os níveis ótimos vão de 11 a 17 mg/dL. Acima de 18 mg/dL já haveria impactos negativos na taxa de concepção após a inseminação (SATO et al., 1996), enquanto que concentrações de 24 a 25 mg/dL de NUL seriam o limite a partir do qual se iniciariam perdas de compostos nitrogenados (OLIVEIRA et al., 2001).

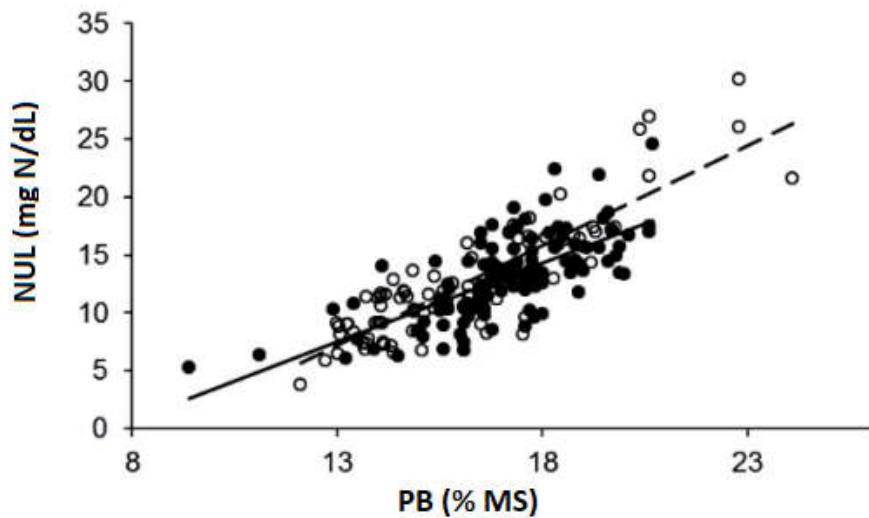


Gráfico 2 - Correlação entre o teor de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS) da dieta e a concentração de nitrogênio ureico no leite – NUL (SPEK, 2013).

A ureia é altamente solúvel em água e quando liberada na circulação geral pelo fígado se equilibra rapidamente com os fluidos corporais, incluindo o leite (GUSTAFSSON & PALMQUIST, 1993). Por esta razão, há elevada correlação entre a concentração de ureia no sangue e no leite (BRODERICK & CLAYTON, 1997), assim como de nitrogênio na urina (NU).

No entanto, vários fatores podem afetar a relação entre NUL e NU, incluindo genética, peso corporal, horário de amostragem, teor de PB da dieta e quantidade de urina produzida (SPEK., 2013).

Nelson (1996) relatou que quando o teor de proteína do leite estiver entre 3,0 a 3,2% e a concentração de NUL entre 12 a 16 mg/dL, a PDR e a energia da dieta estariam equilibradas.

Melhorar a EUN é uma forma de beneficiar a economia de laticínios, reduzir a demanda por fontes de PB para ração animal, bem como o custo de produção e, sobretudo, o minimizar o impacto negativo relacionado à excreção de N no ambiente.

## 2.7. Ácidos Graxos no Pasto e no Leite

A população tem manifestado grande interesse pela conservação do meio ambiente, pelo bem-estar animal e a origem dos alimentos consumidos, assim como a preferência por produtos oriundos de sistemas de produção mais sustentáveis, tais como os baseados em pastagens (ELGERSMA, 2015).

Estes sistemas além de serem economicamente mais vantajosos para os produtores, também trazem mais benefícios à saúde dos consumidores. Isto porque o teor de gordura e a composição dos ácidos graxos (AG) do leite dependem principalmente da dieta dos animais (KALAČ & SAMKOVÁ, 2010). O leite de ruminantes sob pastejo possui perfil de AG com níveis mais elevados de AG poli-insaturados (PUFA) e menor teor de AG hipercolesterolêmicos, como o lúrico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0), quando comparado ao leite de animais confinados (Tabela 2) (KRATZ et al., 2013).

Tabela 2. Potencial nutracêutico da gordura do leite produzido a pasto em comparação àquele obtido de vacas recebendo diet total (forragens conservadas + concentrados).

Ácido graxo (% na gordura do leite)	Pasto/forragem	Dieta total
C16:1 <i>trans</i> -9 (ácido <i>trans</i> -palmitoleico)	0,14	0,06
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 (ácido rumênico)	1,61	0,45
C18:1 <i>trans</i> -11 (ácido vacênico)	3,1	0,7
C18:1 <i>cis</i> -9 (ácido oleico)	24,1	20,2
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15 (ácido $\alpha$ -linolênico)	0,78	0,16
$\sum$ C12:0 + C14:0 + C16:0 (ácidos lúrico, mirístico e palmítico)	39,4	54,1

Fonte: Adaptado de Kratz et al. (2013).

As forrageiras tropicais apresentam elevados teores dos AG linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12) e, principalmente, de  $\alpha$ -linolênico (C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15), que são os principais substratos para obtenção de leite naturalmente rico em ácidos vacênico (C18:1 *trans*-11) e rumênico (CLA *cis*-9, *trans*-11) (LOPES et al., 2015). Dentre as gramíneas tropicais que possuem altos teores de  $\alpha$ -linolênico, destacam-se as da espécie *P. purpureum*, com 13,8-64,7 g de  $\alpha$ -linolênico/100 g de AG totais (LOPES et al., 2015).

Os AG consumidos da dieta são hidrolisados no rúmen e sofrem diversas reações químicas de isomerização e hidrogenação. Esses processos são realizados pela ação dos microrganismos ali presentes, sendo originados inúmeros AG intermediários, que posteriormente são digeridos, absorvidos e podem, então, ser incorporados na gordura do leite (BUCCIONI et al., 2012; SHINGFIELD & WALLACE, 2014).

Na glândula mamária bovina, o ácido vacênico é responsável pela síntese de 70% a 95% do ácido rumênico, o qual é o principal CLA (ácido linoleico conjugado) presente no leite (KLIEM & SHINGFIELD, 2016). Vale ressaltar que o leite produzido a pasto possui cerca de 3,5 vezes mais ácido rumênico, cujas propriedades anticarcinogênicas, antidiabetogênicas (diabetes do tipo 2), antiaterogênicas e imunomodulatórias têm sido relatadas em diversos trabalhos (SHINGFIELD et al., 2008; BENJAMIN & SPENER, 2009; PALMQUIST, 2010; KRATZ et al., 2013).

Dentre os inúmeros fatores que estão envolvidos na modulação dos teores dos ácidos vacênico e rumênico na gordura do leite, os mais importantes estão relacionados à composição da dieta e ao manejo nutricional das vacas. Tais fatores incluem a cultivar de forrageira utilizada, o sistema de produção, a utilização de concentrados, a suplementação lipídica e suplementação de forragem sob a forma de silagem ou feno (ELGERSMA, 2015; LOPES et al., 2015).

O ácido oleico (C18:1 *cis*-9) é o segundo AG em maior concentração no leite de ruminantes (STANTON et al., 2013; LOPES et al., 2015). Segundo Shingfield e Wallace (2014), sua origem principal se dá através da ação da enzima Estearoil Coenzima-A Dessaturase (SCD), também conhecida como  $\Delta^9$ -dessaturase. Na glândula mamária a enzima SCD converte o AG esteárico em AG oleico, com intuito de aumentar a fluidez da gordura do leite (GAMA et al., 2008).

No entanto, alguns AG Intermediários da bio-hidrogenação ruminal (e.g. CLA *trans*-10, *cis*-12 e o CLA *trans*-9, *cis*-11, C18:1 *trans*-10) estão negativamente associados à

lipogênese na glândula mamária, promovendo depressão da gordura no leite (SHINGFIELD et al., 2010; JENKINS & HARVATINE, 2014; BERNARD et al., 2018).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área do Experimento

O experimento foi realizado no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB), pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Coronel Pacheco-MG, em uma área de, aproximadamente, três hectares. O período experimental foi de 18 de fevereiro de 2019 a 18 de abril de 2019, totalizando 60 dias de avaliação. O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico) segundo Köppen, e definido como clima tropical chuvoso no verão e com inverno seco entre junho e setembro. As coordenadas geográficas do local são 21°33' de latitude Sul e 43°16' de longitude Oeste e altitude de 435 m.

Os dados meteorológicos foram coletados no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia, referente à estação meteorológica do CEJHB, situada a 0,9 km do local onde o experimento foi realizado. A precipitação durante a fase experimental foi de 277 mm e a temperatura média de 27,7°C, sendo a máxima média de 33,0°C e a mínima média de 22,1°C (Figura 3) (INMET, 2019). Vale ressaltar que o mês de janeiro foi marcado por intenso veranico, com baixa precipitação de chuvas e elevadas temperaturas, em comparação com os outros meses.

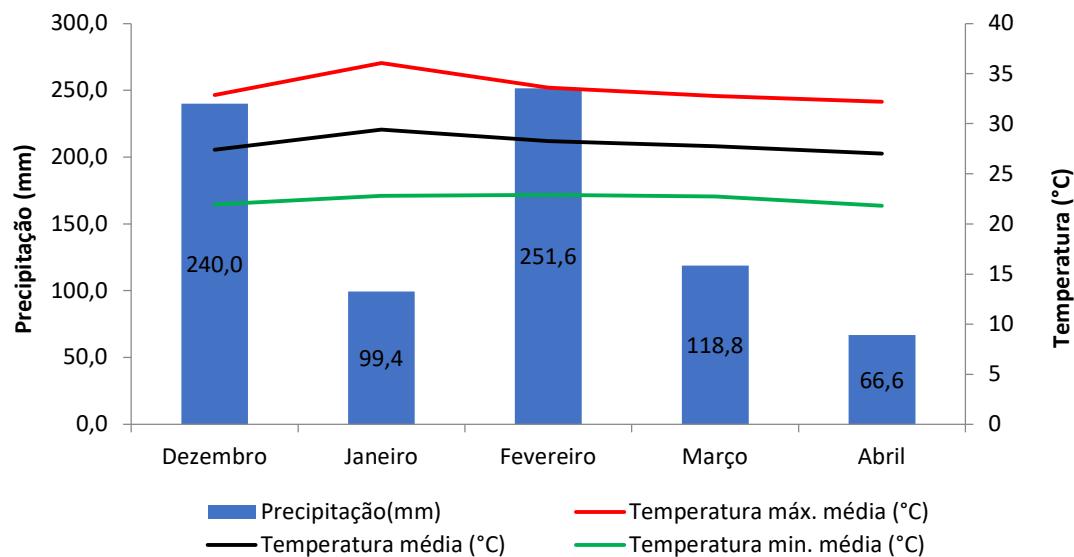


Gráfico 3 - Dados meteorológicos do Campo Experimental José Henrique Bruschi (Coronel Pacheco/MG) no período de 01/12/2018 a 30/04/2019.

#### 3.2. Tratamentos Experimentais e Delineamento Estatístico

Foi avaliado o efeito da suplementação energética sobre o desempenho produtivo de vacas em lactação, manejadas em pastagem de capim-elefante BRS Kurumi. Para tal, foram

utilizadas seis vacas Holandês x Gir (composição genética variando de 1/2 a 7/8 H x G), logo após o pico de lactação, com produção média de leite, peso corporal, escore de condição corporal (ECC) e dias em lactação de  $18,0 \pm 2,89$  kg/dia de leite,  $560 \pm 66$  kg,  $2,50 \pm 0,21$  e  $99 \pm 12$ , respectivamente. As vacas foram distribuídas nos tratamentos em função destas características, de forma a obter dois grupos homogêneos de animais. O delineamento experimental foi o ensaio de reversão completo (*switchback*) e para as avaliações agronômicas foi o delineamento inteiramente casualizado, sendo avaliados quatro piquetes de cada tratamento por ciclo de pastejo. As avaliações foram realizadas durante três ciclos de pastejo, e o período de adaptação adotado foi de 14 dias, com seis dias de coletas de amostras. O concentrado energético (milho moído) (Tabela 3) foi fornecido duas vezes ao dia (durante as ordenhas), sendo 2 kg/vaca/dia pela manhã e 1 kg/vaca/dia à tarde (base da matéria natural), totalizando 3 kg/vaca/dia, de forma a reduzir o desequilíbrio energético-proteico da dieta e também atender às exigências energéticas dos animais (NRC, 2001). Os animais tinham acesso livre ao cocho contendo sal mineral. As avaliações de desempenho foram realizadas com base nas variáveis: consumo de nutrientes; produção de leite (kg/vaca/dia; kg/ha) e sua composição quanto aos teores de gordura, proteína, extrato seco total, nitrogênio ureico e perfil de ácidos graxos; variação do peso corporal e do escore de condição corporal; e o perfil de metabólitos no plasma (ureia e glicose).

Tabela 3. Composição nutricional de amostras de milho moído dos três ciclos de pastejo

Item	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
Matéria seca (MS), %	87,3	87,6	87,8
Matéria mineral, % da MS	1,3	1,4	1,2
DIVMS <sup>1</sup> , %	85	85	85
Extrato etéreo, % da MS	4,9	5,3	5,2
Fibra em detergente neutro, % da MS	10,1	11,5	9,3
Proteína bruta, % da MS	7,5	7,3	7,2
NDT <sup>2</sup> , %	85	85	85
Ácido oleico, g/100 g de ácidos graxos totais	33,5	33,2	33,3
Ácido linoleico, g/100 g de ácidos graxos totais	46,6	46,9	45,1
Ácido $\alpha$ -linolênico, g/100 g de ácidos graxos totais	0,8	0,8	0,9

<sup>1</sup>Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; <sup>2</sup>Nutrientes digestíveis totais (NRC, 2001).

### 3.3. Manejo do Pasto

As características químicas do solo foram as seguintes: pH na água = 5,7; matéria orgânica = 1,8%; fósforo = 10,45 mg / dm<sup>3</sup>; potássio = 171 mg / dm<sup>3</sup>; cálcio = 2,7 cmolc /

dm<sup>3</sup>; magnésio = 1,4 cmolc / dm<sup>3</sup>; hidrogénio + Al = 0,2 cmolc / dm<sup>3</sup>; e saturação da base = 52%. A correção do solo foi feita 90 dias antes do plantio, utilizando-se calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 60%. O plantio foi realizado no período chuvoso de 2017/2018, por meio de mudas, distribuídas em sulcos espaçados de 70 cm. Foi feita adubação com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O para o estabelecimento, no momento do plantio. Foram utilizados 29 piquetes de aproximadamente 900 m<sup>2</sup>, sendo 10 piquetes para cada tratamento e 9 piquetes reservas. O método de pastejo utilizado foi o de lotação rotacionada, com dois dias de ocupação dos piquetes, e período de descanso da pastagem variável, baseado em avaliações conduzidas com o BRS Kurumi (CHAVES et al., 2013). O período de descanso da pastagem correspondeu ao tempo necessário para o dossel atingir 80 cm de altura (altura pré-pastejo), sendo preconizada uma altura de resíduo de 40 cm. O ajuste da lotação, em função dos alvos de manejo (altura de resíduo), foi feito por meio da técnica de *put and take*, com animais extras, de peso médio e grau de sangue semelhantes aos animais *testers*.

### 3.4. Características de Crescimento e Composição Morfológica do Pasto

A altura do dossel foi determinada utilizando-se régua graduada em centímetros, sendo medidos 30 pontos aleatórios por piquete, nas condições de pré-pastejo e pós-pastejo. A altura de cada ponto correspondeu à altura média do dossel em torno da régua.

A massa total de forragem, nas condições de pré e de pós-pastejo, foi estimada por meio do método direto (destrutivo). Para isso foi utilizada uma moldura metálica de 1 x 1 m, colocada em três pontos representativos da altura média do dossel por piquete. O material contido em cada quadrado foi cortado rente ao solo. O acúmulo de forragem (kg/ha de MS) foi calculado a partir da diferença entre a massa de forragem no pós-pastejo anterior e no pré-pastejo atual. Para a determinação da taxa de acúmulo de forragem (kg/ha/dia de MS), os valores de acúmulo foram divididos pelo número de dias de descanso entre cada ciclo de pastejo. O acúmulo total de massa seca do período experimental foi calculado por meio do somatório dos acúmulos de todos os ciclos de pastejo. A partir das amostras de forragem colhidas em cada ciclo de pastejo foi calculada a remoção de forragem pelos animais. Foi considerada como remoção a diferença entre a massa de forragem pré-pastejo e a massa de forragem pós-pastejo.

Para a avaliação dos componentes morfológicos da forragem foi retirada uma subamostra de, aproximadamente, um quilograma (1 kg), representativa das amostras colhidas para a determinação da massa total de forragem em pré- e pós-pastejo. Essa subamostra foi

separada nas frações contendo lâmina foliar, colmo (colmo + bainha) e material morto, as quais foram pesadas e secadas em estufa de circulação forçada de ar regulada a 55°C, até peso constante. Os valores de massa de forragem foram convertidos para kg/ha de MS e os componentes morfológicos expressos como proporção (%) da massa total de forragem. Com base nas informações referentes à biomassa de forragem, o peso corporal dos animais e o consumo, foi determinada a taxa de lotação da pastagem, a qual foi baseada no número de animais *testers* em pastejo em cada ciclo, mais as vacas extras, que eventualmente eram utilizadas.

### 3.5. Determinação da Composição Química

Para a determinação da composição química do pasto foram realizadas amostragens por meio da técnica de pastejo simulado, com o objetivo de obter amostra representativa daquela fração potencialmente ingerida pelo animal, colhida acima da altura de resíduo (50% da altura em pré-pastejo). As amostragens do suplemento energético foram realizadas semanalmente. Após coletadas, as amostras de forragem foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada (55°C; até peso constante). Posteriormente, as amostras de forragem e suplemento foram moídas em moinho tipo “Willey” equipado com peneiras com crivos de 1 mm, sendo então armazenadas em frascos devidamente identificados. As análises bromatológicas foram realizadas de acordo com o INCT-CA (DETMANN et al., 2012), para determinação dos teores de matéria seca a 105°C, nitrogênio total, extrato etéreo, minerais e cinzas. As determinações dos componentes da parede celular foram realizadas de acordo com os métodos INCT-CA F-001/1 (fibras em detergente neutro); INCT-CA F-003/1 (fibras em detergente ácido) e INCT-CA F-005/1 (lignina) (DETMANN et al., 2012). Os nutrientes digestíveis totais foram estimados de acordo com o NRC (2001), onde NDT = CNFd + PBd + (AGd x 2,25) + FDNnd – 7, onde o valor 7 corresponde ao NDT fecal metabólico; CNFd = carboidratos não fibrosos digestíveis; PBd = proteína bruta digestível; AGd = ácidos graxos digestíveis; e FDNnd = FDN corrigida para nitrogênio digestível. Também foi analisada a digestibilidade “in vitro” da MS (TILLEY & TERRY, 1963).

Para a determinação das frações nitrogenadas e de carboidratos, foram realizadas análises de acordo com Sniffen et al. (1992). As análises de N foram realizadas pelo método INCT-CA N-001/1 e, para conversão em PB, foi utilizado o fator de correção 6,25 (DETMANN et al., 2012).

As amostras de forragem e milho moído foram liofilizadas (Liofilizador modelo L120, Liotop, Liobras, São Carlos, SP, Brasil), moídas (1 mm) e analisadas quanto à composição de ácidos graxos, de acordo com Sukhija e Palmquist (1988), com adaptações (PALMQUIST & JENKINS, 2003). Resumidamente, amostras contendo entre 10 e 50 mg de ácidos graxos totais foram submetidas à extração e transesterificação direta, utilizando método baseado na catálise ácida (solução de HCL 10% em metanol, v/v), realizada sob aquecimento (banho-maria a 70°C por 2 h). Posteriormente, os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foram separados e quantificados em cromatógrafo de fase gasosa (Agilent 6890, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, EUA) equipado com detector de ionização de chama (FID), a uma temperatura de 250°C, makeup N2 (30 mL/min) e relação 10:1 Ar/H2. Por meio de amostrador automático, os FAME foram injetados (volume de 1,0 µL, split 1:50, temperatura de 250°C) em coluna capilar de alta polaridade (HP-FFAP, 25 m x 0,2 mm x 0,33 µm), fase estacionária de ácido modificado polietilenoglicol nitroterafítálico, utilizando H2 como gás de arraste a 1,0 mL/min. A temperatura inicial do forno foi ajustada à 100°C, com rampa de aquecimento de 15°C/min até 230°C, mantida até a completa eluição dos ácidos graxos de interesse. A concentração de ácidos graxos totais foi calculada em mg/g de matéria seca de amostra, com base na extração da área do padrão interno (C19:0; ácido nonadecanoico; Sigma Aldrich CAS 646-30-0), adicionado às amostras antes da extração. Os ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção observados em padrões comerciais (Sigma Aldrich Inc.), sendo expressos em g/100 g de ácidos graxos totais.

### 3.6. Estimativa do Consumo de Matéria Seca e de Nutrientes

O consumo de matéria seca foi estimado com auxílio do indicador externo dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) associado à DIVMS do pasto e suplemento, nos três ciclos de pastejo. Foram fornecidos 10 g/vaca/dia de  $TiO_2$ , em duas doses diárias de 5 g cada, administradas por via oral, durante 12 dias consecutivos, sendo os seis primeiros como período de estabilização dos fluxos de excreção do indicador e os seis últimos, destinados às coletas de fezes. A DIVMS foi determinada de acordo com o protocolo descrito por Tilley e Terry (1963). As amostras de fezes foram secadas em estufa de ventilação forçada regulada para 55°C, moídas em moinho tipo “Willey” equipado com peneira com crivos de 1 mm, e submetidas à digestão ácida com 15 mL de ácido sulfúrico, seguida da adição de 10 mL de peróxido de hidrogênio 30% v/v e posterior quantificação do teor de  $TiO_2$  por espectrofotometria, conforme método INCT-CA M-007/1 (DETMANN et al., 2012). A produção fecal (PF, kg/vaca/dia de MS) foi calculada

por meio da fórmula:  $PF = \text{indicador administrado diariamente (g/dia)} / \text{indicador na MS fecal (g/kg)}$ . O consumo diário de MS (CMS) de pasto foi estimado utilizando a fórmula:  $CMS (\text{kg/vaca/dia}) = ((PF - PF_{\text{conc}}) / (1 - (\text{DIVMS}_{\text{pasto}} / 100)))$ , onde:  $PF_{\text{conc}} (\text{kg/vaca/dia}) = \text{produção fecal referente ao consumo do concentrado}$  ( $PF_{\text{conc}} = \text{consumo de MS de concentrado, kg/vaca/dia} * \text{DIVMS}_{\text{conc}} / 100$ );  $\text{DIVMS}_{\text{conc}} = \text{DIVMS do concentrado}$ ;  $\text{DIVMS}_{\text{pasto}} = \text{DIVMS do pasto}$ .

### 3.7. Produção e Composição do Leite, ECC e Peso Corporal

A pesagem dos animais e o ECC foram avaliados no início e ao final de cada período do ensaio de reversão. O ECC foi realizado por um avaliador treinado, por meio de observação visual, atribuindo-se escores de 1 a 5 (1 = muito magra, 2 = magra, 3 = regular, 4 = gorda e 5 = muito gorda), segundo Edmonson et al. (1989).

As vacas foram ordenhadas, mecanicamente, duas vezes ao dia (07:00 e 14:00 h). Em cada fase do *switchback* foram realizados registros das produções de leite durante os seis dias de coleta de fezes utilizados para estimação do consumo de MS de pasto. Nos primeiros três dias deste período, amostras individuais do leite das ordenhas da manhã (2/3) e da tarde (1/3) foram coletadas em frascos contendo bronopol como conservante, e encaminhadas para o Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, MG), para determinação dos teores de proteína, gordura, lactose, extrato seco total e nitrogênio ureico. A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura foi calculada segundo a equação:  $(0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura}) \times \text{produção de leite}$  (SKLAN et al., 1992).

Do 17º ao 19º dia de cada ciclo de pastejo, amostras individuais de leite (2/3 na ordenha da manhã + 1/3 na ordenha da tarde) foram coletadas em frascos sem conservante e congeladas, visando determinar o perfil de AG. Resumidamente, os lipídios do leite foram extraídos usando hidróxido de amônio, etanol, éter dietílico e hexano de acordo com o método de referência 989.05 (AOAC, 2006). Após evaporação do solvente sob nitrogênio livre de oxigênio, os lipídios do leite extraídos foram dissolvidos em hexano e acetato de metila e transesterificados para ésteres metílicos de AG (FAME), utilizando metóxido de sódio metanólico recém-preparado (CHRISTIE, 1982). A mistura foi neutralizada com ácido oxálico e foi adicionado cloreto de cálcio para remover os resíduos de metanol. O FAME em uma amostra de 1,0  $\mu\text{L}$  na proporção de 1:50 foi separado e quantificado em cromatógrafo de fase gasosa (modelo 6890N, Agilent Technologies) equipado com FID e com coluna capilar

de sílica fundida (100 mx 0,25 mm x 0,2  $\mu$ m de espessura de filme; CP-SIL 88, Varian Inc., Mississauga, ON, EUA).

As condições operacionais incluíram temperaturas de injetor e detector a 250° C e H<sub>2</sub> como gás transportador (1 mL/min) e, para o FID (35 mL/min), N<sub>2</sub> era o gás de composição (30 mL/min). juntamente com ar purificado (286 mL/min). A temperatura inicial foi de 45°C, sendo mantida por 4 min, depois aumentada em 13°C/min para 175°C e mantida por 27 min e, posteriormente aumentada em 4°C/min para 215°C e mantida por 35 min (CRUZ-HERNANDEZ et al., 2007). Os FAME foram identificados por comparação de seus tempos de retenção com quatro padrões de referência (Supelco® 37 Component FAME Mix # 47885-U e mistura de éster metílico e ácido linoleico # 47791 da Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA; Luta-CLA® 60 da BASF S/A, São Paulo, Brasil; e GLC-463 da Nu-Chek Prep, Inc., Elysian, MN, EUA) e de acordo com a ordem de eluição relatada sob as mesmas condições analíticas (CRUZ-HERNANDEZ et al., 2007; KRAMER et al., 2008). A composição de AG do leite foi expressa como porcentagem dos AG totais (g/100 g de AG totais), utilizando os fatores de resposta relativos teóricos descritos por Wolff et al. (1995).

A qualidade nutricional da gordura do leite foi avaliada pelos índices de aterogenicidade (AI) e trombogenicidade (TI) e pelas relações entre os ácidos graxos ômega 6 e ômega 3 ( $\omega$ -6/ $\omega$ -3) e entre os ácidos graxos hipo e hipercolesterolêmicos (h/H) de acordo com as equações apresentadas por Mourthé et al. (2019).

O índice de atividade de estearoil-CoA delta-9 dessaturase (SCD) foi calculado para quatro pares de AGs que representam produtos e substratos para a SCD: 14:1 *cis*-9/C14:0, 16:1 *cis*-9/C16:0 , 18:1 *cis*-9/C18:0 e CLA *cis*-9, *trans*-11/C18:1 *trans*-11. Os índices de dessaturase foram obtidos conforme descrito por Kelsey et al. (2003) da seguinte forma: (produto de SCD)/ (produto de SCD + substrato de SCD).

### 3.8. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk, P<0,10). Posteriormente, os dados originais ou transformados (quando necessário), foram submetidos à análise de variância, por meio de modelos mistos (SAS, versão 9.0). As médias foram comparadas utilizando-se o comando LSMEANS. Para a tomada de decisão, foi considerado efeito significativo quando P≤0,05, e tendência quando 0,05 < P ≤0,10.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Características Agronômicas da Pastagem

Não houve efeito de tratamento sobre as variáveis agronômicas do pasto (Tabela 4).

Tabela 4. Composição morfológica de amostras de pasto de BRS Kurumi, obtidas em piquetes com vacas recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Item	Suplementação (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
Matéria seca (MS) no pré pastejo, kg/ha	4.709	4.717	182,71	0,9761
MS no pós pastejo, kg/ha	2.115	1.934	75,5845	0,1407
Remoção de MS de pasto, kg/ha	2.593	2.783	128,45	0,3372
MS oriunda de folha, kg/ha	2.771	2.810	113,14	0,8157
MS oriunda de colmo, kg/ha	1.658	1.481	123,53	0,3504
MS oriunda de material morto, kg/ha	296	292	78,278	0,9762
Acúmulo de MS, kg ha/dia	142,4	135,0	14,804	0,7360
Acúmulo de MS, kg ha/ciclo	2.563	2.430	266,48	0,7360
Teor de MS do pasto, %	10,5	10,3	0,1835	0,3876
Nº de perfilhos por m <sup>2</sup>	128,2	134,2	6,4522	0,5347
Relação folha:colmo	1,7	1,9	0,09157	0,1217
Altura de entrada, cm	81,5	81,6	0,8502	0,9788
Altura de saída, cm	42,9	42,2	0,7185	0,4566
Rebaixamento, %	47,3	48,2	0,8139	0,4523
Taxa de lotação, UA/ha	9,0	9,0		

Assim como para as variáveis agronômicas da pastagem, também não houve efeito de tratamento sobre as variáveis relacionadas à composição química do pasto (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química de amostras do pasto de BRS Kurumi, obtidas em piquetes com vacas recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Item	Milho moído (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
Matéria seca (MS), %	12,3	12,4	0,2463	0,7621
DIVMS <sup>1</sup> , %	83,2	81,6	0,6583	0,1508
Matéria mineral, % da MS	15,1	14,8	0,3079	0,5516
Extrato etéreo, % da MS	3,7	3,7	0,1439	0,9384
FDN <sup>2</sup> , % da MS	58,3	58,8	0,4266	0,4248
FDA <sup>3</sup> , % da MS	31,3	31,6	0,3464	0,5273
Lignina, % da MS	2,56	2,47	0,0595	0,2867

Proteína bruta, % da MS	19,09	18,97	0,4216	0,8505
Fração B1 + A, % da MS	5,25	5,21	0,1583	0,8548
Fração B2, % da MS	7,85	7,59	0,2058	0,3867
Fração B3, % da MS	5,34	5,40	0,2467	0,8711
Fração C, % da MS	0,91	0,85	0,0438	0,4140
CHOT <sup>4</sup> , % da MS	62,19	62,58	0,5864	0,6507
Fração B2, % da MS	45,89	46,60	0,5742	0,4024
CNF <sup>5</sup> , % da MS	10,16	10,05	0,2941	0,7992
Fração C, % da MS	9,90	9,52	0,2827	0,3708
Fração C, % da MS	6,15	5,93	0,1404	0,2871
NDT <sup>6</sup> , %	64,70	65,02	0,5044	0,6654
Ácido oleico, g/100 g de AG totais	2,61	2,46	0,0876	0,2498
Ácido linoleico, g/100 g de AG totais	19,34	19,01	0,2117	0,2895
Ácido $\alpha$ -linolênico, g/100 g de AG totais	46,26	47,47	0,8445	0,3362

<sup>1</sup>DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%); <sup>2</sup>FDN = Fibra em detergente neutro; <sup>3</sup>FDA = Fibra em detergente ácido; <sup>4</sup>CHOT = carboidratos totais; <sup>5</sup>CNF = carboidratos não fibrosos; <sup>6</sup>NDT = nutrientes digestíveis totais.

#### 4.2. Desempenho animal

O consumo de MS total (CMS total, kg/vaca/dia) e o consumo de MS expresso em relação ao peso corporal (%PV) não diferiram entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) (Tabela 6). No entanto, houve diferença ( $P=0,0005$ ) para o CMS de pasto, o qual foi 23,4% menor para o tratamento com suplementação energética. As vacas que receberam suplemento energético deixaram de consumir 2,96 kg de forragem em comparação ao grupo sem suplementação, sendo observada redução de 1,1 kg de MS de pasto por kg de MS de concentrado consumido.

Tabela 6. Consumo de nutrientes e variação de peso corporal e de escore de condição corporal (ECC) de vacas Holandês x Gir em lactação manejadas sob pastejo em capim-elefante BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Item	Suplemento (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
<b>Consumo de nutrientes (kg/vaca/dia)</b>				
Matéria seca (MS) total (pasto + suplemento)	12,63	12,37	0,6366	0,6924
MS de pasto	12,63	9,67	0,6366	0,0005
Fibra em detergente neutro (FDN) total	7,35	5,96	0,3494	0,0016
Proteína bruta total	2,38	2,05	0,1319	0,0275
Extrato etéreo total	0,50	0,47	0,0255	0,3140
NDT <sup>1</sup> total	8,18	8,84	0,5837	0,2850

Consumo de nutrientes (g/100 g de peso corporal)				
MS total	2,28	2,23	0,1328	0,7063
FDN total <sup>2</sup>	1,33	1,07	0,0713	0,0060
Consumo de ácidos graxos (g/vaca/dia)				
Oleico	5,78	37,78	1,5100	<0,0001
Linoleico	45,04	77,84	1,6422	<0,0001
α-linolênico	105,90	83,81	3,7231	<0,0001
Σ linoleico + α-linolênico	150,95	161,30	6,5910	0,1404
Condição corporal				
Variação de peso corporal, kg	-7,65	2,1	4,6197	0,0640
Variação do ECC	-0,13	0,02	0,0807	0,0939

<sup>1</sup>NDT = nutrientes digestíveis totais; <sup>2</sup>.

A suplementação energética reduziu o consumo de FDN (CMSFDN), expresso em kg/vaca/dia, em 19% ( $P=0,0016$ ) e provocou redução no consumo de PB (CMSPB). As vacas que receberam suplemento ingeriram 14% menos PB do que aquelas sob pastejo exclusivo ( $P=0,0275$ ). Entretanto, não houve diferença ( $P>0,05$ ) para consumo de NDT e EE.

Os consumos dos ácidos oleico e linoleico foram 554% e 73% maiores, respectivamente, para as vacas que consumiram milho moído ( $P<0,0001$ ). Já o consumo do ácido α-linolênico foi 21% inferior nas vacas que receberam suplementação energética ( $P<0,0001$ ). No entanto, não houve efeito dos tratamentos ( $P>0,05$ ) sobre o consumo de linoleico + α-linolênico.

Não houve diferença entre os tratamentos sobre a variação de peso corporal e ECC. Entretanto, observou-se tendência de redução do peso corporal ( $P=0,0640$ ) e do ECC ( $P=0,0939$ ) para as vacas que não receberam suplemento.

Houve tendência de efeito de tratamento sobre os teores de NUP ( $P=0,0501$ ), sendo verificado valor 13% menor para os animais do tratamento com suplementação energética (Tabela 7). A suplementação energética, todavia, não influenciou as concentrações plasmáticas de glicose ( $P>0,05$ ).

Tabela 7. Concentrações de glicose e nitrogênio ureico (NUP) no plasma de vacas Holandês x Gir em lactação manejadas sob pastejo em capim-elefante BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Item	Milho moído (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
Glicose, mg/dL	61,0	58,9	1,3649	0,1536

NUP, mg/dL	42,0	36,6	2,4113	0,0501
------------	------	------	--------	--------

Houve efeito dos tratamentos sobre a produção de leite ( $P<0,001$ ), sendo observado aumento de 11,8% para o tratamento com suplementação em relação ao não suplementado (Tabela 8). Da mesma forma, também houve efeito dos tratamentos sobre as produções de leite corrigidas para gordura ou para energia ( $P<0,05$ ), com incremento de 9,0% e 10,1%, respectivamente, na produção de leite das vacas que receberam suplemento. A resposta à suplementação em kg de leite por kg de MS de concentrado fornecido foi de 0,57. Os teores de gordura, proteína, lactose no leite não diferiram entre os tratamentos ( $P>0,05$ ). Entretanto, o leite das vacas que consumiram concentrado apresentou tendência ( $P=0,0769$ ) para menor teor de gordura, com redução de 4,7% em relação ao tratamento sem suplementação, bem como tendência ( $P=0,0861$ ) para maior teor de lactose.

Tabela 8. Produção e composição do leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo em capim-elefante BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Item	Milho moído (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
<b>Produção (kg/vaca/dia)</b>				
Leite	12,7	14,2	0,3116	0,0009
Leite corrigido para gordura <sup>1</sup>	13,3	14,5	0,4102	0,0188
Leite corrigido para energia <sup>2</sup>	12,9	14,2	0,3822	0,0081
Gordura	0,483	0,514	0,0182	0,1227
Proteína	0,369	0,425	0,0100	0,0003
Lactose	0,561	0,639	0,0172	0,0014
Sólidos do leite	1,527	1,709	0,0458	0,0016
Energia no leite <sup>3</sup> , Mcal/dia	8,78	9,69	0,2753	0,0092
<b>Composição</b>				
Gordura, %	3,81	3,63	0,0901	0,0769
Proteína, %	2,93	3,00	0,0385	0,1092
Lactose, %	4,42	4,48	0,0307	0,0861
Energia no leite <sup>4</sup> , Mcal/kg	0,69	0,68	0,0092	0,2780
Sólidos do leite, %	12,05	12,01	0,1150	0,7308
Nitrogênio ureico no leite, mg/dL	19,5	13,7	0,8499	<0,0001

<sup>1</sup>(0,432 + 0,1625 x % gordura) x produção de leite (SKLAN et al., 1992)); <sup>2</sup>(leite x 0,327 + proteína x 7,2 + gordura x 12,95 (NRC, 2001)); <sup>3</sup>Energia no leite (Mcal/kg) x produção média de leite; <sup>4</sup>(0,0929 x % gordura + 0,0547 x % proteína + 0,0395 x % lactose (NRC, 2001)).

Não houve efeito dos tratamentos sobre a produção de gordura ( $P>0,05$ ). Porém, para lactose e proteína, o tratamento com suplementação proporcionou incrementos de 13,9% e 15,1% nas respectivas produções. O teor de energia em Mcal/kg não diferiu ( $P>0,05$ ), todavia, o teor de energia em Mcal/dia foi 10,4% maior ( $P=0,0092$ ) para o tratamento com suplementação. Não houve efeito sobre o teor de sólidos totais do leite ( $P>0,05$ ), entretanto, observou-se diferença na produção, a qual foi 11,92% maior ( $P=0,0016$ ) para o tratamento com suplementação.

A suplementação energética apresentou efeito positivo para o teor de NUL, que foi 29,8% menor ( $P<0,0001$ ) no leite das vacas que receberam suplemento energético.

#### 4.3. Perfil de Ácidos Graxos no Leite

O somatório dos teores dos ácidos graxos C4:0 + C6:0 + C8:0 + C10:0 foi 10,3% ( $P=0,0035$ ) maior no leite das vacas que receberam suplementação energética (Tabela 9). Da mesma forma, também foram observados teores 16,6%, 13,4% e 4,5% mais elevados, respectivamente, para os ácidos lúrico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) no leite das vacas que receberam suplementação ( $P<0,05$ ), que foi refletido no aumento de produção destes três AG, em g/vaca/dia<sup>-1</sup>, de 13,4% ( $P = 0,0215$ ). Não houve efeito dos tratamentos ( $P>0,05$ ) nos teores do ácido esteárico (C18:0).

Tabela 9. Perfil de ácidos graxos (AG) no leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo da BRS Kurumi recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Ácido graxo (g/100 g de AG totais)	Milho moído (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
<b>AG de cadeia saturada com nº par de carbonos</b>				
$\Sigma$ C4:0 + C6:0 + C8:0 + C10:0	7,74	8,54	0,2939	0,0035
C12:0	2,11	2,46	0,1893	0,0036
C14:0	7,91	8,97	0,4272	0,0009
C16:0	22,93	23,96	0,6969	0,0454
$\Sigma$ C12:0 + C14:0 + C16:0	32,95	35,38	0,6538	0,0013
C18:0	11,83	12,41	0,5351	0,2701
<b>AG de cadeia ímpar linear e ramificada (AGCIR)</b>				
$\Sigma$ C5:0 + C7:0 + C9:0 + C11:0 + C13:0	0,21	0,26	0,0182	0,1088
C15:0 <i>iso</i>	0,39	0,41	0,0249	0,5622
C15:0 <i>anteiso</i>	0,62	0,66	0,0286	0,2382
C15:0	1,36	1,35	0,0402	0,8000

C17:0 <i>iso</i> <sup>1</sup>	0,67	0,59	0,0209	0,0063
C17:0	0,84	0,77	0,0124	0,0012
C17:1 <i>cis</i> -9	0,39	0,30	0,0272	0,0014
$\Sigma$ AGCIR	5,23	5,02	0,1205	0,1045
<b>AG C18:1 <i>cis</i></b>				
C18:1 <i>cis</i> -9	25,47	23,00	0,9215	0,0180
C18:1 <i>cis</i> -11	0,91	0,78	0,0477	0,0103
C18:1 <i>cis</i> -12	0,17	0,17	0,0061	0,8746
C18:1 <i>cis</i> -13	0,104	0,085	0,0076	0,0070
C18:1 <i>cis</i> -15	0,17	0,19	0,0099	0,2573
<b>AG C18:1 <i>trans</i></b>				
C18:1 <i>trans</i> -4	0,035	0,034	0,0020	0,9097
C18:1 <i>trans</i> -5	0,022	0,022	0,0017	0,8071
C18:1 <i>trans</i> 6-8	0,21	0,20	0,0050	0,2742
C18:1 <i>trans</i> -9	0,23	0,23	0,0068	0,7582
C18:1 <i>trans</i> -10	0,46	0,38	0,0494	0,1607
C18:1 <i>trans</i> -11	2,85	2,32	0,1377	0,0023
C18:1 <i>trans</i> -12	0,27	0,25	0,0114	0,1978
C18:1 <i>trans</i> 13-14	0,24	0,26	0,0227	0,5739
C18:1 <i>trans</i> -16	0,34	0,31	0,0151	0,1752
<b>Isômeros conjugados (CLA) e não conjugados (NCLA) do ácido linoleico</b>				
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12 (NCLA)	0,024	0,023	0,0015	0,3888
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12 (NCLA)	0,048	0,047	0,0035	0,7778
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12 (NCLA)	0,047	0,036	0,002	0,0007
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	1,44	1,19	0,0721	0,0095
CLA <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -11	0,039	0,036	0,0028	0,1814
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0,006	0,008	0,0016	0,2734
<b>AG poli-insaturados de cadeia longa ômega 3 (<math>\omega</math>-3) e ômega 6 (<math>\omega</math>-6)</b>				
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 ( $\omega$ -6)	0,72	0,75	0,0300	0,2562
$\gamma$ -C18:3 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 ( $\omega$ -6)	0,012	0,014	0,0010	0,2311
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15 ( $\omega$ -3)	0,46	0,40	0,0289	0,0737
C20:2 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14 ( $\omega$ -6)	0,037	0,040	0,0020	0,3773
C20:3 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14 ( $\omega$ -6)	0,050	0,050	0,0029	0,8815
C20:4 ARA ( $\omega$ -6) <sup>2</sup>	0,070	0,071	0,0045	0,6930
C20:5 EPA ( $\omega$ -3) <sup>3</sup>	0,042	0,045	0,0025	0,4608
C22:5 DPA ( $\omega$ -3) <sup>4</sup>	0,065	0,061	0,0020	0,1731
$\Sigma$ AG $\omega$ -6	0,89	0,92	0,0326	0,1563
$\Sigma$ AG $\omega$ -3	0,56	0,50	0,0279	0,0567
<b>Produção de AG (g/vaca/dia)</b>				
$\Sigma$ C12:0 + C14:0 + C16:0	148,9	169,1	7,2559	0,0215
Oleico	113,8	109,6	5,7982	0,4802
Vacênico	16,7	11,2	0,5546	0,0236
Rumênico	6,4	5,7	0,4475	0,1460

<sup>1</sup>Coeluiu com C16:1 *trans*-9; <sup>2</sup>ARA = ácido araquidônico (C20:4 *cis*-5, *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14); <sup>3</sup>EPA = ácido eicosapentaenoico (C20:5 *cis*-5, *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17); <sup>4</sup>DPA = ácido docosapentaenoico (C22:5 *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16, *cis*-19).

Não houve efeito da suplementação energética sobre o somatório dos teores dos AG de cadeia ímpar linear e ramificada (AGCIR) ( $P = 0,1045$ ). Entretanto, as concentrações dos AG C17:0 *iso*, C17:0 e C17:1 *cis*-9 foram, respectivamente, 11,9%, 8,3% e 23,1% mais baixas ( $P < 0,05$ ) no tratamento com suplementação energética.

A suplementação energética reduziu o teor de ácido oleico no leite (C18:1 *cis*-9) em 9,7% ( $P = 0,0180$ ). No entanto, não se observou diferença em sua produção ( $P > 0,05$ ). O consumo de milho moído também reduziu os teores dos AG C18:1 *cis*-11 e C18:1 *cis*-13 em 14,3% e 18,3%, respectivamente ( $P < 0,05$ ).

Observaram-se reduções de 18,7% ( $P = 0,0023$ ) e 17,4% ( $P = 0,0095$ ), respectivamente, nos teores dos ácidos vacênico e rumênico no leite das vacas que receberam suplemento energético. Do mesmo modo, verificou-se redução na produção de ácido vacênico em 15,4%. Porém, não houve efeito para produção de ácido rumênico. Da mesma forma, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre os teores de CLA *trans*-9, *cis*-11 e CLA *trans*-10, *cis*-12 no leite, nem sobre os teores dos AG C18:1 *trans*, à exceção do ácido vacênico.

Apesar das diferenças ( $P < 0,0001$ ) observadas nos consumos dos ácidos linoleico e  $\alpha$ -linolênico (Tabela 6), não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos sobre seus teores no leite, embora tenha sido observada tendência ( $P = 0,0737$ ) no teor de  $\alpha$ -linolênico no leite (Tabela 8). Da mesma forma, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação energética sobre os teores no leite de nenhum AG ômega 3 ( $\omega$ -3) e ômega 6 ( $\omega$ -6), mas houve tendência para o teor do  $\Sigma$  AG  $\omega$ -3 ( $P = 0,0567$ ).

Observou-se redução ( $P = 0,0222$ ) de 4,8% na atividade da enzima SCD sobre o par de AG oleico e esteárico no tratamento com suplementação (Tabela 9). No entanto, não houve efeito dos tratamentos ( $P > 0,05$ ) sobre a atividade da SCD sobre os pares miristoleico (C14:1 *cis*-9) e mirístico, e rumênico e vacênico.

Tabela 10. Índices de atividade da enzima estearoil-CoA desaturase (SCD) em vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo da BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Índice <sup>1</sup>	Milho moído (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		

C14:1 <i>cis</i> -9/(C14:1 <i>cis</i> -9 + C14:0)	0,089	0,087	0,0087	0,6065
C18:1 <i>cis</i> -9/(C18:1 <i>cis</i> -9 + C18:0)	0,682	0,649	0,0160	0,0222
Rumênico/(Rumênico + Vaccênico)	0,335	0,340	0,0090	0,6343

<sup>1</sup>Calculado conforme Kelsey et al. (2003): (produto da SCD)/(produto da SCD + substrato para a SCD).

A suplementação energética reduziu a qualidade nutricional da gordura do leite, haja vista que houve aumento dos índices de aterogenicidade, trombogenicidade e da relação  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 em 20,6%, 16,9% e 12,3%, respectivamente (Tabela 11). Além disto, houve redução ( $P=0,0077$ ) de 16,3% na relação entre os AG hipo e hipercolesterolêmicos no leite das vacas que consumiram o milho moído ( $P<0,05$ ).

Tabela 11. Índices de qualidade nutricional da gordura do leite de vacas Holandês x Gir manejadas sob pastejo da BRS Kurumi, recebendo 0 ou 3 kg/dia de milho moído.

Índices <sup>1</sup>	Milho moído (kg/vaca/dia)		Erro-padrão da média	Valor de P
	0	3		
Índice de aterogenicidade	2,14	2,58	0,1261	0,0018
Índice de trombogenicidade	2,78	3,25	0,1278	0,0015
Relação entre ácidos graxos (AG) $\omega$ -6 e $\omega$ -3	1,64	1,84	0,1196	0,0394
Relação entre AG hipo e hipercolesterolêmicos	0,80	0,67	0,0390	0,0077

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Características Agronômicas da Pastagem

A massa seca de forragem (MSF) da cultivar BRS Kurumi (Tabela 4) foi semelhante ao valor descrito por Paciullo et al. (2015), que ao avaliarem o desempenho de novilhas leiteiras sob pastejo nesta cultivar, observaram produção de MSF de 5.190 kg/ha. No entanto, a produção de MSF do atual estudo foi inferior aos valores verificados por Pereira et al. (2014), que ao trabalhar com clones de capim elefante anão sob lotação rotacionada, observaram produção de MSF e RFC de 6.945 kg/ha e 1,1, respectivamente. A diferença, entretanto, pode ser explicada pela diferença nas alturas de pré pastejo entre os dois experimentos. No trabalho de Pereira et al. (2014), a altura de entrada foi de 96 cm, contra 81,5 cm no atual estudo, o que também refletiu em decréscimo na RFC, provavelmente devido ao maior alongamento de colmo.

Os altos valores de RFC (Tabela 4) são explicados pelo curto comprimento dos entrenós desta cultivar (SILVA et al., 2009). No atual trabalho foram observados resultados similares aos descritos por Paciullo et al. (2015), os quais relataram valores próximos de 1,74. A alta RFC é de grande importância, não apenas pelo maior teor de PB e digestibilidade das folhas em relação ao colmo, mas também pela preferência dos animais em consumirem as folhas (TRINDADE et al., 2007).

O acúmulo de MS da BRS Kurumi (Tabela 4) foi inferior ao descrito por Chaves et al. (2013), que em trabalho com a mesma forrageira observaram 177 kg/ha/dia. No entanto, os valores foram mais altos do que os verificados por Madeiro (2010), que observou taxas de acúmulo entre 64,91 e 78,42 kg/ha/dia para dois clones de capim-elefante de porte anão.

Apesar da alta taxa de lotação observada no presente trabalho (Tabela 4), pode-se verificar pela altura de resíduo e rebaixamento (Tabela 4) que não houve superpastejo. A taxa de lotação incluiu tanto as vacas experimentais como as extras e foi superior ao descrito por Paciullo et al. (2015), que observaram taxa de lotação de 4,3 UA/ha. No entanto, vale ressaltar que as condições de solo e clima foram distintas. Danes (2010), em trabalho com capim-elefante a pasto, verificou taxa de lotação de 6,2 UA. Entretanto, foram considerados apenas as vacas experimentais.

A alta RFC associada ao curto ciclo de pastejo de apenas 20 dias da BRS Kurumi ajudam a explicar o elevado valor nutritivo de sua forragem (Tabela 5), visto que os nutrientes se concentram principalmente nas folhas. Segundo Van Soest (1965), o aumento da idade da planta normalmente é acompanhado pela redução da DIVMS e do valor nutritivo da forragem.

Isto, parcialmente, explica os resultados mais elevados observados para DIVMS (Tabela 5) em comparação aos relatados por Paciullo et al. (2015), no qual em estudo com a BRS Kurumi com intervalo de desfolha de 24 dias, observaram DIVMS de 70,3%. Portanto, a redução do período de descanso de 24 para 18 dias reduziu o teor de FDN em 5% e aumentou a DIVMS em 17,2%, na comparação entre os dois trabalhos. De acordo com Mertens (1992), aumentos nos teores de FDN estão, frequentemente, associados a reduções na DIVMS. Outro componente da parede celular vegetal, que está negativamente correlacionado com a digestibilidade, é a lignina (VAN SOEST, 1994), a qual estava em baixa concentração no presente trabalho, sendo verificados teores próximos de 2,5% (Tabela 5). O valor de DIVMS observado por Pereira et al. (2014) foi 11,0% inferior ao do presente estudo, provavelmente, devido à idade mais avançada do capim e, consequentemente, ao maior teor de lignina, que foi de 3%.

O baixo teor de CNF (Tabela 5) foi semelhante ao observado por Danes et al. (2013), os quais em trabalho com capim-elefante cv. Cameroon e cv. Napier relataram teor de 9,2%. Segundo esses autores, os baixos teores de CNF condizem com os valores normalmente observados em forrageiras tropicais, e podem ser uma das causas do desequilíbrio entre a disponibilidade de energia e proteína no rúmen. O teor de NDT (Tabela 5) foi superior aos valores observados por Madeiro (2010), que em trabalho com dois clones de capim-elefante anão, observou teores de 59,68% e 60,46%. Danes et al. (2013) relataram teor de NDT de 60,3%, enquanto Maixner et al. (2004), observaram teores de 60% para o capim elefante (cv. Mott).

Os teores de PB obtidos (Tabela 5) foram semelhantes aos relatados por Paciullo et al. (2015) para BRS Kurumi, e superior ao observado por Pereira et al. (2014) em clones de capim-elefante anão. Nestes dois trabalhos, os teores de PB relatados foram respectivamente, 19,4% e 17,5%. Chaves et al. (2016) observaram teor de PB de 17,5%, obtido com 90% de IL e 19 dias de intervalo entre desfolha para a BRS Kurumi.

O teor de PB consistiu em 27,4% de fração A + B1, 40,0% de fração B2, 28,4% de fração B3 e 4,4% de fração C (Tabela 5). Estes valores são semelhantes aos descritos por Danes et al. (2013), em trabalho com capim-elefante cv. Cameroon e cv. Napier. O que sugere que quase 69% da PB da forragem apresentou taxa de degradação de média a baixa. Ressalta-se que inúmeros trabalhos com pastagens tropicais manejadas de forma intensiva, tem relatado teores de PB no pasto entre 14,7 e 20,7%, com altas proporções de frações de média a baixa degradabilidade, B2 + B3 = 65,8 a 70,2% da PB (DANES et al., 2013). A fração C é

constituída principalmente por proteínas associadas à lignina. Portanto, o baixo teor desta fração provavelmente foi devido ao curto ciclo de pastejo, que reduziu a idade da planta e, consequentemente, o teor de lignina. Segundo Macedo (2012), a idade da planta é um dos fatores que influenciam na participação desta fração proteica.

Vale destacar os elevados teores de EE observados no presente estudo (Tabela 5). Os valores relatados foram semelhantes ao de Dias (2012), que ao avaliar o estrato superior do capim-elefante cultivar Pioneiro, observou teor de EE de 3,1%. Enquanto, Macedo (2012) e Souza (2014), ambos em trabalho com capim-elefante cv. Cameroon a pasto observaram 2,8% de EE. Moura (2017), em estudo com *B. brizantha* cv. Marandu sob manejo de lotação rotacionada, relatou teor de EE 69,7% inferior ao do atual trabalho e Perez et al. (2010), trabalhando com *Cynodon* spp. observaram teor de 2,1% de EE. Isto destaca o capim-elefante, particularmente o BRS Kurumi, frente a outras forrageiras para esta característica bromatológica.

O pasto de capim elefante também se destaca pelos elevados teores de  $\alpha$ -linolênico que, juntamente com o ácido linoleico, são os principais substratos para obtenção de leite naturalmente rico em ácidos rumênico e vacênico (LOPES et al., 2015). No presente estudo, os teores de ácido  $\alpha$ -linolênico (Tabela 5) foram inferiores aos compilados por Lopes et al. (2015) de trabalhos com capim elefante manejado sob pastejo, cujos teores variaram de 48,7 a 64,7 g/100 g de AG totais. Os teores de ácido linoleico observados no presente estudo estão dentro da faixa de valores compilados por Lopes et al. (2015), qual seja, de 12,3 a 23,0 g/100 g de AG totais.

## 5.2. Desempenho animal

O CMS total das vacas dos dois tratamentos foi semelhante (Tabela 6), o que demonstra uma tentativa das vacas em regular a ingestão de nutrientes. O CMS total de 2,28 e 2,23% PV observados nos tratamentos sem e com suplementação (Tabela 6), respectivamente, estão dentro dos valores descritos por Lopes et al. (2004) que, em trabalho com capim-elefante em pastejo na estação das águas, sem suplementação concentrada, observaram CMS entre 1,68 e 3,5%PV. Em outro trabalho, Macedo et al. (2016) observaram CMS total e de pasto de 3,2 e 2,5 %PV, respectivamente, em vacas Jersey x Holandês sob pastejo de capim-elefante cv. Cameroon com teor de PB de 18% e suplementação com 3 kg de concentrado.

No presente trabalho, a despeito do baixo nível de suplementação concentrada utilizado (3 kg/vaca/dia), o consumo de concentrado provocou redução de 23,4% no CMS de

pasto. Isto refletiu em elevada taxa de substituição, que foi de 1,1 kg de MS de pasto por kg de MS de concentrado consumido. Segundo Euclides (2002), em sistemas com forrageiras de elevada qualidade nutricional, o fornecimento de suplemento concentrado pode causar diminuição da ingestão de pasto, exercendo efeito substitutivo. De acordo com Gomide (1994), vacas recebendo suplementação concentrada reduzem o CMS de pasto, principalmente, na estação das águas.

As reduções de 18,9 e 13,9% observadas, respectivamente, na ingestão de FDN e PB pelas vacas que receberam suplemento, podem ser explicadas pelo menor CMS de pasto (Tabela 6). Devido à taxa de substituição, o CMS destes nutrientes foi reduzido, sem alterar o CMS total.

O alto teor de NDT do pasto de BRS Kurumi (Tabela 4) explica a ausência de diferença na sua ingestão entre os tratamentos (Tabela 6). Da mesma forma, não houve efeito dos tratamentos na ingestão de EE (Tabela 6), contudo, desta vez, devido aos teores similares deste nutriente na forragem (Tabela 5) e no milho moído (Tabela 3).

O ECC e PV médio das vacas no início do estudo eram de  $2,5 \pm 0,21$  e  $560 \pm 66$  kg, respectivamente. Ao longo do experimento esses valores não foram alterados de forma significativa entre os tratamentos. No entanto, houve tendência para redução de ECC e PV nas vacas que não consumiram concentrado, o que indica ter havido maior mobilização de reserva corporal nesses animais, para manter a produção de leite (Tabela 6). De acordo com Bargo et al. (2003), a suplementação com concentrado contribui para melhor condição corporal das vacas manejadas em pastagem.

O aumento da produção de leite observado nas vacas que consumiram milho moído (Tabela 8), é devido à melhor relação energia:proteína no rúmen estabelecida pela suplementação energética. Embora os animais do tratamento com suplementação tenham consumido a mesma quantidade de energia em detrimento aos que não receberam suplemento, houve menor consumo de PB (Tabela 6), que culminou em menor ingestão de nitrogênio. Portanto, estes animais, provavelmente, apresentaram menor gasto energético com a conversão de amônia ( $\text{NH}_3$ ) a ureia no fígado, o que permitiu maior aporte de energia destinada para produção de leite. Segundo Kolver (2003), concentrações elevadas de PB reduzem a energia metabolizável disponível para produção de leite devido, principalmente, ao maior custo energético para síntese e excreção da ureia. O alto consumo de PB, observado no tratamento sem suplementação (Tabela 6), em conjunto com o baixo teor de CNF no pasto de BRS Kurumi (Tabela 5) pode estar associado à menor eficiência da utilização de N pelas

vacas (VAN VUUREN et al., 1993). Essa redução seria atribuída a uma captura ineficiente de N do rúmen, para síntese de proteína microbiana e ao maior custo metabólico de síntese e excreção de ureia. Segundo McBride e Kelly (1990), para cada mol de NH<sub>3</sub> sintetizado há um gasto de 4 ATP. O menor consumo de PB (Tabela 6) associado à maior produção de proteína no leite das vacas que consumiram suplemento (Tabela 9), indica que houve redução na excreção de N e, consequentemente, melhor eficiência na utilização deste nutriente. O que é sustentado pelos menores valores de NUP (Tabela 7) e NUL (Tabela 9) observados nas vacas deste tratamento.

O teor proteico estimado para a dieta das vacas que não receberam suplementação foi, aproximadamente de 19%. Segundo o NRC (2001), teores de PB acima de 18% na forragem já excedem os níveis de exigência de proteína metabolizável no rúmen. O alto teor de PB associado ao baixo teor de CNF em pastagens tropicais bem manejadas causam desequilíbrio entre a disponibilidade de energia e proteína no rúmen, o que enfatiza a importância da suplementação energética nestes sistemas (DANES et al., 2013).

A síntese de lactose é dependente de substratos glicogênicos, tais como o propionato. Portanto, alterações no metabolismo da glicose são refletidas nos rendimentos de lactose no leite (BRYANT et al., 2013). No presente estudo, a ausência de efeito nos teores de glicose plasmática (Tabela 7) refletiu na ausência de diferença ( $P=0,0861$ ) nos teores de lactose entre os tratamentos sem e com suplementação (Tabela 6). Entretanto, embora os teores de lactose e proteína tenham sido semelhantes entre os tratamentos (Tabela 8), foram observados incrementos de 13,8% e 15,1%, respectivamente, nas produções das vacas que consumiram suplemento. Isto é explicado pelo maior volume de leite observado no tratamento com suplementação (Tabela 8). Todavia, não houve diferença na produção diária de gordura, o que pode ser parcialmente justificado pela tendência ( $P=0,0769$ ) ao menor teor deste componente no leite das vacas que receberam concentrado. O que fez com que o maior volume de leite compensasse a redução do teor de gordura. Vale salientar, que os valores da composição do leite do presente estudo (Tabela 9) estão de acordo com a nova Instrução Normativa nº 76 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (Instrução Normativa..., 2018), que preconiza teores mínimos de gordura, proteína e lactose de 3,0%, 2,9% e 4,3%, respectivamente.

A resposta à suplementação observada foi de 0,57 kg de leite por kg de MS de concentrado consumido. Este valor é semelhante ao apresentado por Macedo et al. (2016), que foi de 0,5, em estudo com pastejo de vacas Jersey x Holandês em capim-elefante cv.

Cameroon. Da Silva et al (2009), em trabalho com *P. purpureum*, Schum observaram valores de resposta à suplementação concentrada entre 0,22 e 0,63, enquanto Bargo et al. (2003) e Lana (2004), obtiveram resposta fixa de 1,0 e 0,65, respectivamente. Segundo Gomide (1994), a resposta produtiva ao concentrado varia de 0,5 a 1,5 kg de leite por kg concentrado.

Bargo et al. (2003) apresentaram, em um estudo de revisão, que a taxa de substituição está negativamente relacionada à resposta em produção de leite. E segundo Deresz et al. (2010), quanto melhor a qualidade nutricional do pasto, menor é a resposta em produção de leite de vacas recebendo suplementação concentrada. De acordo com Holmes e Roche (2007), as baixas respostas de vacas sob pastejo aos suplementos podem ser explicadas pela queda na digestibilidade da forragem, que geralmente é afetada negativamente pelo consumo de alimentos à base de amido. Além disto, parte da energia extra (concentrado) pode ser direcionada para reservas corporais. (LEDDIN et al., 2010).

### 5.3. Perfil de Ácidos Graxos no Leite

A síntese *de novo* de AG na glândula mamária é responsável pela produção de 100% dos AG saturados de cadeia curta e média (C4:0 ao C12:0), 95% do ácido mirístico e cerca de 50% do ácido palmítico secretados no leite (CHILLIARD et al., 2000). E para isso, utiliza como substratos o acetato, proveniente principalmente da fermentação ruminal da FDN, e o 3-hidroxi-butirato (SHINGFIELD et al., 2010). Os valores observados do somatório dos teores no leite dos AG C4:0 ao C10:0, assim como dos ácidos láurico, mirístico e palmítico foram mais elevados no leite das vacas que receberam suplemento em comparação ao daquelas que não consumiram o milho moído (Tabela 9), embora o CMSFDN tenha sido menor no tratamento com suplementação (Tabela 6). Uma das explicações seria a preferencial incorporação de AG mono- e poli-insaturados nos triglicerídeos da gordura do leite em detrimento daqueles sintetizados *de novo* (SHINGFIELD et al., 2010). O que pode ser parcialmente comprovado, pelos maiores teores dos ácidos oleico, vacênico e rumênico (benéficos à saúde), em comparação aos AG saturados originados da síntese *de novo*, observados no leite das vacas sob pastejo exclusivo.

Outra justificativa para o menor teor de AG oriundos da síntese *de novo* no leite das vacas que receberam concentrado, seriam os teores dos AG CLA *trans*-10, *cis*-12, CLA *cis*-9, *trans*-11 e, possivelmente, C18:1 *trans*-10. Esses AG estão associados à inibição, em parte, da lipogênese na glândula mamária através da redução da síntese *de novo* de AG, promovendo a depressão no teor de gordura do leite (BERNARD et al., 2018). Entretanto, não houve efeito

dos tratamentos sobre os teores destes três AG no leite (Tabela 9), o que adicionalmente também explica, ao menos em parte, a ausência de diferença dos teores de gordura do leite entre os tratamentos (Tabela 8).

O ácido vacênico é intermediário comum dos processos de bio-hidrogenação ruminal do ácido linoleico e do ácido  $\alpha$ -linolênico (SHINGFIELD et al., 2010). As forrageiras tropicais, em especial as da espécie *P. purpureum* possuem altos teores de  $\alpha$ -linolênico (LOPES et al., 2015). Os teores deste AG na BRS Kurumi foram próximos de 47 g 100 g<sup>-1</sup> de AG totais (Tabela 5), valor este, similar aos teores relatados por Macedo (2012) (52 g 100 g<sup>-1</sup> de AG totais) e Souza (2014) (53,8 g 100g<sup>-1</sup> de AG totais), que também trabalharam com capim-elefante em pastejo. Na maioria das dietas, a bio-hidrogenação dos ácidos linoleico e  $\alpha$ -linolênico varia entre 70% e 95% e 85% e 100%, respectivamente (DOREAU E FERLAY, 1994; GLASSER et al., 2008). As vacas do tratamento com suplementação consumiram mais ácido linoleico (Tabela 6), principalmente devido à alta concentração deste AG no milho moído (Tabela 3). No entanto, devido ao menor consumo de pasto observado neste tratamento, houve menor ingestão de ácido  $\alpha$ -linolênico (Tabela 6), o qual apresenta relativa maior taxa de bio-hidrogenação (DOREAU E FERLAY, 1994; GLASSER et al., 2008) e, por conseguinte, houve menor concentração de ácido vacênico (precursor de ácido rumênico) no leite destas vacas (Tabela 9). Segundo Mohammed et al. (2009), 79,4% da variabilidade na produção de ácido rumênico no leite bovino foi explicada por diferenças no consumo de ácido  $\alpha$ -linolênico, o que justifica a correlação alta e positiva observada entre os dois AG no atual trabalho ( $r = 0.62$ ;  $P=0,0060$ ). E segundo Coppa et al. (2013), a proporção de forragem fresca na dieta das vacas foi a principal variável independente em equações de predição de teor dos ácidos rumênico e vacênico no leite. Isto pode explicar por que embora consumindo a mesma quantidade de substratos ( $\Sigma$  ácido linoleico + ácido  $\alpha$ -linolênico) (Tabela 6), as vacas que receberam suplemento concentrado produziram leite com menor teor de ácido vacênico (Tabela 9). Além disso, a ausência de efeito na atividade da enzima SCD para o par rumênico e vacênico (Tabela 10), também ajuda a concluir que a diferença nos teores entre os tratamentos, se deu realmente devido aos diferentes consumos de ácido  $\alpha$ -linolênico. Na glândula mamária, o ácido vacênico é o principal precursor da síntese do ácido rumênico, sendo responsável por 70% a 95% de todo ácido rumênico secretado no leite bovino (KLIEM & SHINGFIELD, 2016). Portanto, a redução no teor de ácido vacênico explica a redução de ácido rumênico ( $r = 0.81$ ;  $P<0.0001$ ) no leite das vacas que consumiram concentrado.

Os teores dos ácidos vacênico e rumênico no leite das vacas sob pastejo exclusivo (Tabela 9) foram 42,5% e 12,5% respectivamente, mais elevados que os teores relatados por Lopes et al. (2019), em trabalho com capim-elefante cv. Napier fornecido picado no cocho na forma de dieta total. Em outro estudo com capim elefante cv. Cameroon sob pastejo, com 3 kg/dia de concentrado, Macedo et al. (2016) relataram teores de 1,44 e 0,81 g 100 g<sup>-1</sup> de AG totais, respectivamente, para os ácidos vacênico e rumênico, que são 97,9% e 77,8% inferiores aos observados no tratamento sem suplementação concentrada do presente estudo. Dias et al. (2019) ao avaliarem o perfil de AG do leite de vacas em pastagens de capim-elefante não suplementadas, observaram valores de 2,86 a 3,90 e 1,84 a 2,18 g 100 g<sup>-1</sup> de AG totais, para os ácidos vacênico e rumênico, respectivamente. Estes resultados juntamente aos do presente trabalho demonstram o grande potencial do capim-elefante manejado sob pastejo para produção de leite naturalmente enriquecido com ácidos graxos benéficos à saúde, como os ácidos vacênico e rumênico.

Segundo Dijkstra (1994), a fermentação de amido comparada à de carboidratos estruturais reduz a produção de acetato em detrimento ao propionato e butirato. Portanto, a inclusão do concentrado energético pode ter diminuído a relação acetato:propionato no rúmen das vacas do tratamento com suplementação. As concentrações dos AG C17:0 *iso* e C17:0 foram mais baixas no leite das vacas que consumiram suplemento (Tabela 9). Segundo Zhang et al. (2017), os teores de AG C17:0 *iso* e C17:0 estão positivamente relacionados às proporções molares de acetato, e diminui paralelamente com a redução de forragem na alimentação. Ademais, ainda de acordo com Zhang et al., (2017), o teor de AG C17:0 possui correlação negativa com as proporções molares de propionato, que aumenta em dietas contendo suplementação concentrada.

Além disso, a redução na ingestão de pasto também reduziu o CMS de PB e, possivelmente, promoveu redução no teor de NH<sub>3</sub>-N no rúmen, o que em parte, também ajuda a explicar a redução no teor de C17:0 no tratamento com suplementação, visto que o teor de NH<sub>3</sub>-N no rúmen está positivamente correlacionado com AG C17:0 no leite (ZHANG et al., 2017).

Não houve efeito de tratamento sobre o teor de ácido esteárico (Tabela 9). Porém, o índice de atividade da enzima SCD em relação aos pares de AG esteárico e oleico foi 4,8% menor no tratamento suplementado (Tabela 10), o que parcialmente explica os menores teores de ácido oleico no leite das vacas que receberam concentrado (Tabela 9). Valores estes, mais elevados que os observados por Macedo et al. (2016) (22,2 g 100 g<sup>-1</sup> AG totais) e semelhante

ao observado por Dias et al. (2019) ( $25,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  AG totais). Ambos os autores trabalhando com capim-elefante a pasto.

O ácido oleico é o segundo AG em maior concentração no leite de ruminantes (LOPES et al., 2015) e sua origem é devido, principalmente, pela conversão de AG esteárico na glândula mamária, através da ação da enzima Estearoil Coenzima-A Dessaturase (SCD) (SHINGFIELD & WALLACE, 2014). A enzima SCD converte o ácido esteárico a ácido oleico, com intuito de aumentar a fluidez da gordura do leite (GAMA et al., 2008). Aproximadamente, 60% do ácido oleico secretado no leite origina-se da dessaturação pela SCD do ácido esteárico, captado pela glândula mamária na circulação sanguínea (BERNARD et al., 2018). Vale ressaltar que o ácido oleico é comprovadamente benéfico à saúde cardiovascular, por promover a redução da concentração plasmática da fração LDL do colesterol (FAO, 2010), e aumentar a fração HDL (ALMEIDA et al., 2014).

Os teores de ácidos linoleico e  $\alpha$ -linolênico no leite não diferiram entre os tratamentos (Tabela 9), a despeito da diferença nos seus respectivos consumos (Tabela 6). Isto indica que houve extensa bio-hidrogenação destes AG no rúmen das vacas de ambos os tratamentos. No entanto, o mais elevado consumo de ácido  $\alpha$ -linolênico no tratamento sem suplementação (Tabela 6) promoveu uma tendência ( $P=0,0737$ ) de incremento no teor deste AG no leite (Tabela 9). Os lipídeos presentes nas forragens são naturalmente protegidos da hidrólise e bio-hidrogenação ruminal por estruturas celulares (BUCCIONI et al., 2012). Assim, é possível que uma fração do ácido  $\alpha$ -linolênico do pasto consumido tenha escapado do rúmen sem sofrer bio-hidrogenação, sendo, posteriormente, absorvido, disponibilizado na corrente sanguínea, captado pela glândula mamária e incorporado nos triglicerídeos da gordura do leite. Em estudo realizado em pastagens de *B. brizantha* cv. Marandu, Silva et al. (2018) observaram maior teor de ácido  $\alpha$ -linolênico no leite das vacas que não receberam suplementação lipídica (óleo de girassol).

A gordura do leite das vacas alimentadas exclusivamente a pasto apresentou melhor qualidade nutricional, uma vez que houve redução nos índices de aterogenicidade, trombogenicidade e na relação entre os AG  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3 (Tabela 11). Ademais, o leite das vacas que consumiram somente pasto apresentou maior relação entre os AG hipo e hipercolesterolêmicos (Tabela 11), o que é positivo para a saúde humana. Os resultados nestes índices podem ser atribuídos, principalmente, ao menor ( $P=0,0013$ ) teor dos AG hipercolesterolêmicos (somatório de lúrico, mirístico e palmítico) e aos aumentos

concomitantes nos teores de AG benéficos à saúde humana, no leite das vacas alimentadas exclusivamente com pasto, como o ácido oleico ( $P=0,0180$ ) e os AG da família  $\omega$ -3 ( $P=0,0567$ ) (Tabela 9).

Os resultados obtidos no presente estudo demonstram o enorme potencial nutracêutico do leite produzido por vacas manejadas em pastagem de capim-elefante BRS Kurumi. A título de comparação, em trabalhos realizados por nosso grupo de pesquisa com vacas recebendo capim-elefante picado no cocho, os teores de vários AG benéficos à saúde humana foram, de modo geral, sempre inferiores àqueles obtidos no presente estudo. Por exemplo, os teores no leite dos ácidos oleico, vacênico, rumênico e  $\alpha$ -linolênico nestes trabalhos (RIBEIRO et al., 2014, 2018; LOPES et al., 2019) foram, respectivamente, nas faixas de 18,92 a 21,57 g/100 g de AG; 1,83 a 2,16 g/100 g de AG; 0,98 a 1,23 g/100 g de AG; e 0,21 a 0,27 g/100 g de AG. No presente estudo, as faixas respectivas para os teores destes AG no leite foram: 23,00 a 25,47 g/100 g de AG; 2,32 a 2,85 g/100 g de AG; 1,19 a 1,44 g/100 g de AG; e 0,40 a 0,46 g/100 g de AG.

## 6. CONCLUSÕES

A suplementação energética promoveu incremento de 12% na produção de leite, e aumentou a eficiência na utilização de nitrogênio.

A gordura do leite das vacas alimentadas exclusivamente a pasto apresentou melhor qualidade nutricional, com menores teores de ácidos graxos hipercolesterolêmicos e maiores teores de ácidos graxos benéficos à saúde, tais como os ácidos oleico, vacênico, rumênico e da família ômega 3.

Independentemente do consumo de concentrado, o leite obtido das vacas em pastagem de BRS Kurumi apresentou potencial nutracêutico, com elevados teores dos ácidos oleico, vacênico, rumênico e  $\alpha$ -linolênico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. M.; LUQUETTI, S. C. D.; SABARENSE, C. M. et al. 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.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. AOAC Official Method 989.05. Fat in Milk (section 33.2.26). Washington: AOAC International, 2006.
- BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.1, p.1-42, 2003.
- BENEDETTI, E.; RODRÍGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; BORGES, A.L.C.C.; SALIBA, E.S. Consumo de alimentos e produção de leite de vacas mestiças mantidas em diferentes pastagens tropicais. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 3, p. 578-589, 2008.
- BENJAMIN, S.; SPENER, F. Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. **Nutrition & Metabolism**, v. 6, p. 36- 48, 2009.
- BERNARD, L.; BONNET, M.; DELAVAUD, C.; DELOSIÈRE, M.; FERLAY, A.; FOUGÈRE, H.; GRAULET, B. Milk fat globule in ruminant: major and minor compounds, nutritional regulation and differences among species. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 120, n. 5, 1700039, 2018.
- BRODERICK, G. A. Nutritional strategies to reduce crude protein in dairy diets. Proc. **21st Annual Southwest Nutrition and Management Conference**, Tempe, AZ, 2006.
- BRODERICK, G. A. & CLAYTON, M. K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **J. Dairy Sci.**, v. 80, p. 2964–2971, 1997.
- BRODERICK, G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1370-81, 2003.
- BRYANT, R. H.; DALLEY, D. E.; GIBBS, J.; EDWARDS, G. R. Effect of grazing management on herbage protein concentration, milk production and nitrogen excretion of dairy cows in mid-lactation. **Grass and Forage Science**, 69, p. 644–654, 2013.
- BUCCIONI, A.; DECANDIAB, 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.
- CALSAMIGLIA, S.; FERRET, A.; REYNOLDS, C. K.; KRISTENSEN, N. B.; VAN VUUREN, A. M. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. **Animal**, v. 4, p. 1184–1196, 2010.
- CARVALHO, C.A.B.; DERESZ, F.; ROSSIELLO, R.O.P. et al. Influência de intervalos de desfolha e de alturas do resíduo pós-pastejo sobre a produção e a composição da forragem e do leite em pastagens de capim-elefante. **Boletim da Indústria Animal**, v. 62, n. 3, p. 177-188, 2006.
- CHASE, L. E., HIGGS, R. J.; VAN AMBURGH, M. E. Feeding low crude protein rations to dairy cows—Opportunities and challenges. Proc. **Cornell Nutr. Conf. Feed Manufacturers**. Cornell University Press, Ithaca, NY, 2009.

- CHAVES, C. S.; GOMIDE, C. A. M.; RIBEIRO, K. G.; PACIULO, D. S. C.; LEDO, F. J. S.; COSTA, I. DEA.; CAMPANA, L. L. Forage production of elephant grass under intermittent stocking. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 234-240, 2013.
- CHAVES, C. S.; RIBEIRO, K. G.; GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C.; M.J.F. MORENZ, M. J. F.; GAMA, D. S. Valor nutritivo e cinética de degradação in vitro de genótipos de capim-elefante (*Penisetum purpureum* Schumach) sob dois intervalos de desfolhação e duas alturas de resíduo pós-pastejo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.68, n.5, p.1351-1359, 2016.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R.M.; DOREAU, M. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. **Annales de Zootechnie**, v. 49, p. 181–205, 2000.
- CHRISTIE, W. W. A simple procedure for rapid transmethylation of glicerolipids and colesterol ester. **Journal of Lipid Research**, v. 23, p. 1072. 1982.
- CLARK, C. E. F.; FARINA, S. R.; GARCIA, S. C.; ISLAM, M. R.; KERRISK, K. L.; & FULKERSON, W. J. A comparison of conventional and automatic milking system pasture utilization and pre- and post-grazing pasture mass. **Grass and Forage Science**, v. 71, p. 153-159, 2016.
- 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**, Champaign, v. 90, n. 8, p. 3786-3801, 2007.
- 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.
- DA SILVA, C. V.; LANA, R. P.; CAMPOS, J. M. S.; QUEIROZ, A. C.; LEÃO, M. I.; ABREU, D. C. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho de vacas leiteiras em pastejo com dietas com diversos níveis de concentrado e proteína bruta. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.7, p.1372-1380, 2009.
- DANES, M.A.C. **Teor de proteína no concentrado de vacas em lactação mantidas em pastagem de capim elefante**. Piracicaba, 2010. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.
- DANES, M. A. C.; CHAGAS, L. J.; PEDROSO, A. M. et al. Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, p. 407-419, 2013.
- DERESZ, F.; MARTINS, C. E.; FREITAS, A. F.; DA ROCHA, W. S. D.; SILVA, N. J. J.; VEGA, D. S. M.; MORAIS, T. A. Suplementação Concentrada e a Produção de Leite de Vacas Mestiças em Pastagens de Capim-Elefante Durante a Época Chuvosa. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v. 12, n. 2, p. 212-214, 2010
- DERESZ, F.; MATOS, L.L. Influência do período de descanso da pastagem de capim-elefante na produção de leite de vacas mestiças Holandês Zebu. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, n.1, p.166-168, 1996.

- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. *Métodos para análise de alimentos* - INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- DIAS, K. M. **Perfil de ácidos graxos em pastos de capim elefante Pioneiro submetidos a alturas de pastejo e severidade de desfolhação.** 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2012.
- DIJKSTRA, J. Production and absorption of volatile fatty acids in the rumen. *Livestock Production Science* 39, 61–69, 1994.
- DIJKSTRA, J.; OENEMA, O.; VAN GROENIGEN, J.W.; SPEK, J.W., VAN VUUREN, A.M.; BANNINK, A. Diet effects on urine composition of cattle and N<sub>2</sub>O emissions. *Animal*, v. 7 (s2), n. 292–302, 2013.
- DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, v. 45, p. 379–396, 1994.
- ELGERSMA, A. Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, v. 117, p. 1345–1369, 2015.
- EDMONSON, A.J.; LEAN, I.J.; WEAVER, L.D. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 72, p. 68-78, 1989.
- EUCLIDES, V.P.B. Estratégias de suplementação em pasto: uma visão crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa-MG, *Anais...* Viçosa – UFV, p.437- 469, 2002.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation.** Roma: FAO, Paper, 91. 166 p., 2010.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -. **Produção de leite mundial**, 2017.
- FINNERAN, E.; CROSSON, P.; O'KIELY, P.; SHALLO, O. L.; FORRISTAL, D.; WALLACE, M. Stochastic simulation of the cost of home-produced feeds for ruminant livestock systems. *Journal of Agricultural Science*, v. 150, p. 123–139, 2012.
- GAMA, M. A. S.; GARNSWORTHY, P. C.; GRIINARI, J. M.; LEME, P. R.; RODRIGUES, P. H. M.; SOUZA, L. W. O.; LANNA, D. P. D. Diet-induced milk fat depression: association with changes in milk fatty acid composition and fluidity of milk fat. *Livestock Science*, Amsterdan, v. 115, n. 2-3, p. 319-331, 2008.
- GLASSER, F.; SCHMIDELY, P.; SAUVANT, D.; DOREAU, M. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal*, v. 2, p. 691–704, 2008.
- GOMIDE, C. A. de M., PACIULLO, D. S. C., LÉDO, F. J. da S., PEREIRA, A. V., MORENZ, M. J. F., BRIGHENTI, A. M. **Informações Sobre a Cultivar de Capim elefante BRS Kurumi.** Juiz de Fora, MG, 2015.
- GOMIDE, J.A. Manejo de pastagens para produção de leite. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: EDUEM. p.141-168, 1994.

- GUSTAFSSON, A. H.; PALMQUIST, D. L. Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea, and milk urea in dairy cows at high and low yields. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 475–484, 1993.
- HIGGS, R. J.; SHEAHAN, A. J.; MANDOK, K.; AMBURGH, M. E.; ROCHE, J. R. The effect of starch-, fiber-, or sugar-based supplements on nitrogen utilization in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 6, p. 3857-3866, 2013.
- HILLS, J. L.; WALES, W. J.; DUNSHEA, F. R.; GARCIA, S. C.; ROCHE, J. R. Invited review: an evaluation of the likely effects of individualized feeding of concentrate supplements to pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 98, p. 1363–1401, 2015.
- HOLMES, C. W., ROCHE, J. R. Pastures and supplements in dairy production systems. in Pastures and Supplements for Grazing Animals. P. V. Ratray, I. M. Brooks, and A. M. Nicol, ed. **New Zealand Society of Animal Production**, New Zealand. Pages 221–242, 2007.
- HRISTOV, A. N.; M. HANIGAN, A.; COLE, R.; TODD, T. A.; MCALLISTER, P. M.; NDEGWA, A. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 91, p. 1–35, 2011.
- HUHTANEN, P. & HRISTOV, A. N. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 92, p. :3222–3232, 2009.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário** disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticanovaportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>. Acesso em 24/06/2019.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Acesso em 30 de julho de 2019. Disponível em: [www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_dspDadosCodigo\\_sim.php?QTU1Nw==](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTU1Nw==)
- INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 76 de 26 de novembro de 2018. **Diário Oficial da União** nº 230 - Seção 1. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- JENKINS, T. C.; HARVATINE, K. J. Lipids feeding and milk fat depression. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, Amsterdam, v. 30, n. 3, p. 623-642, 2014.
- KALAČ, P.; SAMKOVÁ, E. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk: A review. *Czech J. Animal Sci.*, v. 55, p. 521–537, 2010.
- KEBREAB, E.; FRANCE, J.; MILLS, J. A.; ALLISON, R.; DIJKSTRA, J. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. *J. Anim. Sci.*, v. 80, p. 248–259, 2002.
- KELSEY, J. A.; CORL, B. A.; COLLIER, R. J. et al. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 2588-2597, 2003.
- KLIEM, K. E.; SHINGFIELD, K. J. Manipulation of milk fatty acid composition in lactating cows: Opportunities and challenges. *European Journal of Lipid Science and Technology*, Weinheim, v. 118, n. 11, p. 1661-1683, 2016.
- KOHN, R. A.; KALSCHEUR, K. F.; RUSSEK-COHEN, E. Evaluation of models to predict urinary excretion and milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p. 227–233, 2002.

- KOHN, R. Use of milk or blood urea nitrogen to identify feed management inefficiencies and estimate nitrogen excretion by dairy cattle and other animals. **Florida Ruminant Nutrition Symposium**, Gainesville, FL. University of Florida, Gainesville, 2007.
- KOLVER, E. S. & MULLER, L. D. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 1403–1411, 1998.
- KOLVER, E. S. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. **Proc. Nutr. Soc.**, v. 62, p. 291–300, 2003.
- KRAMER, J. K. G.; HERNANDEZ, M.; CRUZ-HERNANDEZ, C.; KRAFT, J.; DUGAN, M. E. R. Combining results of two GC separations partly achieves determination of all cis and trans 16:1, 18:1, 18:2 and 18:3 except CLA isomers of milk fat as demonstrated using Ag-ion SPE fractionation. **Lipids**, London, v. 43, n. 3, p. 259-273, 2008.
- KRATZ, M.; BAARS, T.; GUYENET, S. The relationship between high-fat dairy consumption and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. **European Journal of Nutrition**, v. 52, p. 1-24, 2013.
- LANA, R.P. Efficiency of use of concentrate ration on weight gain and milk production by cattle under tropical and intensive condition in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 82, Suppl. 1, p. 222, 2004.
- LEDDIN, C. M.; STOCKDALE, C. R.; HILL, J.; HEARD, J. W.; AND DOYLE, P. T. Increasing amounts of crushed wheat fed with Persian clover herbage reduced ruminal pH and dietary fibre digestibility in lactating dairy cows. **Anim. Prod. Sci.**, v. 50, p. 837–846, 2010.
- LOPES, F. C. F. Consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação sob pastejo em sistemas intensivos de produção de leite. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v. 57, p. 67-117, 2008.
- LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M.; RODRIGUEZ, N. M. et al. Efeito da suplementação e do intervalo de pastejo sobre a qualidade da forragem e consumo voluntário de vacas Holandês x Zebu em lactação em pastagem de capim-elefante. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n. 3, p. 355-362, 2004.
- LOPES, F. C. F.; RIBEIRO, C. G. S.; RODRIGUEZ, N. M.; GAMA, M. A. S.; MORENZ, M. J. F.; ANTONIASSI, R.; BIZZO, H. R. Butter fatty acid composition as a function of soybean oil supplementation and time of milking, and performance of Holstein x Gyr cows fed with chopped elephant grass-based diets. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 5, p. 2027-2044, 2019.
- LOPES, F. C. F.; SILVA, B. C. M.; ALMEIDA, M. M.; GAMA, M. A. S. da. Lácteos naturalmente enriquecidos com ácidos graxos benéficos à saúde. In: MARTINS, P. C.; PICCININI, G. A.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, C. E.; LOPES, F. C. F. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas**. Brasília: Embrapa. p. 237-309, 2015.
- MACEDO, F. L. **Doses de concentrado com ou sem gordura inerte na dieta de vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais**. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- MACEDO, F.L.; FERNANDA BATISTEL, F.; SOUZA, J.; CHAGAS, L. J.; SANTOS, F. A. P. Supplementation with Ca salts of soybean oil interacts with concentrate level in grazing

dairy cows: intake, ingestive behavior, and ruminal parameters. **Trop. Anim. Health Prod.**, v. 48, p. 1593–1598, 2016.

MADEIRO, A. S. **Avaliação de Clones de Capim-elefante manejados sob Lotação Rotacionada**. 2010. 52p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

MAIXNER, A. R.; KOZLOSKI, G. V.; QUADROS, F. L. F. et al. Avaliação de Tifton 85 (Cynodon sp. cv. Tifton 85) e de capim elefante anão (Pennisetum purpureum cv. Mott) em sistemas de produção de leite a pasto: consumo de forragem e produção individual de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

MAIXNER, A.R.; QUADROS, F.L.F.; KOZLOSKI, G.V.; MONTARDO, D.P.; ROSSI, G.E.; AURÉLIO, N.D. Consumo de forragem e desempenho de vacas Holandesas sob pastejo em gramíneas tropicais. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.3, p.241-248, 2007.

MARINI, J. C. & VAN AMBURGH, M. E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **J. Anim. Sci.**, v. 81, p. 545–552, 2003.

MERTENS, D.R. Nonstructural and structural carbohydrates. In: Van HORN, H.H.; WILCOX, C.J. (Eds.) Large dairy herd management. Champaign: **American Dairy Science Association**, p.219-239, 1992.

MCBRIDE, B. W.; KELLY, J. M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant gastrointestinal tract and liver: a review. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 2997-3010, 1990.

METCALF, J. A.; MANSBRIDGE, R. J.; BLAKE, J. S.; OLDHAM, J. D.; NEWBOLD, J. R. Te efciency of conversion of metabolisable protein into milk true protein over a range of metabolisable protein intakes. **Animal**, v. 2, p. 1193- 202, 2008.

MOURA, A. M. **Características produtivas e qualitativas do pasto, desempenho e emissão de metano de vacas holandês x zebu em pastagem de capim-marandu**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

MOURTHÉ, M. H. F.; LOPES, F. C. F.; REIS, R. B.; GAMA, M. A. S.; MORENZ, M. J. F.; SALOMÃO, B. M. Ruminal metabolic parameters and milk fatty acid profile of cows grazing Marandu grass supplemented with roasted soybeans. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 745-766, 2019.

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.

NELSON, A. Practical applications of MUN analyses. **Bovine Pract.**, v. 29, p. 85–95, 1996.

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

O' BRIEN, D., L. SHALLOO, J. PATTON, F. BUCKLEY, C. GRAINGER, AND M. WALLACE. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. **Agric. Syst.**, v. 107, p. 33–46, 2012.

OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. Produção de proteína microbiana e estimativa das excreções de derivados de purina e de ureia em vacas em lactação

alimentadas com rações isoproteicas com diferentes níveis de composto nitrogenados não proteicos. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.1621- 1629, 2001.

OLIVEIRA, A. S.; CAMPOS, J. M. S.; LANA, R. P.; DETMANN, E.; VALADARES, S. C. Estimate of the optimal level of concentrates for dairy cows on tropical pastures by using the concept of marginal analysis. *R. Bras. Zootec.*, v. 39, n. 9, p. 2040-2047, 2010.

PACHECO, D.; BURKEJ, L.; COSGROVE, G. P. The effect of different methods of presenting ryegrass and White clover diets on nitrogen utilisation by cows. In: Edwards G.R. and Bryant R.H. (eds) **Proceedings of the 4th Australasian dairy science symposium**, Canterbury, New Zealand: Lincoln University, p. 101–106, 2010.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. de M.; MORENZ, M. J. F.; ANDRADE, D. F. de A. A.; ANDRADE, P. J. M.; LEDO, F. J. da S.; PEREIRA, A. V. Características do pasto e desempenho de novilhas leiteiras em pastagem de capim-elefante cv. BRS Kurumi. **Boletim técnico**, n. 35, 19 p., 2015.

PALMQUIST, D.L; JENKINS, T.C. Challenges with fats and fatty acid methods. *J. Anim. Sci.*, v. 81, p. 3250-3254, 2003

PALMQUIST, D. L. Great discoveries of milk for a healthy diet and a healthy life. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 465-477, 2010.

PARENTE, L.; FERREIRA, L. Assessing the spatial and occupation dynamics of the Brazilian pasturelands based on the automated classification of MODIS images from 2000 to 2016. **Remote Sens.**, v. 10, p. 1-14, 2018.

PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiaçu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 59-62, 2017.

PEREIRA, T. P.; MODESTO, E. C.; CAMPANA, L. L.; GOMIDE, C. A. M.; PACIULLO, D. S. C; NEPOMUCENO, D. D.; CARVALHO, C. A. B.; MORENZ, M. J. F.; ALMEIDA, J. C. C. Caracterização da forragem e da extrusa de clones de capim elefante anão sob lotação intermitente. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 2635-2648, 2014.

PERES, J. R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: GONZALES, F.H.D., DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. (Ed.) **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS. p. 29-43, 2001.

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.

PEYRAUD, J. L & DELAGARDE, R. Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. **Animal**, v. 7, p. 57–67, 2013.

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**, Belo Horizonte, v. 66, n. 5, p. 1513-1521, 2014.

RIBEIRO, C. G. S.; LOPES, F. C. F.; GAMA, M. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F. Ruminal fermentation and degradation, kinetic flow of the digesta and milk fatty acid composition of cows fed chopped elephantgrass supplemented with soybean oil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 1775-1794, 2018.

- ROBINSON, T. P., G. R. W. WINT, G. CONCHEDDA, T. VAN BOECKEL, M. MCLEOD, B. BETT, D. GRACE, AND M. GILBERT. The global livestock sector: Trends, drivers, and implications for society, health and the environment. In *Science with Impact Annual Conference*. p. 6, 2015.
- SATO, H.; NISHIGUCHI, Y.; KATO, T. Relations between milk urea levels and conception in lactating dairy cows. *Anim. Sci. Technol. (Jpn)*, v. 67, p. 58-63, 1996.
- SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C.; VOLTOLINI, T.V.; NUSSIO, C. M. B. Associação de plantas forrageiras de clima temperado e tropical em sistemas de produção animal de regiões sub-tropicais. In: *SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM; PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGEM, SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS*, 20., Piracicaba, 2003. *Anais*. Piracicaba: FEALQ, p.215, 2003a.
- SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C.; VOLTOLINI, T.V.; NUSSIO, C. M. B. Utilização da suplementação com concentrado para vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais. In: *SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE*, 5., Goiânia, 2003. *Anais*. Goiânia: CBNA, p.289-346 2003b.
- SANTOS, F.A.P.; PEDROSO, A.M.; MARTINEZ, J.C.; PENATI, M.A. Utilização da suplementação com concentrados para vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais. In: *Simpósio Sobre Bovinocultura Leiteira*, 5, 2005, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, p.219-294, 2005.
- SANTOS, F.A.P.; DANES, M.A.C.; MACEDO, F.L.; CHAGAS, L.J. Manejo alimentar de vacas em lactação em pasto. In: *Simpósio Sobre Bovinocultura Leiteira*, 9, 2011, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2011. p.119- 158.
- SCHWAB, C. G.; BOUCHER, S. E.; SLOAN, B. K. Metabolizable protein and amino acid nutrition of the cow: Where are we in 2007? in Proc. **Cornell Nutr. Conf. Feed Manufacturers**. <http://www.dairyweb.ca/Resources/MNC2007/Schwab.pdf>, Pages 121–138, 2007.
- SEMMELMANN, C. E. N. **Suplementação nutricional em sistemas de produção de leite a pasto**. Tese (Doutorado Produção Animal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- 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. et al. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. In: BÓSZE, Z. (Ed.), **Bioactive Components of Milk – Advances in Experimental Medicine and Biology**. New York: Springer. p. 3-65, 2008.
- 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. p. 1-64, 2014.
- SILVA, B. C. M.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; GOMIDE, C. A. M.; MARTINS, C. E.; PACIULLO, D. S. C.; GAMA, M. A. S.; LOPES, F. C. F. Fatty acid composition of milk from Holstein x Gyr cows grazing on marandu grass supplemented with concentrate containing sunflower oil. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 39, n. 6, p. 2581-2596, 2018.

SILVA, S. H. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em genótipos de capim-elefante de porte baixo. **Rev. Bras. Zootec.**, v.38, p.1451-1459, 2009.

SILVA, J. A.; CABRAL, L. S.; COSTA, R. V.; MACEDO, B. G.; BIANCHI, I. E.; TEOBALDO, R.; NEVES, C. G.; CARVALHO, A.S.; PLOTHOW, A. F.; COSTA JÚNIOR, W. S.; SILVA, C. G. M. Estratégias de suplementação de vacas de leite mantidas em pastagem de gramínea tropical durante o período das águas. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 9, n. 3, p. 150-157, 2015.

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

SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p.2463-2472, 1992.

SPEK J. W. **Variation of milk urea in dairy. A study on factors that affect the relationship between urea concentration in milk and urea excretion in urine**. PhD thesis, Wageningen University, 1-162, 2013.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; J. B. RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci**, v. 70, n. 11, p.3562-3577, 1992.

STANTON, C.; MCMAHON, D.; MILLS, S. Dairy components, products and human health. In: MUEHLHOFF, E.; BENNETT, A.; MCMAHON, D. (Ed.). Milk and dairy products in human nutrition. Rome: FAO, p. 207-242, 2013.

SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. **J. Agric. Food Chem.**, v. 36, p. 1202-1206, 1988.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

TRINDADE, J. K.; DA SILVA, S. C.; SOUZA, S. J. J.; GIACOMINI, A. A.; ZEFERINO, C. V.; GUARDA, V. D. A.; CARVALHO, P. C. C. Morphological composition of the herbage consumed by beef cattle during the grazing down process of marandu palisadegrass subjected to rotational strategies. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 883–890, 2007.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd edn. Cornell University Press, Ithaca, NY, 1994.

VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **J. Anim. Sci.**, v. 24, p. 834-843, 1965.

VAN VUUREN, A. M.; VAN DER KOELEN, C. J.; VROONS-DE BRUIN, J. Ryegrass versus corn starch or beet pulp fiber diet effects on digestion and intestinal amino acids in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 9, p. 2692-2700, 1993.

VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; IMAIZUMI, H.; PIRES, A.V.; PENATI, M.A. Metabolizable protein supply according to the NRC (2001) for dairy cows grazing Elephant grass. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 2, p. 130-138, 2008.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland Nitrogen**, CAB International, Wallingford, 1995.

WOLFF, R. L.; BAYARD, C. C.; FABIEN, R. J. Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans-18:1 acids. Application to the study of seasonal variations in French butters. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Urbana, v. 72, n. 12, p. 1471-1483, 1995.

ZHANG, Y.; LIU, K.; HAO, X.; XIN, H. The relationships between odd- and branched-chain fatty acids to ruminal fermentation parameters and bacterial populations with different dietary ratios of forage and concentrate. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.. 101, p. 1103–1114, 2017.