

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Processamento do milho *flint* associado à suplementação de
gordura sobre o desempenho e metabolismo de vacas em
pastagem tropical**

Fernanda Batistel

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2014**

**Fernanda Batistel
Zootecnista**

Processamento do milho *flint* associado à suplementação de gordura sobre o desempenho e metabolismo de vacas em pastagem tropical

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2014**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Batistel, Fernanda

Processamento do milho flint associado à suplementação de gordura sobre o desempenho e metabolismo de vacas em pastagem tropical / Fernanda Batistel. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. -- Piracicaba, 2014. 141 p.: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014. Bibliografia.

1. Desempenho animal 2. Processamento do milho 3. Sais de cálcio de óleo de palma I. Título

CDD 636.214
B333p

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

Dedico aos meus pais Pedro e Ivete

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Flávio Augusto Portela Santos pela oportunidade, ensinamentos, confiança e conselhos durante todos esses anos de convívio.

Aos professores membros da banca examinadora, Ivanete Susin e Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro pela disponibilidade e importantes contribuições.

Aos meus pais Pedro e Ivete Batistel, e ao meu irmão Sidimar Batistel pelo enorme carinho e incentivo.

Ao Jonas De Souza pela paciência, companheirismo, incentivo e carinho que sempre demonstrou e me tornou uma pessoa melhor, e por sempre estar ao meu lado em qualquer que fosse às circunstâncias.

Aos estagiários (as) Márcio Rezende Ribeiro Soares, Caroline Salles de Miranda Motta, Mateus Mendes Vilanova e Silva, Pâmela Domingues de Andrade e Evangelina Miqueo, e o Jonas De Souza pela ajuda inestimável, comprometimento, responsabilidade, dedicação e amizade durante a árdua e turbulenta fase de campo dos experimentos. Vocês foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho. Tenho certeza de que todos serão excelentes profissionais. Muito obrigado!

À Cristiane Sitta pela amizade e pronta ajuda, sempre prestativa garantindo nosso café da manhã, almoço e janta no CT durante o período de experimento e prevenindo acidentes de trânsito em dia de formatura na Esalq!

Aos professores do Dept. de Zootecnia, Ivanete Susin, Alexandre Vaz Pires, Carla Maris Machado Bittar, José Eurico Possebon Cyrino

(Zico), Roberto Sartori Filho, Luiz Gustavo Nussio e Luiz Lehmann Coutinho pelos ensinamentos, ajuda e convívio.

Aos funcionários da fazenda da escola, Francisco Andrade (Neco), Wagner Rodrigues de Campos, Fernanda Lopes Macedo e Laureano Alves da Silva pelo auxílio nos diversos imprevistos, amizade e cordial convivência.

Ao técnico do Laboratório de Bromatologia da Esalq, Carlos César Alves, pelos esclarecimentos e ajuda.

Às funcionárias do Dept. de Zootecnia Cláudia Chuahy, Tania Aparecida Ferri, Nélia Paula Schiavani e Lílian Barros Leite, pela amizade, momentos de descontração, ajuda nas mais diversas situações e bom humor rotineiro.

Aos amigos e colegas Vinícius Nunes de Gouvêa, Carolina Braga Brandani, Cristiane Sitta, Marília Ribeiro de Paula, Evangelina Miqueo, Elizangela Mirian Moreira, José Alípio Faleiro Neto, Fernanda Lopes Macedo, Flávia Hermelina da Rocha Santos, Fernanda Lavínia Moura Silva, Pedro Leopoldo Monteiro Junior, Katiéli Caroline Welter, Daniel Montanher Polizel, Rodrigo Araújo de Souza, Ana Paula Alves Freire, Cleunice Aparecida Fialho, Cristiano Kleinshmitt, Greiciele Moraes, Daniel Junges, Antônio Humberto Fleury de Melo, Diogo Fleury Costa, Gregori Alberto Rodadoscki, Lucas Jado Chagas, Murilo Garrett Moura Ferreira dos Santos, Marcos Vinícius Biehl, João Ricardo Rebouças Dórea e Luiz Roberto Dell'Agostinho Neto, pela agradável convivência, momentos de descontração e ajuda em diversas situações.

Ao professor Jeffrey Firkins pela oportunidade de passar um período na The Ohio State University, pelos conhecimentos transmitidos e enorme atenção durante meu mestrado "sanduíche".

À família Wenner, Benjamín, Amanda, Hannah e Betsy, pela gentil recepção em Columbus, ajuda e amizade.

À Benjamín Wenner, Josie Plank, Logan Morris, Brooklyn Wagner, Jessica Pempek, Bethany Keyser, Kate Stevens, Leanne Diese, Denise Ye, pela agradável convivência no laboratório.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do projeto, bolsa regular no país e bolsa de pesquisa no exterior.

Ao professor Alexandre Vaz Pires por canular os animais do experimento de metabolismo e prontamente oferecer seu laboratório para análise de ácidos graxos de cadeia curta.

Ao Renato Nogueira pelas valiosas ideias na colheita de dados e análises.

Aos ex-CPZistas Neila e Magnata, e a Louise Helen de Oliveira pela ajuda no parto distócico na véspera de Natal.

Ao Diogo Fleury Costa, Murilo Garrett Moura Ferreira dos Santos e Jonas De Souza pela “grande força” e disposição no descarregamento dos 10500 kg de sal mineral e 4000 kg de farelo de soja (experimento + fazenda).

À Adisseo, em especial ao senhor Márcio Ceccantini, pela atenção, pronto atendimento e análise dos aminoácidos a um preço simbólico.

À Phibro, em especial ao Pedro Terencio pela viabilização e fornecimento dos probes.

À Carolina Tobias Marino pelo treinamento para utilização dos probes.

À Nutricorp pela doação dos sais de cálcio de óleo de palma para realização desse estudo.

À Nutron - Cargill pela doação do farelo de soja by pass e sal mineral para realização dos experimentos.

Enfim, a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho com os quais tive a oportunidade de conviver e aprender.

Muito obrigado!

*“Somos o que fazemos, mas somos principalmente,
o que fazemos para mudar o que somos”.*

Eduardo Galeano

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
Referências.....	24
2 FONTES DE GORDURA E PROCESSAMENTO DO MILHO SOBRE A CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DO CAPIM ELEFANTE E DE CONCENTRADOS <i>IN VITRO</i>	29
Resumo	29
Abstract.....	30
2.1 Introdução.....	31
2.2 Material e métodos	32
2.3 Resultados e discussão	39
2.4 Conclusão.....	49
Referências.....	50
3 PROCESSAMENTO DO MILHO ASSOCIADO A SUPLEMENTAÇÃO COM SAIS DE CÁLCIO DE ÓLEO DE PALMA SOBRE O DESEMPENHO DE VACAS EM LACTAÇÃO	53
Resumo	53
Abstract.....	54
3.1 Introdução.....	55
3.2 Material e Métodos	56
3.3 Resultados e discussão	69
3.4 Conclusão.....	105
Referências.....	106
4 PROCESSAMENTO DO MILHO ASSOCIADO A SUPLEMENTAÇÃO DE GORDURA SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, PARÂMETROS RUMINAIS E SANGUÍNEOS DE VACAS MANTIDAS EM PASTO	115
Resumo	115
Abstract.....	116
4.1 Introdução.....	117
4.2 Material e Métodos	118
4.3 Resultados e Discussão	125
4.4 Conclusão.....	136
Referências.....	137
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	141

RESUMO

Processamento do milho *flint* associado à suplementação de gordura sobre o desempenho e metabolismo de vacas em pastagem tropical

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos associativos entre o processamento do milho *flint* e a suplementação de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) para vacas no início de lactação mantidas em pastagem sobre desempenho, metabolismo, variáveis ruminais e a cinética de fermentação. No Capítulo 2, o objetivo desse estudo foi determinar a cinética de degradação do capim elefante, e de concentrados com diferentes fontes de gordura e métodos de processamento de grãos. O concentrado contendo sais de cálcio de óleo de soja-SCOS reduziu o volume de carboidratos fibrosos em comparação ao concentrado controle e ao concentrado contendo sais de cálcio de óleo de palma-SCOP. O fornecimento de milho floculado permitiu aumentar o volume final de CNF, a taxa de degradação dos CNF, a taxa de degradação dos CF e reduzir o *lagtime* em comparação ao milho moído. No capítulo 3, o objetivo foi avaliar os efeitos associativos entre o processamento do milho *flint* e a suplementação de SCOP para vacas no início da lactação mantidas em pastagem tropical. Quarenta vacas receberam os seguintes tratamentos: a) milho moído sem adição de SCOP; b) milho moído com adição de 400 g de SCOP; c) milho floculado sem adição de SCOP; e d) milho floculado com adição de 400 g. Posteriormente ao período de fornecimento dos tratamentos (90 dias), o efeito residual desses foi avaliado até o 280° DEL. Não houve interação entre o processamento do milho e o fornecimento de SCOP para nenhuma das variáveis avaliadas. O milho floculado e o fornecimento de SCOP aumentaram em 7,7% e 16% a produção de leite, respectivamente. A utilização de milho floculado aumentou o teor de proteína do leite em 8,3% e o de caseína em 7,3% e reduziu o N ureico do leite em 25,8%. A suplementação de SCOP reduziu os ácidos graxos (AG) de cadeia curta, aumentou os AG saturados e não influenciou os AG poli-insaturados. O consumo de energia líquida foi aumentado em 6% e 4,3% quando do fornecimento de SCOP e milho floculado, respectivamente. A eficiência de uso do N foi maior para os tratamentos com milho floculado e permitiu maior aporte de AA para a glândula mamária. O fornecimento de SCOP e milho floculado permitiram um aumento de 12,7 e 4,6% na produção de leite total na lactação. No capítulo 4, os mesmos tratamentos do capítulo 3 foram aplicados para obter-se os parâmetros ruminais e metabólicos. Foram utilizadas 4 vacas canuladas no rúmen em delineamento de quadrado latino 4x4. As concentrações de acetato, propionato, butírico, isobutírico, isovalérico e a concentração total foram maiores quando do fornecimento de milho floculado em comparação ao milho moído. Além disso, a suplementação com milho floculado reduziu a relação acetato/propionato e a concentração ruminal de N-NH₃. Não houve efeito do processamento e da suplementação com SCOP sobre pH médio, pH mínimo e máximo. No entanto, o tempo em que o pH esteve abaixo de 6,0 e abaixo de 6,2 foi maior para o milho floculado em comparação ao milho moído.

Palavras-chave: Desempenho animal; Processamento do milho; Sais de cálcio de óleo de palma

ABSTRACT

Corn grain processing associated with fat supplementation on performance and metabolism of dairy cows grazing a tropical pasture

The aim of this study was to evaluate the associative effect between flint corn processing and supplementation with calcium salts of palm oil (CSPO) in early lactation grazing cows on performance, metabolism, ruminal variables and fermentation kinetics. In Chapter 2, the aim was to determine the degradation kinetics of elephant grass and concentrates with different fat sources and methods of grain processing. The concentrate containing calcium salts of soybean oil reduced the volume of fibrous carbohydrates compared to the control and the concentrate containing calcium salts of palm oil - CSPO. Steam-flaked corn increased the final volume of NFC, the degradation rate of NFC, the rate of degradation of fibrous carbohydrates and reduced lagtime compared to ground corn. In chapter 3, the associative effect between flint corn processing and CSPO supplementation was evaluated to dairy cows in early lactation grazing on tropical pasture. Forty cows received the following treatments: a) ground corn without CSPO; b) ground corn with CSPO; c) flaked corn with no CSPO; and d) flaked corn with CSPO. After the period treatments period (90 days), the residual effect of these has been reported until 280 DIM. There was no interaction between corn processing CSPO for the variables evaluated. Flaked corn and fat supplementation increased mil yield by 7.7% and 16%, respectively. Flaked corn increased milk protein content in 8.3% and casein in 7.3% and reduced milk urea N by 25.8%. The CSPO reduced short-chain fatty acids (FA) and increased saturated FA and did not influence polyunsaturated FA. The net energy intake was increased by 6% and 4.3% when CSPO and flaked corn were fed, respectively. The efficiency of N utilization was higher for treatments with flaked corn and allowed a greater supply of AA to the mammary gland. Feeding CSPO and flaked corn allowed an increase of 12.7 and 4.6 % in total milk yield during lactation. In chapter 4, the same treatments from chapter 3 were applied to obtain ruminal and metabolic parameters. Four cannulated cows were used in a 4 × 4 Latin square design. Concentrations of acetate, propionate, butyric acid, isobutyric, isovaleric and the total VFA concentration were higher for steam flaked corn compared with ground corn. Furthermore, feeding steam-flaked corn reduced the acetate/propionate ratio and ruminal NH₃-N concentration. There was no effect corn processing and supplementation with CSPO on average pH, minimum and maximum pH. However, the time that the pH was below 6.0 and below 6.2 was higher for steam flaked corn compared with ground corn.

Keywords: Animal performance; Grain processing; Calcium salts of palm oil

1 INTRODUÇÃO

As pastagens tropicais são o principal recurso alimentar para a produção de leite brasileira e quando bem manejadas permitem alta produção por área com custos menos expressivos (SANTOS et al., 2011). Os sistemas de produção a pasto possuem menor custo com alimentação (CLARK; KANNEGANTI, 1998; PEYRAUD; DELABY, 2001), instalações, equipamentos e insumos, além de os animais apresentarem menor incidência de doenças metabólicas (GEHMAN et al., 2006), quando comparados com sistemas confinados. Sistemas eficientes de produção a pasto são comumente caracterizados pela alta produção de leite por área, enquanto que os sistemas confinados são avaliados principalmente pela produção por animal (CLARK; KANNEGANTI, 1998).

Entretanto, as pastagens tropicais não são capazes de atender as exigências nutricionais de animais com produção de leite superior a 15 kg dia^{-1} (COWAN, 1996), sendo necessário o fornecimento de suplementos concentrados para aumentar tanto a produção de leite por área quanto por animal (SEMMELMANN et al., 2008). Os suplementos concentrado são fornecidos aos animais em pastejo para corrigir deficiências específicas de nutrientes de ordem quantitativa e/ou qualitativa (SANTOS; JUCHEM, 2001). Conforme revisão de Bargo et al. (2003), distintas quantidades e composições de concentrado têm sido avaliadas nos sistemas de produção de leite a pasto (pastagens temperadas), variando de 1 a 11 kg dia^{-1} de concentrado, resultando em produções de 8,3 a $30,6 \text{ kg de leite vaca dia}^{-1}$.

A limitação do fornecimento de nutrientes das pastagens tropicais é agravada quando da presença de animais no início de lactação. Nesse período os animais demandam quantidade maior de nutrientes, especialmente energia, da qual eles conseguem ingerir. Além disso, fatores relacionados à pastagem, como teor de FDN, estrutura da pastagem e fragilidade de partículas limitam ainda mais o consumo do pasto (POPPI; HUGHES; L'HUILLIER, 1987; ALLEN, 2000; SANTOS et al., 2014). Trabalhos recentes desenvolvidos no departamento de Zootecnia da ESALQ mostram que pastagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, cv. Cameroon) manejadas seguindo o princípio de interceptação luminosa (VOLTOLINI et al., 2010) e adubadas com 200 a $500 \text{ kg de N ano}^{-1}$ permitem ao animal consumir forragem com teores de proteína bruta entre 15 e 21% (CARARETO, 2007; MARTINEZ, 2008;

DANÉS et al., 2013). Portanto, nessas condições não há limitação de produção por proteína e a energia é o principal limitante de desempenho animal.

Comumente as formulações dos concentrados utilizados no Brasil para animais mantidos em pastagens possuem como principal fonte de energia grãos de cereais, principalmente milho moído. O milho é classificado como cariopse, ou seja, uma semente na qual o pericarpo de adere fortemente à verdadeira semente em toda sua extensão. A semente do milho é constituída basicamente por três estruturas, pericarpo, gérmen e endosperma, que tipicamente representam 6-8, 10-12 e 70-80% da matéria seca da semente, respectivamente. O milho amarelo que é cultivado principalmente no Brasil, Estados Unidos e China contém cerca de 8-10% de proteína, 3,5-4,5% de óleo, 1,5-2,0% de cinzas, 1,5-2,1% de fibra bruta, 1,4-2,0% de açúcares solúveis, 10-15% de água e 65-70% de amido (ROONEY; McDONOUGH; WANISKA; 2004).

A superfície externa do milho é constituída por pericarpo espesso e com várias camadas que possui a função de proteger a semente e não permite a entrada de água. O pericarpo é constituído basicamente por fibra, cinzas, óleo e pequenos traços de proteína e amido. O gérmen apresenta alta quantidade de óleo, proteína, açúcares, vitaminas e minerais. O endosperma contém quase a totalidade do amido da semente e 70% ou mais da proteína, além de pequena quantidade de gordura na forma de fosfolípidios e cinzas (ROONEY; McDONOUGH; WANISKA; 2004). As proteínas presentes no endosperma são classificadas em quatro grupos: albuminas, globulinas, prolaminas (zeínas) e gluteínas. No caso do milho e também do sorgo há presença de prolaminas que são proteínas de baixa solubilidade e envolvem os grânulos de amido formando uma matriz proteica que limita a digestão do amido.

Diferenças na matriz amido-proteína podem ser claramente observadas em grãos de milho dissecados e são classificadas por meio de descrição visual. Matrizes amido-proteína com coloração branca são classificadas como endosperma farináceo, e matrizes com coloração amarelada, brilhante e transparente são denominadas de endosperma vítreo (KEMPTEN, 1921). O termo vitreosidade atualmente é importante porque vem sendo utilizado pelos cientistas da área de nutrição de ruminantes para determinar de forma semiquantitativa os tipos de endosperma do milho, sendo definida como a proporção do endosperma vítreo com relação ao endosperma total. Na parte vítrea do endosperma, os grânulos de amido estão densamente compactados no interior da matriz proteica, já no endosperma

farináceo os grânulos de amido estão frouxamente associados à matriz proteica (McALLISTER; RIBEIRO JÚNIOR, 2012). O milho *flint* produzido na América do Sul apresenta grande quantidade de endosperma vítreo quando comparado ao milho dentado produzido na América do Norte.

O amido é um polissacarídeo com função de reserva de energia nos vegetais encontrado no endosperma do milho. O amido contém dois tipos de polímeros de glicose, amilose e amilopectina. A amilose consiste de cadeias longas, não ramificadas, de resíduos de D-glicose conectadas por ligações α -1,4. A amilopectina ao contrário da amilose é altamente ramificada. As ligações glicosídicas que unem os resíduos de glicose sucessivos nas cadeias de amilopectina são α -1,4 e nos pontos de ramificação são α -1,6. Os pontos de ramificação ocorrem a cada 24 a 30 resíduos de glicose (NELSON; COX, 2011). As moléculas de amilose e amilopectina ligadas por pontes de hidrogênio, resultando em grânulos de amido com estrutura organizada. Os grânulos de amido são formados pela deposição de anéis de crescimento que consistem de camadas alternadas de regiões amorfas e cristalinas. As regiões cristalinas são compostas principalmente de amilopectina, enquanto que as regiões amorfas são compostas em maior parte por amilose (NOCEK; TAMMINGA, 1991; McALLISTER et al., 2006).

A digestão do amido é fundamental para que os microrganismos ruminais e os ruminantes consigam utiliza-lo como fonte de energia. A digestibilidade do amido pode ser limitada por vários fatores como o teor de amilopectina e amilose, camada externa do grão, presença de matriz proteica, método de processamento do grão, entre outros (OWENS; ZINN; KIM, 1986; HUNTINGTON, 1997).

A primeira barreira é o pericarpo que protege o gérmen e o endosperma do ataque dos microrganismos ruminais. As altas concentrações de lignina, que são depositadas durante o espessamento secundário do pericarpo, e ésteres de cera que estão presentes na superfície externa do grão também limitam a ação microbiana (McALLISTER; RIBEIRO JÚNIOR, 2012). Conforme Van Barneveld (1999), o pericarpo é constituído por cerca de 90% de fibras e possui uma digestão máxima de 40%. A parede celular do endosperma é em sua maior parte desprovida de lignina e devido à elevada atividade das arabinoxilanas e β -glucanas é improvável que seja uma barreira significativa a digestão do amido (McALLISTER et al., 2006).

A matriz proteica que envolve os grânulos de amido tem um impacto maior na taxa e extensão da digestão do amido do que as propriedades do amido em si (McALLISTER; CHENG, 1996). De acordo com estes mesmos autores o tipo de proteína que constitui a matriz proteica também influencia a susceptibilidade do amido à ação das enzimas digestivas, sendo as prolaminas menos digestíveis que as gluteínas. Quanto maior a vitreosidade do grão de milho menor a degradabilidade ruminal do amido (PHILIPPEAU; MICHALET-DOUREAU, 1998; CORREA et al. 2002). Correa et al. (2002) compararam híbridos de milho brasileiro com híbridos cultivados nos Estados Unidos e observaram que a vitreosidade média nos híbridos brasileiros é de 73,1%, variando entre 64,2 a 80% do endosperma. Enquanto que a vitreosidade média dos híbridos norte-americanos foi de 48,2%, variando de 34,9 a 62,3% do endosperma. O híbrido brasileiro menos vítreo teve maior vitreosidade que o mais vítreo dos Estados Unidos.

Comparado com bovinos de corte, vacas leiteiras possuem consideravelmente menor digestão do amido no rúmen, e no trato total. Isso indica que o sítio de digestão é diferente de acordo com essas categorias animais, visto que quase o dobro do amido (37 vs. 20% do amido ingerido) desaparece pós-ruminalmente em vacas comparado com bovinos de corte. Uma maior taxa de diluição de sólidos, redução do tempo de retenção associado aos maiores consumo e FDN dietético podem explicar as razões pelo qual a digestão de amido no rúmen é menor em vacas (OWENS; SODERLUND, 2006).

O processamento de grãos para a alimentação animal vem sendo praticado a um longo tempo com o objetivo de melhorar o aproveitamento dos nutrientes (ORSKOV, 1986). Conforme classificação de Hale (1973), os métodos de processamento podem ser secos ou úmidos. Assim, quebrar, moer, tostar e peletizar são exemplos de processamentos a seco, enquanto que ensilar os grãos com alta umidade, flocular, explodir e cozer sob pressão são exemplos de processamentos úmidos.

A floculação do milho consiste na exposição dos grãos ao vapor por 30 a 60 minutos para que esses absorvam água até atingir 18 a 20% de umidade. Em seguida os grãos passam entre rolos pré-aquecidos e ajustados resultando ao final no milho floculado (ZINN; OWENS; WARE, 2002). Os rolos são ajustados para se obter a densidade ideal, que segundo Theurer et al. (1999) é de 360 g L⁻¹ para bovinos leiteiros.

A flocculação altera o valor energético do milho por inúmeras razões, entre elas: a) aumenta a digestibilidade do amido, por meio da redução das barreiras como pericarpo e matriz proteica possibilitando maior acessibilidade aos microrganismos ruminais, além de aumentar a área superficial das partículas; e b) altera o sítio de digestão do amido; o amido que chega ao intestino é mais digestível reduzindo perdas com o processo de fermentação que ocorre no rúmen e intestino delgado (OWENS; BASALAN, 2012).

Apesar das vantagens do fornecimento de grãos processados para vacas em lactação, suplementos com elevada quantidade de carboidratos fermentáveis, podem desencadear distúrbios metabólicos como acidose, afetar negativamente a digestão da fibra e o consumo de forragens (NRC, 2001).

Outra forma de aumentar a densidade energética da dieta é a adição de lipídeos no concentrado, em substituição parcial às fontes ricas em carboidratos fermentáveis. Inúmeros estudos têm sido desenvolvidos para avaliar o uso de lipídeos na dieta de vacas em lactação (HARVATINE; ALLEN, 2006; NEVEU; BAURHOO; MUSTAFA, 2014). A maioria dos estudos foi realizada com animais confinados recebendo dieta total ou animais mantidos em pastagens temperadas. Rabiee et al. (2012) revisaram 38 artigos sobre os efeitos da adição de gordura na dieta de vacas em lactação sobre a produção e composição do leite. Os tratamentos dos trabalhos avaliados foram agrupados em cinco grupos: sebo, sais de cálcio de óleo de palma (SCOP), sementes de oleaginosas, *prilled fat*, e outros tipos de sais de cálcio. A produção de leite aumentou 1,05 kg vaca dia⁻¹ quando da suplementação de gordura. A percentagem e a produção de gordura do leite foram heterogêneas entre as fontes de gordura. Sebo, sementes de oleaginosas e os outros sais de cálcio reduziram o teor de gordura do leite, mas em contrapartida os SCOP aumentaram. Além disso, o fornecimento de SCOP e oleaginosas aumentaram a produção de gordura do leite. A adição de gordura na dieta reduziu o teor de proteína do leite, mas nenhum dos grupos promoveu redução na produção de proteína do leite.

Bargo et al. (2003) revisaram oito trabalhos que suplementaram gordura para vacas mantidas em pastagens temperadas e observaram aumento de 1,43 kg vaca dia⁻¹ (6%) na produção de leite, 0,063 kg dia⁻¹ na produção de gordura e 0,035 kg dia⁻¹ na produção de proteína do leite. Schroeder et al. (2004) também revisaram 18 trabalhos com o objetivo de avaliar os efeitos na suplementação de gordura sobre a

produção e composição do leite em pastagens temperadas, e constataram aumento de 0,97 e 1,05 kg vaca dia⁻¹ para a produção de leite e a produção de leite corrigida para 4% de gordura, respectivamente. O fornecimento de gordura saturada aumentou em 5,1% e o fornecimento de gordura insaturada reduziu em 8% o teor de gordura do leite quando comparados ao grupo controle. A suplementação com gordura promoveu redução na concentração de proteína no leite; a magnitude de redução do teor de proteína do leite é maior para gordura insaturado do que saturada. Os mecanismos fisiológicos relacionados com a redução do teor de proteína do leite ainda não são completamente compreendidos (SCHROEDER et al., 2004). Além disso, vários trabalhos mostram maior produção de leite ao longo da lactação quando os animais foram suplementados com gordura no início da lactação (CHALUPA; FERGUNSON, 1990; HOFFMAN et al. 1991; SCHINGOETHE; CASPER, 1991; VILELA et al., 2002; SOUZA, 2014).

Apesar dos benefícios da suplementação de gordura relatados, a adição de lipídeos na dieta acima de 6% da MS da dieta pode afetar negativamente a fermentação ruminal (PALMQUIST, MATTOS, 2006). Jenkins (1993) destaca que quando fontes ricas em ácidos graxos poli-insaturados são adicionadas à dieta, a degradação de carboidratos fibrosos pode ser reduzida drasticamente, mesmo que a dieta contenha menos de 6% de gordura. Conseqüentemente, há redução na produção de ácidos graxos de cadeia curta, especialmente acetato, tendo como único aspecto positivo a diminuição na produção de metano (JENKINS et al., 2008).

Como os ácidos graxos insaturados são tóxicos aos microrganismos ruminais (JENKINS, 1993), esses realizam processo de conversão dos ácidos graxos insaturados em saturados, denominado de bio-hidrogenação. Alta concentração de ácidos graxos insaturados livres no rúmen pode resultar em um processo incompleto de bio-hidrogenação e conseqüente maior produção de ácidos graxos intermediários. Outro fator que influencia a interrupção desse processo e formação de ácidos intermediários é a redução do pH ruminal. Os ácidos graxos *trans*-, intermediários da bio-hidrogenação, que são absorvidos pelo trato gastrointestinal têm sido apontados como inibidores da síntese de ácidos graxos na glândula mamária, reduzindo a gordura do leite (BAUMGARD et al., 2002). Com o objetivo de minimizar os efeitos deletérios dos ácidos graxos no ambiente ruminal várias formas de proteção foram desenvolvidas, dentre essas os sais de cálcio. Os sais de cálcio produzidos a partir da hidrólise de óleos vegetais (palma, soja, etc.) e posterior

combinação com cálcio resultando em sais com maior ponto de fusão (LOFTEN; CORNELIUS, 2004).

A associação de sorgo floculado e a suplementação com gordura foi avaliada por Simas et al. (1997). Esses autores testaram dois métodos de processamento do sorgo, laminado a seco e floculado, e três fontes de gordura, óleo de algodão, sebo e *prilled fat*. Nesse trabalho não houve interação entre o processamento do sorgo e o fornecimento de gordura. A floculação do sorgo não afetou a produção de leite e teor de gordura, porém aumentou o teor de proteína do leite, ganho de peso dos animais e consumo de energia líquida. Entre as gorduras, o pior desempenho foi obtido com o fornecimento de *prilled fat* que reduziu o consumo e a digestibilidade. O fornecimento das três opções de gordura não influenciaram as variáveis produtivas. Subsequentemente, Simas et al. (1998) avaliaram a laminação a seco e a floculação do sorgo associado ao fornecimento de *prilled fat* (0 ou 2,5% da dieta). A produção de leite aumentou 2 kg dia⁻¹ com o fornecimento de sorgo floculado e 2,4 kg dia⁻¹ com o fornecimento de *prilled fat*. O teor de proteína do leite aumentou com o fornecimento de sorgo floculado. A adição de *prilled fat* aumentou e o fornecimento de sorgo floculado tendeu a aumentar a eficiência de produção. Além disso, os autores supracitados destacaram o possível efeito aditivo entre a floculação do sorgo e a suplementação com gordura.

Diante do exposto, não é de nosso conhecimento nenhum trabalho que avaliou o efeito do processamento do milho *flint* associado à suplementação com gordura para vacas no início da lactação mantidas em pastagem tropical. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos associativos entre o processamento do milho *flint* e a suplementação de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) para vacas no início de lactação mantidas em pastagem sobre o desempenho, composição do leite, perfil de ácidos graxos, consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, eficiência do uso do N, eficiência energética, utilização de aminoácidos pela glândula mamária, variáveis ruminais e a cinética de fermentação.

Referências

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000.

BARGO, J.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n.1, p.1-42, 2003.

BAUMGARD, L.H.; MATITASHVIL, E.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; BAUMAN, D.E. *Trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.2155-2163, 2002.

CARARETO, R. **Uso de ureia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis de desfolhas**. 2007. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CHALUPA, W.; FERGUSON, J.D. Immediate and residual responses of lactating cows on commercial dairies to calcium salts of long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.73, p.13-19, 1990.

CORREA, C.E.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85, p.3008-3012, 2002.

COWAN, R.T. Milk production from grazing systems in the Northern Australia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa, CNPGL, 1996. p.41-49.

DANES, M.A.C.; CHAGAS, L.J.; PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P. Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.96, p.407-419, 2013.

GEHMAN, A.M.; BERTRAND, J.A.; JENKINS, T.C. PALMQUIST, D. The effect of carbohydrate source on nitrogen capture in dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.2659-2667, 2006.

HALE, W.H. Influence of processing of the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v.37, n.4, p.1075-1083, 1973.

HARMON, D. Understanding Starch Utilization in the Small Intestine of Cattle. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Pequim, v. 22, p.915-922, 2009.

HARMON, D.L. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. **Journal of Nutrition**, Oxford, v.122, p.203-210, 1992.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.1081-1091, 2006.

HOFFMAN, P.C.; GRUMMER, R.R.; SHAVER, R.D.; DRENDEL, T.R.; BRODERICK, G.A. Effects of supplemental fat and resistant protein in alfalfa silage diets fed to early lactation dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.73, p.234, 1991.

HOONEY, L.W.; MCDONOUGH, C.M.; WANISKA, R.D. The corn kernel. In: CORN: ORIGIN, HISTORY, TECHNOLOGY, AND PRODUCTION. Wayne Smith C.; Betran, J.; Runge, E.C.A. Hoboken: John Wiley and Sons, 2004. 273-30p.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.852-867, 1997.

HUNTINGTON, G.B.; HARMON, D.L.; RICHARDS, C.J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.84, p.14-24, 2006.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.

JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, p.397-412, 2008.

KEMPTEN J.H. Waxy endosperm in coix and sorghum. **Journal of Heredity**, Oxford, v.12, p.396-400, 1921.

LOFTEN, J.R.; CORNELIUS, S.G. Responses of supplementary dry, rumen-inert fat sources in lactating dairy cow diets. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v.20, p.461-469, 2004.

MARTINEZ, J.C. **Avaliação de co-produtos na alimentação de vacas leiteiras mantidas em pastagens tropicais durante a estação chuvosa e alimentadas no cocho durante a estação seca do ano**. 2008. 351 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

McALLISTER, T.A.; CHENG, K.J. Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.62, p.29-36, 1996.

McALLISTER, T.A.; GIBB, D.J.; BEAUCHEMIN, K.A.; WANG, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Anais...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006, p. 30-41.

McALLISTER, T.A.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O. Novos métodos para aumentar a digestão do amido nos ruminantes. In: 7th SYMPOSIUM ON BEEF CATTLE, 2012, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001. 408 p.

NELSON, D. L.; COX, M. **Lehninger: princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

NEVEU, C.; BAURHOO, B.; MUSTAFA, A. Effect of feeding extruded flaxseed with different grains on the performance of dairy cows and milk fatty acid profile. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.1, p.1-9, 2014.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.3598-3629, 1991.

ORSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Albany, v.63, p.1624-1633, 1986.

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Efeito dos métodos de processamento de grãos em ganho e eficiência. In: SYMPOSIUM ON BEEF CATTLE, 7., 2012, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012.

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Anais...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006, p. 116-128.

OWENS, F.N.; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1634-1648, 1986.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In.: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.287-310.

PEYRAUD, J.L.; DELABY, L. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. In: GARNSWORTHY, P.C.; WISEMAN, J. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 203 - 220.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.81, p.2178-2184, 1998.

POPPI, D.P., HUGHES, T.P., L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A.M. (Ed.). **Livestock feeding on pasture**. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, 1987. p.55-64

RABIEE, A.R.; BREINHILD, K.; SCOTT, W.; GOLDBERGER, H.M.; BLOCK, E.; LEAN, I.J. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.95, p.3225-3247, 2012

RUSSELL, J.R.; YOUNG, A.W.; JORGENSEN, N.A. Effect of dietary corn starch intake of pancreatic amylase and intestinal maltase and pH in cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.52, p.1165-1177, 1981.

SANTOS, F.A.P.; DANÉS, 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.

SANTOS, F.A.P.; DÓREA, J.R.R.; SOUZA, J.; BATISTEL, F.; COSTA, D.F. Forage management and methods to improve nutrient intake in grazing cattle. In: 25th ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 2014, Gainesville. **Anais...**Gainesville: UF, 2014. p. 142-164.

SANTOS, F.A.P.; JUCHEM, S.O. Sistemas de produção de leite a base de forrageiras tropicais. In: SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE, 2001, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2001. p. 22-36.

SCHINGOETHE, D.; CASPER, D.P. Total lactational response to added fat during early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, p.2617-2622, 1991.

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

SEMMELMANN, C.E.N.; PRATES, E.R.; GOMES, I.P.O.; BARCELOS, J.O.J. Suplementação energética ou energético-proteica para vacas leiteiras em pastagem

de quicuí no planalto Sul de Santa Catarina. **Acta Scientia Veterinariae**, Maringá, v.36, p.127-131, 2008.

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B.; CHEN, K.H.; SANTOS, F.A.P.; WU, Z. Influence of sorghum grain processing on performance and nutrient digestibilities in dairy cows fed varying concentrations of fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.1966-1971, 1998.

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B.; CHEN, K.H.; SANTOS, F.A.P.; WU, Z. Influence of fat source and sorghum grain treatment on performance and digestibilities of high yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, p.12907-2912, 1997.

SOUZA, J. **Fontes de gordura alteram o desempenho e o metabolismo de vacas mantidas em pastagens tropicais**. 2014. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, p.1950-1959, 1999.

VAN BARNEVELD, S. L. Chemical and physical characteristics of grains related to variability in energy and amino acid availability in ruminant: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.50, p.651-666, 1999.

VILELA, D.; ALVIM, M.J.; De MATOS, L.L.; MATIOLI, J.B. Utilização de gordura protegida durante o terço inicial da lactação de vacas leiteiras em pastagem de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.1503-1509, 2002.

VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; CLARINDO, R.L.; PENATI, M.A.; IMAIZUMI, H. Características produtivas e qualitativas do capim elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.1002-1010, 2010.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.80, p. 1145-1156, 2002.

2 FONTES DE GORDURA E PROCESSAMENTO DO MILHO SOBRE A CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DO CAPIM ELEFANTE E DE CONCENTRADOS *IN VITRO*

Resumo

O objetivo desse estudo foi determinar a cinética de degradação do capim elefante, e de concentrados com diferentes fontes de gordura e métodos de processamento de grãos. A cinética de fermentação ruminal *in vitro* foi avaliada por meio da técnica semiautomática de produção cumulativa de gases. No experimento I, foi avaliada a adição de fontes de gordura sobre a cinética de degradação dos carboidratos. Os tratamentos foram: 1) Capim elefante; 2) Concentrado controle; 3) Concentrado com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS); 4) Concentrado com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP); 5) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado controle; 6) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com SCOS; 7) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com SCOP. O volume final de gás da degradação dos carboidratos não fibrosos e fibrosos foi maior para os concentrados em comparação ao capim elefante. A adição de ambas as fontes de gordura reduziu o volume de gás de carboidratos não fibrosos. No entanto, o concentrado contendo SCOS reduziu o volume de gás de carboidratos fibrosos em comparação ao concentrado controle e ao concentrado contendo SCOP. Não houve diferença entre o concentrado controle e o com SCOP quanto ao *lagtime*, porém ambos tiveram menor *lagtime* comparado ao concentrado com SCOS. O volume final de gás da degradação dos carboidratos não fibrosos e a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos das dietas não foram afetados pelos diferentes tratamentos. O volume final de gás dos carboidratos fibrosos foi reduzido de forma mais pronunciada pelo SCOS. A taxa de degradação dos carboidratos fibrosos também foi reduzida com a suplementação com SCOS em comparação ao SCOP e com o controle. Como consequência o *lagtime* aumentou com a suplementação de SCOS em comparação ao SCOP e com o controle. No experimento II, o objetivo foi avaliar métodos de processamento do milho associado à suplementação de SCOP sobre a cinética de fermentação. Os tratamentos testados foram: 1) Concentrado com milho moído sem SCOP; 2) Concentrado com milho moído e SCOP; 3) Concentrado com milho floculado sem SCOP; 4) Concentrado com milho floculado e SCOP; 5) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho moído sem SCOP; 6) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho moído e SCOP; 7) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho floculado sem SCOP; e 8) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho floculado e SCOP. Com relação aos concentrados, o fornecimento de milho floculado permitiu aumentar o volume final de gás dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos fibrosos e reduziu o *lagtime* em comparação ao milho moído. A suplementação de SCOP reduziu o volume final de gás dos carboidratos não fibrosos. Com relação às dietas, a adição de milho floculado aumentou o volume final de gás da degradação dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos e reduziu o *lagtime* em comparação ao milho moído. No entanto, o milho floculado reduziu o volume final de gás da degradação dos carboidratos fibrosos.

Palavras-chave: fermentação *in vitro*; Gordura; Processamento do milho

Abstract

The aim of this study was to determine the degradation kinetics of elephant grass and concentrates with different fat sources and methods of grain processing. The kinetics of ruminal fermentation *in vitro* was evaluated through semi-automatic cumulative gas production technique. In the experiment I, the addition of fat sources on the degradation of carbohydrates was evaluated. The treatments were: 1) elephant grass; 2) concentrate control; 3) concentrate with calcium salts of soybean oil (CSSO); 4) concentrate with calcium salts of palm oil (CSPO); 5) diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate control; 6) diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate with CSSO; 7) diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate with CSPO. The final volume of the degradation of fibrous and non-fibrous carbohydrates was higher for concentrate compared with elephant grass. The addition of both sources of fat reduced the volume of non-fibrous carbohydrates. However, the concentrate containing CSSO reduced the volume of fibrous carbohydrates compared with control and CSPO. There was no difference between the control and CSPO on the *lagtime*, but both had lower *lagtime* compared to CSSO. The final volume of non-fiber carbohydrate and the degradation rate of non-fiber carbohydrates of the diets were not affected by treatments. The final volume of fibrous carbohydrates was reduced more markedly by CSSO. The fiber rate of degradation was also reduced by supplementation with CSSO compared to CSPO and control. As a consequence the *lagtime* increased by supplementation with CSSO compared to CSPO and control. In the experiment II, the aim was to evaluate corn processing methods associated with supplementation of CSPO on the fermentation kinetics. The treatments were: 1) concentrate with ground corn without CSPO; 2) concentrate with ground corn and CSPO; 3) concentrate with flaked corn without CSPO; 4) and concentrate with flaked corn and CSPO; 5) Diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate with ground corn and without CSPO; 6) Diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate with ground corn and CSPO; 7) Diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate with flaked corn without CSPO; and 8) Diet with 50% of elephant grass and 50% of concentrate with flaked corn and CSPO. In the concentrates fermentation, flaked corn increased the final volume of non-fibrous carbohydrates, the rate of degradation of non-fibrous carbohydrates, and the rate of degradation of the fiber and reduced *lagtime* compared to ground corn. Feeding CSPO reduced the final volume of non-fibrous carbohydrates. In the diets, flaked corn increased the final volume of non-fibrous carbohydrates, the rate of degradation of non-fibrous carbohydrates, and the rate of degradation of the fiber and reduced *lagtime* compared to ground corn. However, the flaked corn reduced degradation of the final volume of the fibrous carbohydrates.

Keywords: Corn processing; Fat; *In vitro* fermentation

2.1 Introdução

A determinação do valor nutritivo dos alimentos é uma busca constante para aprimorar a nutrição de ruminantes. Os ensaios *in vivo* envolvendo a produção animal e a digestibilidade são os métodos mais precisos para determinar o valor nutricional dos alimentos. Entretanto, o custo financeiro para que os mesmos possam ser realizados é alto, pois requerem o uso de animais, alimentos, mão de obra e tempo. Com o intuito de reduzir estes problemas as metodologias *in situ* e *in vitro* de avaliação de alimentos foram desenvolvidas para determinar o valor nutricional destes. Entretanto, a técnica *in situ* vem sendo criticada devido ao alto custo para manutenção de animais. Desta forma as metodologias *in vitro* para avaliação dos alimentos se constituem como boa opção para determinar o valor nutricional dos alimentos, pois apresentam altas correlações com o consumo e a digestibilidade *in vivo* (ORSKOV, 2002).

Dentre os sistemas *in vitro*, Pell e Schofield (1993) desenvolveram um sistema automático para medição da produção de gases capaz de descrever a cinética de fermentação ruminal. A medição do total de gases acumulado em função do tempo de fermentação permitia descrever a cinética de fermentação do substrato. A técnica sofreu alterações de vários pesquisadores, até que Maurício et al. (1999), aprimorou a técnica com a medição usando seringas, e essa técnica tem o potencial de descrever a cinética de fermentação ruminal, provendo a taxa e extensão da degradação, com custo baixo e execução simples para uma ampla gama de substratos (SCHOFIELD et al., 1994; MAURÍCIO et al. 2003; PEREIRA et al. 2005; CRUZ et al. 2010).

No Brasil, o capim elefante (*Pennisetum purpureum*) está entre as forrageiras mais utilizadas. Vários fatores podem afetar a cinética de fermentação de volumosos, entre eles a suplementação com carboidratos com alta taxa de fermentação, lipídios, aditivos, etc. A adição de gordura em dietas geralmente é feita com intuito de aumentar a ingestão de energia dos animais. No entanto, a adição de lipídios pode causar efeitos negativos na fermentação ruminal, especialmente quando incluído em dose acima de 7% de extrato etéreo da MS da dieta (PALMQUIST; MATTOS, 2006). Além disso, se a fonte de lipídios for rica em ácidos graxos poli-insaturados, a degradação de carboidratos fibrosos pode ser reduzida drasticamente, mesmo que a dieta contenha menos de 6% de gordura suplementar

(JENKINS, 1993). A suplementação de gordura na forma de sais de cálcio pode reduzir esse efeito negativo, mas divergências existem em função da fonte de lipídios utilizadas (SUKIJA; PALMQUIST, 1990).

A fermentação ruminal é alterada com o fornecimento de alimentos concentrados, os quais possuem carboidratos de rápida degradação (VAN SOEST, 1994). O milho utilizado no Brasil é do tipo duro (*flint*), e possui maior % de endosperma vítreo que limita a degradabilidade do amido no rúmen (CORREA et al. 2002). O processamento intenso de grãos de milho por meio da flocculação aumenta a fermentação ruminal por romper as barreiras impeditivas à digestão, aumentar a área superficial e promover a gelatinização do amido (OWENS; ZINN, 2005). No entanto, a maioria dos dados comparando a flocculação do milho com a moagem foi realizada com milho Americano, o qual é do tipo dentado, com maior participação do endosperma farináceo que é mais facilmente digerido. É de se esperar, portanto, que os benefícios da flocculação sejam maiores ao milho do brasileiro (*flint*) do que o Americano.

Assim, o objetivo desse estudo foi determinar a cinética de degradação do capim elefante, e de concentrados com diferentes fontes de gordura e métodos de processamento de grãos. Ainda, avaliar o efeito da gordura e do processamento de grãos sobre a cinética de degradação de dietas compostas por capim elefante (50%) e concentrados.

2.2 Material e métodos

Para avaliar a cinética de degradação ruminal dos carboidratos do capim elefante e de concentrados com a inclusão de diferentes fontes de gordura e processamento de grãos, dois experimentos foram realizados no laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ- USP. A cinética de fermentação ruminal *in vitro* foi avaliada por meio da técnica semiautomática de produção cumulativa de gases, segundo Mauricio et al. (1999).

2.2.1 Experimento I

No experimento I, o objetivo desse estudo foi avaliar a inclusão de fontes de gordura sobre a cinética de degradação ruminal dos carboidratos do capim elefante

cv. Cameroon, concentrados e dietas compostas por capim elefante e concentrado. Amostras do extrato pastejado de capim elefante foram colhidas de um experimento em que o manejo do capim foi baseado respeitando a interceptação luminosa proposta por Voltolini et al. (2010). As amostras da forragem foram secas em estufa de circulação de ar a 55°C por 72 h. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho tipo Willey a 1 mm. O concentrado foi formulado a base de milho, farelo de soja, gordura protegida, bicarbonato de sódio, ureia e mineral. Três concentrados foram formulados, sendo o controle sem adição de gordura e os demais com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) ou sais de cálcio de óleo de palma (SCOP). A formulação dos concentrados bem como a composição química das forragens e dos concentrados encontram-se na Tabela 1. Previamente a incubação, os concentrados foram moídos a 1 mm.

Os tratamentos testados foram: 1) Capim elefante; 2) Concentrado controle; 3) Concentrado com SCOS; 4) Concentrado com SCOP; 5) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado controle; 6) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com SCOS; 7) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com SCOP.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química da forragem e dos concentrados do experimento I

Ingredientes	Forragem	Concentrado		
		Controle	SCOS	SCOP
		% MS		
Milho		82,90	77,82	77,82
Farelo de soja		12,00	12,00	12,00
Bicarbonato de sódio		1,00	1,00	1,00
Gordura inerte		0,00	4,88	4,88
Ureia		0,10	0,30	0,30
Mineral		4,00	4,00	4,00
Total		100,00	100,00	100,00
Composição química ¹				
MS (%)	19,8	88,8	89,4	89,3
PB (%)	18,3	14,5	14,4	14,4
EE (%)	2,8	3,7	7,2	7,2
FDN (%)	54,2	9,3	8,8	8,8
FDA (%)	37,5	3,4	3,2	3,2
Lignina (%)	3,2	0,4	0,4	0,4
Cinzas (%)	11,2	6,8	7,2	7,2
ELL (Mcal kg ⁻¹)	1,47	1,92	2,05	2,05

SCOS: sais de cálcio de óleo de soja; SCOP: sais de cálcio de óleo de palma; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; ELL: energia líquida de lactação.

2.2.2 Experimento II

No experimento II, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito associativo da suplementação com sais de cálcio de óleo de palma e do processamento de grãos sobre a cinética de degradação ruminal dos carboidratos do capim elefante cv. Cameroon, concentrados e dietas compostas por capim elefante e concentrado. Amostras do extrato pastejado de capim elefante foram colhidas do experimento de desempenho apresentado no Capítulo 4. As amostras da forragem foram secas em estufa de circulação de ar a 55°C por 72h. Posteriormente as amostras foram

moídas em moinho tipo Willey a 1 mm. Para avaliar o efeito associativo da suplementação de gordura e do processamento de grãos quatro concentrados foram formulados, sendo: 1) Concentrado com milho moído sem SCOP; 2) Concentrado com milho moído e SCOP; 3) Concentrado com milho floculado sem SCOP; 4) Concentrado com milho floculado e SCOP. A formulação dos concentrados bem como a composição química das forragens e dos concentrados encontram-se na Tabela 2. Previamente a incubação, os concentrados foram moídos a 1mm.

Os tratamentos testados foram: 1) Concentrado com milho moído sem SCOP; 2) Concentrado com milho moído e SCOP; 3) Concentrado com milho floculado sem SCOP; 4) Concentrado com milho floculado e SCOP; 5) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho moído sem SCOP; 6) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho moído e SCOP; 7) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho floculado sem SCOP; e 8) Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho floculado e SCOP.

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição química da forragem e dos concentrados do experimento II.

Forragem	Concentrado				
	Milho Moído		Milho floculado		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP	
Ingredientes	% MS				
Milho moído	81,3	77,1			
Milho floculado			81,3	77,1	
Farelo de soja	9,0	9,0	9,0	9,0	
Farelo de soja <i>by pass</i>	4,0	4,0	4,0	4,0	
Bicarbonato de sódio	1,2	1,2	1,2	1,2	
SCOP	0,0	4,2	0,0	4,2	
Mineral	4,5	4,5	4,5	4,5	
Total	100	100	100	100	
Composição química ¹					
MS (%)	19,92	89,90	89,90	90,10	90,10
PB (%)	18,75	15,30	14,80	15,20	14,70
EE (%)	2,30	3,20	6,40	3,22	6,42
FDN (%)	58,24	9,75	9,30	9,80	8,93
FDA (%)	41,75	4,30	3,40	4,20	3,26
Lignina (%)	4,80	0,40	0,41	0,40	0,40
Cinzas (%)	6,58	6,99	7,86	6,90	7,48
CNF (%)	14,12	64,76	61,64	64,88	62,47

SCOP: sais de cálcio de óleo de palma; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

2.2.3 Procedimentos para incubação

Para a incubação foram utilizados frascos de vidro com capacidade para 160 mL que previamente ao experimento foram lavados com água destilada e secos. Os frascos foram saturados com dióxido de carbono e adicionados com um grama do tratamento proposto. Foram utilizados quatro frascos para cada tratamento e mais quatro frascos de brancos (frascos contendo apenas o meio de cultura e o inóculo). Para cada frasco, foram adicionados manualmente, utilizando uma proveta, 90 mL de meio de cultura.

O meio de cultura era composto por sete litros de solução tampão de carbonato de amônio e bicarbonato de sódio; sete litros de solução macromineral de fosfato de sódio, fosfato de potássio e sulfato de magnésio; 3,5 mL de solução micromineral (cloreto de cálcio, cloreto de manganês, cloreto de cobalto, cloreto ferroso); 35,2 mL de solução de rezarzurina 0,1% e meio B (cisteína, hidróxido de sódio 1M, sulfito de sódio), conforme descrito por Maurício et al., (1999). Este foi agitado constantemente e saturado com CO₂ por duas horas até atingir coloração rosada.

O líquido ruminal foi obtido de duas vacas canuladas no rúmen recebendo dieta mista composta por 70% de pasto de capim elefante e 30% de um suplemento concentrado. O líquido foi retirado manualmente e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o líquido ruminal foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão sob injeção contínua de CO₂ e mantido em banho-maria a 39°C. A inoculação foi realizada por meio da injeção de 10 mL do inóculo por frasco com auxílio de seringa plástica graduada. Para cada tratamento, quatro frascos foram utilizados (repetições), sendo dois frascos de cada inóculo. Os frascos foram vedados com rolhas de silicone (14 mm) e imediatamente após a inoculação tiveram a pressão estabilizada por meio da inserção de agulhas (25 mm x 7 mm) nas tampas dos frascos. As agulhas foram posteriormente retiradas, os frascos manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C e deu-se o início da contagem dos tempos de fermentação.

A pressão dos gases produzidos foi medida nos tempos 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 20, 24, 28, 36, 48, 72, 96 e 120 horas após a incubação, mediante o uso de um transdutor-medidor de pressão (PDL800). Do valor obtido em cada leitura foi subtraída a pressão obtida de vidros sem substrato (branco). No experimento I

conjuntamente com a medida de pressão foram tomadas as medidas de volume de gás com auxílio de uma seringa graduada. Com os dados de pressão e volume de gás, uma curva de regressão foi gerada e foi utilizada na interpolação dos dados do experimento II.

2.2.4 Cálculos e Análises estatísticas

A taxa de degradação dos carboidratos fibrosos e dos carboidratos não fibrosos, e o volume de gás produzido oriundo da degradação de cada um destes carboidratos, foram então, estimados de acordo com o modelo logístico bicompartimental proposto por Pell e Schofield (1993). O modelo utilizado encontra-se descrito abaixo, em que V é o volume total de gases (A+D) em mL; A é o volume (mL) de gás da degradação da fração de digestão rápida (frações solúveis e amido); B é a taxa de degradação da fração de digestão rápida (h); C é o tempo de colonização microbiana (*lagtime*) em horas; t é o tempo de incubação; D é o volume (mL) de gás da degradação da fração de digestão lenta (frações insolúveis) e E é a taxa de degradação da fração de digestão lenta (h). Esses parâmetros foram estimados utilizando o PROC NLIN do SAS (2002).

$$V = \{A / [1 + \text{EXP}(2 + 4 * B * (C - t))] + D / [1 + \text{EXP}(2 + 4 * E * (C - t))]\}$$

Para a análise estatística do experimento I foram realizadas duas análises estatísticas. Primeiro considerou-se a comparação dos tratamentos da incubação de um único substrato (Capim elefante, concentrado controle, concentrado com SCOS e concentrado com SCOP) e depois a comparação dos tratamentos considerando a associação de volumoso e concentrado (dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado controle; dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com SCOS; e dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com SCOP). Para ambas as análises foram utilizadas o PROC MIXED do SAS (2002) em que o modelo inclui como efeito fixo o tratamento e como aleatório a fonte de inóculo. A comparação de médias foi feita por meio de contrastes ortogonais.

Para a análise estatística do experimento II foram realizadas duas análises estatísticas. Primeiro considerou-se a comparação dos tratamentos da incubação do concentrado como único substrato (concentrado com milho moído sem SCOP;

concentrado com milho moído e SCOP; concentrado com milho floculado sem SCOP; concentrado com milho floculado e SCOP) e depois a comparação dos tratamentos considerando a associação de volumoso e concentrado (Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho moído sem SCOP; Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho moído e SCOP; Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho floculado sem SCOP; e Dieta 50% de capim elefante e 50% de concentrado com milho floculado e SCOP). Para ambas as análises foram utilizadas o PROC MIXED do SAS (2002) em que o modelo inclui como efeito fixo o efeito do milho, da suplementação com SCOP e a interação milho* SCOP e como aleatório a fonte de inóculo. A comparação de médias foi feita por meio de contrastes ortogonais.

2.3 Resultados e discussão

A relação entre a pressão do gás e o volume do gás é apresentada na Figura 1. Houve alta relação entre as variáveis relacionadas ($R^2= 0,985$) o que permite utilizar a equação para interpolação dos dados do experimento II. Maurício et al. (1999) propôs um sistema diferente ao de Theodorou et al. (1994) eliminando as medições manuais do volume de gases por meio do uso de seringas. Os trabalhos iniciais estimavam o volume de gases através das relações estabelecidas pela lei dos gases de Boyle e não permitiram uma correta estimativa do volume de gases obtido. Desta forma foi verificado que a melhor estimativa do volume de gases via pressão foi estabelecida pela equação resultante da regressão quadrática entre o volume de gases obtido via seringa e pressão interna do frasco. Assim, para cada laboratório, independentemente da altitude local, pode-se obter equações que permitam a estimativa de volume via pressão (Maurício et al., 1999). Apesar de algumas equações relacionando pressão e volume de gás estarem disponíveis na literatura, a mensuração da pressão e do volume de gás é interessante, pois permite gerar uma curva eliminando o problema da influencia do local (altitude, latitude, etc.) nas medidas do gás.

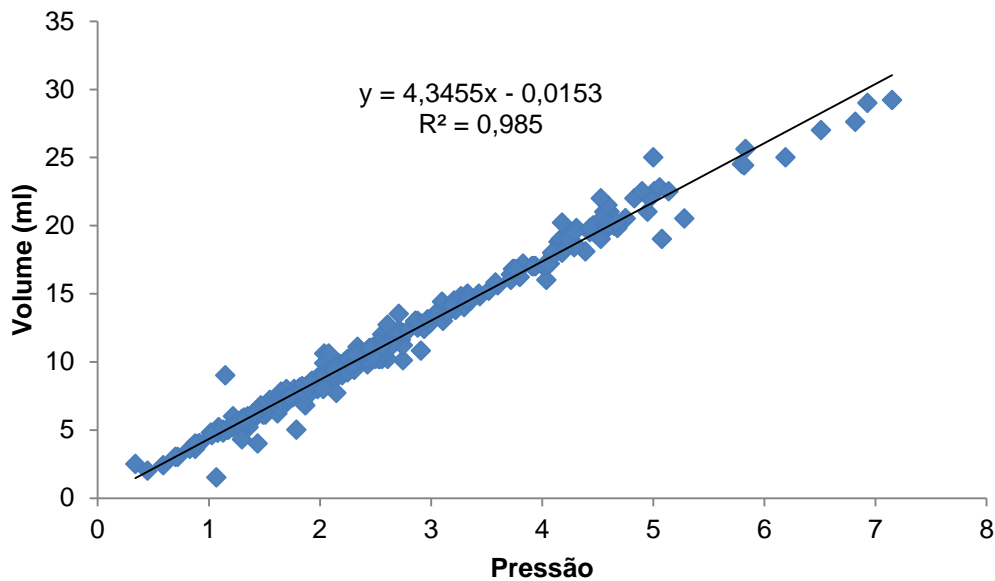


Figura 1 – Relação entre a pressão e o volume de gás do experimento I.

A cinética de degradação dos carboidratos do capim elefante e dos concentrados é apresentada na Tabela 3. O volume de gás final da degradação dos carboidratos não fibrosos e fibrosos foi maior para os concentrados em comparação ao capim elefante. A adição de ambas as fontes de gordura reduziram o volume de gás dos carboidratos não fibrosos, o que provavelmente se deve ao fato da adição de gordura ter sido feita em substituição ao milho. No entanto, o concentrado contendo SCOS reduziu o volume de gás dos carboidratos fibrosos em comparação ao concentrado controle e ao concentrado contendo SCOP. Um dos principais efeitos da inclusão de lipídios em dietas para ruminantes é a interferência na fermentação ruminal, que provoca reduções na digestibilidade dos nutrientes, especialmente da fibra (SILVA et al. 2007). A taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos foi maior para o concentrado controle, SCOS e SCOP em comparação ao capim elefante. O *lagtime* foi maior para o capim elefante em comparação aos concentrados. Não houve diferença entre o concentrado controle e o com SCOP quanto ao *lagtime*, porém ambos tiveram menor *lagtime* comparado ao concentrado com SCOS. O tempo de colonização, conhecido como *lagtime*, corresponde ao tempo entre a incubação e a ação microbiana sobre a amostra testada e esta diretamente relacionada à presença de substratos prontamente fermentáveis e com a estrutura física e composição química da parede celular. A camada cuticular da

superfície de grãos e forragens, a matriz proteica que envolve os grânulos de amido, excesso de gordura, bem como a lignina da parede celular dos vegetais representam barreiras à aderência e à atividade hidrolítica bacteriana (KOZLOSKI, 2006). A taxa de degradação dos carboidratos fibrosos não foi afetada pelo tipo de concentrado, porém a taxa foi superior ao capim elefante.

A cinética de degradação dos carboidratos das dietas (50% de capim elefante e 50% de concentrado) com a inclusão de diferentes fontes de gordura é apresentada na Tabela 4. O volume final de gás da degradação dos carboidratos não fibrosos e a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos das dietas não foram afetados pelos diferentes tratamentos. O volume final de gás dos carboidratos fibrosos foi reduzido por ambas às fontes de gordura, porém a fonte insaturada (SCOS) reduziu de forma mais pronunciada a fermentação dos carboidratos fibrosos. A taxa de degradação dos carboidratos fibrosos também foi reduzida com a suplementação com SCOS em comparação ao SCOP e com o controle. Como consequência, o *lagtime* aumentou com a suplementação de SCOS em comparação ao SCOP e com o controle. Vários mecanismos foram propostos para explicar os efeitos tóxicos dos lipídios sobre o metabolismo microbiano, incluindo o recobrimento de partículas, modificação da população ruminal e redução da disponibilidade de cálcio necessário aos microrganismos (JENKINS, 1993). Dentre os mecanismos, o recobrimento de partículas dificultando à aderência microbiana as partículas de alimento e efeito tóxico direto por alterar a função da membrana plasmática microbiana são as hipóteses mais aceitas para a redução da digestão da fibra em função da suplementação com lipídios insaturados (JENKINS, 1993). Esses resultados sugerem que a suplementação com SCOS pode reduzir a digestibilidade da fração fibrosa.

Tabela 3 – Cinética de degradação dos carboidratos do capim elefante e de concentrados com diferentes fontes de gordura.

	Forragem	Controle	SCOS	SCOP	EPM	Contrastes		
						Forragem vs. concentrado	Controle vs. gordura	SCOS vs. SCOP
VCNF (mL)	110,7	129,4	94,5	111,5	11,4	0,05	0,01	0,12
Kd CNF	0,056	0,067	0,573	0,055	0,004	0,02	0,01	0,45
Lagtime (h)	11,12	8,33	9,75	8,38	0,41	< 0,01	0,13	0,01
VCF (mL)	100,5	156,9	131,4	162,1	15,4	0,01	0,08	< 0,01
Kd CF	0,039	0,047	0,045	0,048	0,007	< 0,01	0,35	0,10

SCOS: sais de cálcio de óleo de soja; SCOP: sais de cálcio de óleo de palma; EPM: erro padrão da média; VCNF: volume de gás dos carboidratos não fibrosos; Kd CNF: taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos; *Lagtime*: tempo de colonização; VCF: volume de gás dos carboidratos fibrosos; Kd CF: taxa de degradação dos carboidratos fibrosos.

Tabela 4 – Cinética de degradação dos carboidratos de dietas (50% de capim elefante e 50% de concentrados) com diferentes fontes de gordura.

	Foragem + concentrado			EPM	Contrastes	
	Controle	SCOS	SCOP		Controle vs. gordura	SCOS vs. SCOP
VCNF (mL)	139,1	125,3	121,6	11,9	0,15	0,54
Kd CNF	0,066	0,062	0,068	0,11	0,11	0,33
Lagtime (h)	7,63	8,62	7,53	0,40	0,01	0,01
VCF (mL)	160,1	114,2	122,5	6,53	< 0,01	< 0,01
Kd CF	0,057	0,042	0,056	0,01	0,18	0,05

SCOS: sais de cálcio de óleo de soja; SCOP: sais de cálcio de óleo de palma; EPM: erro padrão da média; VCNF: Volume de gás dos carboidratos não fibrosos; Kd CNF: taxa de degradação de carboidratos não fibrosos; *Lagtime*: tempo de colonização; VCF: volume de gás dos carboidratos fibrosos; Kd CF: taxa de degradação dos carboidratos fibrosos.

A produção cumulativa de gás do capim elefante e das dietas contendo concentrados com diferentes fontes de gordura é apresentada na Figura 2. As curvas de produção de gás evidenciam inicialmente os benefícios da suplementação de concentrado, visto que todas as dietas com concentrado apresentaram maior produção de gás. Outro ponto interessante se refere à suplementação com gordura, visto que a suplementação com SCOS apresentou menor produção cumulativa de gás, o que está associado à redução da fermentação dos carboidratos fibrosos. O SCOP apresentou ligeira redução na produção cumulativa de gás em comparação ao controle, o que pode ser em função da menor quantidade de carboidratos não fibrosos nesse concentrado e tendo em vista que não houve comprometimento da fração fibrosa com essa fonte de gordura.

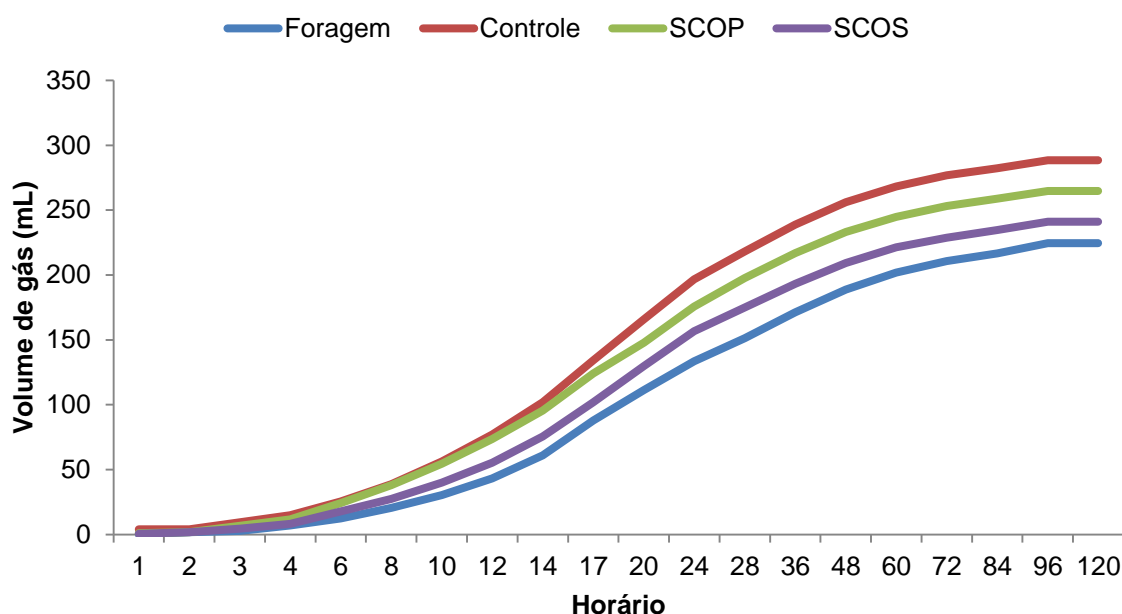


Figura 2 – Produção cumulativa de gás do capim elefante e das dietas contendo 50% de capim elefante e 50% de concentrado (SCOS: sais de cálcio de óleo de soja; SCOP: sais de cálcio de óleo de palma).

A cinética de degradação dos carboidratos do experimento II contendo diferentes métodos de processamento do milho e suplementação ou não de SCOP é apresentada na Tabela 5. Não houve interação entre o método de processamento e o fornecimento de SCOP sobre os parâmetros de cinética avaliados. Não houve efeito do processamento do milho sobre o volume final de gás dos carboidratos

fibrosos. O fornecimento de milho floculado permitiu aumentar o volume final de gás dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos fibrosos e reduziu o *lagtime* em comparação ao milho moído. Esses resultados sugerem que a extensão da digestão ruminal dos carboidratos é aumentada quando o milho floculado é fornecido. Este processamento é eficaz para aumentar a digestibilidade do amido, pois rompe a matriz proteica e o pericarpo, e reduz o tamanho de partícula (OWENS; ZINN, 2005). Além disso, em virtude da adição de umidade e temperatura, a floculação causa o processo de gelatinização do amido, que consiste na alteração da estrutura nativa do amido e formação de gel, o que torna o amido mais susceptível à digestão ruminal e intestinal. Caso o resfriamento do material floculado seja lento pode ocorrer a retrogradação, que é o processo relacionado com a fração de amilose do amido, onde ocorre a formação intensa de pontes de H que tornam o material menos digestível do que ele era antes da floculação (OWENS; ZINN, 2005; OWENS; SODERLUND, 2006). A floculação, portanto resulta em aumento na digestibilidade do amido no rúmen, no intestino delgado e no intestino grosso, sendo o resultado final, o aumento da digestibilidade no trato digestivo total.

Assim como no experimento I, a suplementação de SCOP reduziu o volume final de gás dos carboidratos não fibrosos. Essa redução provavelmente está associada ao fato da adição de gordura ter sido feita em substituição ao milho. Além disso, não houve efeito da suplementação com SCOP sobre o volume de gás dos carboidratos fibrosos, taxa de degradação de carboidratos fibrosos e não fibrosos, e *lagtime*.

A cinética de degradação dos carboidratos das dietas contendo diferentes métodos de processamento do milho associado ou não a suplementação de SCOP é apresentada na Tabela 6. Não houve interação entre o método de processamento e o fornecimento de SCOP sobre os parâmetros de cinética avaliados. Além disso, não houve efeito da suplementação com SCOP sobre os parâmetros de cinética de carboidratos. A adição de milho floculado aumentou o volume final de gás dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos e reduziu o *lagtime* em comparação ao milho moído. Esses resultados vão de encontro com os supracitados da fermentação dos concentrados e de experimentos com animais, em que o fornecimento de milho floculado aumenta a fermentação do amido no rúmen e a digestibilidade no trato total (THEURER et al. 1999; HUNTINGTON et

al., 2006). No entanto, o milho floculado reduziu o volume final de gás dos carboidratos fibrosos. O fornecimento de milho floculado aumenta as taxas de fermentação no rúmen e leva a um aumento na produção de propionato em comparação ao milho moído. O aumento do propionato pode promover queda do pH e com isso afetar a faixa de crescimento das bactérias celulolíticas (VAN SOEST, 1994).

Tabela 5 – Cinética de degradação dos carboidratos de concentrados contendo diferentes métodos de processamento do milho associado ou não a suplementação de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP).

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
VCNF (mL)	139,1	126,7	154,3	146,3	14,7	< 0,01	0,05	0,70
Kd CNF	0,076	0,073	0,097	0,093	0,01	< 0,01	0,33	0,22
<i>Lagtime</i> (h)	5,46	5,68	5,44	5,34	0,03	< 0,01	0,22	0,12
VCF (mL)	160,8	159,1	160,5	163,3	14,9	0,74	0,92	0,70
Kd CF	0,031	0,028	0,049	0,052	0,02	< 0,01	0,16	0,24

VCNF: volume de gás dos carboidratos não fibrosos; Kd CNF: taxa de degradação de carboidratos não fibrosos; *Lagtime*: tempo de colonização; VCF: volume de gás dos carboidratos fibrosos; Kd CF: taxa de degradação de carboidratos fibrosos; EPM: erro padrão da média.

Tabela 6 – Cinética de degradação dos carboidratos da dieta (50% de capim elefante e 50% de concentrado) contendo diferentes métodos de processamento do milho associado ou não a suplementação de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP).

	Dieta com 50% de foragem e 50% de concentrado							
	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
VCNF (mL)	111,9	105,9	120,8	118,4	4,9	0,03	0,39	0,71
Kd CNF	0,024	0,024	0,058	0,056	0,01	0,01	0,12	0,14
<i>Lagtime</i> (h)	5,52	5,71	4,67	4,88	0,12	< 0,01	0,17	0,89
VCF (mL)	142,8	134,9	122,4	122,6	8,5	< 0,01	0,15	0,19
Kd CF	0,018	0,018	0,017	0,018	0,01	0,47	0,20	0,20

VCNF: volume de gás dos carboidratos não fibrosos; Kd CNF: taxa de degradação de carboidratos não fibrosos; *Lagtime*: tempo de colonização; VCF: volume de gás dos carboidratos fibrosos; Kd CF: taxa de degradação de carboidratos fibrosos; EPM: erro padrão da média.

2.4 Conclusão

A degradação dos carboidratos não fibrosos e fibrosos é maior para os concentrados em comparação ao capim elefante. A suplementação com sais de cálcio de óleo de soja prejudicou a fermentação dos carboidratos fibrosos e o *lagtime*. A suplementação com sais de cálcio de óleo de palma não afeta negativamente a fermentação ruminal.

A flocculação do milho *flint* aumentou a degradação dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos e reduziu o *lagtime* dos concentrados, porém reduziu a degradação dos carboidratos fibrosos da dieta em comparação as tratamentos com milho moído.

Referências

- CORREA, C.E.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85, p.3008-3012, 2002.
- CRUZ, P.G.; FIGUEIREDO, M.P.; PEREIRA, L.G.R.; BERGAMASCHI, K.B.; RODRIGUES, C.S.; RECH, C.L.S. Fractionation and kinetics of *in vitro* ruminal fermentation of the carbohydrates of five sugar cane varieties. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.11, n.4, p. 784-793, 2010.
- HUNTINGTON, G.B.; HARMON, D.L.; RICHARDS, J. Sites, rates and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 84, p. E14-E24, 2006.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.
- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 397-412, 2008.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 79, p. 321-330, 1999.
- MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. Relação entre pressão e volume para implantação da técnica in vitro semiautomática de produção de gases na avaliação de forrageiras tropicais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n.2, p.216-219, 2003.
- ØRSKOV, E .R. **Trails and trails in livestock research**. Aberdeen: Garamond, 2002. 204p.
- OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. In: PIONEER HI-BRED, A DUPONT BUSINESS CONFERENCE, 2006, Jonston. **Proceedings...** Jonston, 2006. p.116-188.
- OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Nebraska. **Proceedings...** Nebraska, 2005. p. 86-112.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In.: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 287-310.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.72, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, L. G. R.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R.; RODRIGUES, J.A.S; RODRIGUEZ, N.M. Avaliação das silagens de girassol (híbrido M734) obtidas em diferentes épocas de ensilagem pela técnica in vitro semiautomática de produção de gases. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.42, n.4, p.276-283, 2005.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT: release 9.0. Cary, 2002.

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from in vitro gas production. **Journal of Animal Science**, Albany, v.72, p.2980-2991, 1994.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; BRANCO, R.H.; LEÃO, M.I.; MAGALHÃES, A.C.M.; MATOS, R.S. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros de fermentação ruminal de cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n.1, p. 246-256, 2007.

SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 1784-1787, 1990.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B. A simple gas production method using a pressure transducer to determine fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 48, p. 185-197, 1994.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, p.1950-1959, 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; IMAIZUMI, H.; CLARINDO, R.L.; PENATI, M.A. Milk production and composition of dairy cows grazing elephant grass under two grazing intervals. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p.121-127, 2010.

3 PROCESSAMENTO DO MILHO ASSOCIADO A SUPLEMENTAÇÃO COM SAIS DE CÁLCIO DE ÓLEO DE PALMA SOBRE O DESEMPENHO DE VACAS EM LACTAÇÃO

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos associativos entre o processamento do milho *flint* e a suplementação de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) para vacas no início da lactação mantidas em pastagem tropical sobre o desempenho, composição do leite, perfil de ácidos graxos, consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, eficiência do uso do N, eficiência energética e utilização de aminoácidos pela glândula mamária. Quarenta vacas ($15 \pm 2,2$ dias em lactação; DEL), distribuídas em blocos aleatorizados, receberam os seguintes tratamentos: a) milho moído sem adição de SCOP; b) milho moído com adição de 400 g de SCOP; c) milho floculado sem adição de SCOP; e d) milho floculado com adição de 400 g. Os tratamentos foram adicionados ao concentrado, totalizando 9 kg de MS de concentrado dia^{-1} durante 90 dias, e os animais pastejaram capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameron). Posteriormente ao período de fornecimento dos tratamentos (90 dias), o efeito residual desses foi avaliado até o 280° DEL. Durante o período residual (106° ao 280° DEL), os animais receberam o mesmo concentrado e silagem de milho como único volumoso. Não houve interação entre o processamento do milho e o fornecimento de SCOP para nenhuma das variáveis avaliadas. O fornecimento de milho floculado associado ao fornecimento de SCOP permitiu a maior produção de leite entre os tratamentos avaliados ($25,1 \text{ kg dia}^{-1}$). O milho floculado e o fornecimento de SCOP aumentaram em 7,7% e 16% a produção de leite, respectivamente. Não houve efeito da suplementação com gordura sobre o teor de gordura do leite, porém o fornecimento de milho floculado promoveu redução de 3,8%. A utilização de milho floculado aumentou de forma consistente e expressiva o teor de proteína do leite em 8,3% e o de caseína em 7,3%. O fornecimento de SCOP reduziu o teor de proteína do leite em 3% e tendeu a reduzir o teor de caseína em 2,2%. Houve redução do N ureico do leite em 25,8% quando o milho floculado foi adicionado na dieta. A suplementação de SCOP reduziu os ácidos graxos (AG) de cadeia curta, aumentou os AG saturados e não influenciou os AG poli-insaturados. O consumo de MS, MO, PB, FDN e CNF; e a digestibilidade da PB e FDN não foram influenciados pelo processamento do milho e fornecimento de SCOP. O consumo de energia líquida foi aumentado em 6% e 4,3% quando do fornecimento de SCOP e milho floculado, respectivamente. A eficiência de uso do N foi maior para os tratamentos com milho floculado. O milho floculado permitiu maior aporte de AA para a glândula mamária. O fornecimento de SCOP e milho floculado permitiram um aumento de 12,7 e 4,6% na produção de leite total na lactação. Tanto a suplementação com SCOP, quanto o fornecimento de milho floculado permitiram aumentar a quantidade de proteína, lactose e sólidos totais durante toda a lactação.

Palavras-chave: Milho floculado; Gordura; Lactação total

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of steam-flaked corn and supplementation of calcium salts of palm oil (CSPO) to early lactation dairy cows grazing a tropical pasture on performance, milk composition, milk fatty acid profile, nutrients intake and digestibility, ingestive behavior, efficiency of N utilization, energy efficiency and amino acid efficiency utilization by mammary gland. Forty dairy cows (15 ± 2.2 days in milk; DIM) in a randomized block design were used, submitted to the following treatments: a) ground corn without CSPO; b) ground corn with 400 g of CSPO; c) steam-flaked corn without CSPO; and d) steam-flaked corn with 400 g of CSPO. Treatments were added in to the concentrate (9 kg of DM day⁻¹) for 90 days and the animal grazed elephant grass (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon). After the period that the treatments were fed (90 days), the residual effect was evaluated until 280 DIM. In the residual period (106° to 280° DIM), the animals received the same concentrate and corn silage as the roughage source. There was no interaction between corn processing and CSPO supplementation in all measured variables. The steam-flaked corn plus CSPO allowed highest milk yield between treatments (25.1 kg day⁻¹). Steam-flaked corn and CSPO increased milk yield in 7.7% and 16%, respectively. There was no effect of fat supplementation on milk fat content, but the steam-flaked reduced 3.8%. The use of steam-flaked corn consistently increased milk protein content and casein in 8.3% and 7.3%, respectively. The SCOP reduced milk protein content in 3% and tended to reduce casein content in 2.2%. There was a reduction in milk urea N by 25.8% when steam-flaked corn was added in the diet. Supplementation of CSPO reduced short and medium milk fatty acids, increased saturated fatty acids and did not change polyunsaturated fatty acids. Intake of DM, OM, CP, NDF and NFC; and digestibility of CP and NDF were not affected by corn processing and supplementation of CSPO. The net energy intake was increased 6% and 4.3% when CSPO and steam-flaked corn was added, respectively. The efficiency of N utilization was higher for treatments with steam-flaked corn. The steam-flaked corn allowed greater supply of AA to mammary gland. The provision of CSPO and steam-flaked corn increased in 12.7% and 4.6% total milk yield throughout the lactation. Both the CSPO and steam-flaked corn increased the yield of protein, lactose, and total solids throughout lactation.

Keywords: steam-flaked corn, fat, total lactation

3.1 Introdução

As pastagens tropicais são a principal fonte de alimento na maior parte do ano para vacas leiteiras no Brasil. Os níveis de produção relatados nesses sistemas estão na faixa de 12 a 14 kg de leite animal dia⁻¹ (DERESZ et al., 2003). Cowan (1996) relatou que a produção máxima de vacas mantidas em pastagens tropicais não suplementadas não ultrapassa 15 kg de leite dia⁻¹, valor definido pela limitação na colheita da forragem, conteúdo de FDN, limitação física, fragilidade de partícula e digestibilidade da forragem (POPPI; HUGHES; L'HUILLIER, 1987; ALLEN, 2000; SANTOS et al., 2014). Como consequência, sistemas baseados apenas na utilização de pastagem não atendem à demanda de nutrientes para altas produções de leite por animal (SANTOS et al., 2005), sendo necessária a utilização de concentrados para corrigir tais deficiências em ordem quantitativa e qualitativa.

Animais em início de lactação apresentam um desequilíbrio energético entre as exigências e o consumo de nutrientes, fazendo com que esse déficit seja suprido pela mobilização de reservas corporais (ARTUNDUAGA et al., 2011). Quando a mobilização de reservas é muito intensa, desordens metabólicas podem ocorrer comprometendo tanto a saúde quanto a produção dos animais (DUSKE et al., 2009). Vacas em início de lactação mantidas em pastagens podem apresentar um balanço energético mais acentuado em função das limitações impostas por esse sistema ao consumo de nutrientes. Conforme Danés et al. (2013), em pastagens tropicais bem manejadas e adubadas não há limitação de produção por proteína, e portanto o principal limitante ao desempenho animal é a energia.

A adição de gordura em dietas de vacas leiteiras promove geralmente um aumento no consumo de energia. Estudos revisados por Bargo et al. (2003) sugerem um efeito positivo sobre a produção de leite e de gordura do leite quando fontes de lipídeos são adicionadas a dieta de vacas mantidas em pastagem. No entanto, a suplementação lipídica comumente está associada à redução do teor de proteína do leite (WU; HUBER, 1994). Em estudos conduzidos na Universidade do Arizona (EUA) observaram que o percentual de proteína do leite aumenta quando do fornecimento de milho floculado em relação ao milho laminado a seco (OLIVEIRA et al., 1993; CHEN et al., 1994; SIMAS et al., 1995; SIMAS et al., 1998). Dessa forma, a floculação do milho poderia ser utilizado para aumentar a energia do grão e consequentemente disponibilizar maior quantidade de substrato para crescimento microbiano e síntese de proteína microbiana (THEURER et al., 1999). Dessa forma a

associação de milho floculado e gordura poderia aumentar a produção de leite e a quantidade de sólidos totais.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos associativos entre o processamento do milho *flint* e a suplementação de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) para vacas no início de lactação mantidas em pastagem tropical sobre o desempenho, composição do leite, perfil de ácidos graxos, consumo e digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo, eficiência do uso do N, eficiência energética e utilização de aminoácidos pela glândula mamária.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido nas instalações do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP entre os meses de novembro de 2012 e setembro de 2013.

3.2.1 Animais, delineamento e tratamentos

Foram utilizadas 40 vacas mestiças 1/2 Holandês X Jersey (12), e 3/4 e 7/8 Holandês X Gir (28), sendo 10 multíparas e 30 primíparas, com média de $15 \pm 2,2$ dias em lactação (DEL), $19,2 \pm 2,8$ kg de leite dia^{-1} e 494 ± 55 kg de peso corporal no início do experimento. O delineamento utilizado foi o de blocos aleatorizados, em que os animais foram agrupados pelo número de lactações (primíparas ou multíparas), produção de leite e DEL, perfazendo 10 blocos. Todos os animais receberam previamente ao início do experimento a mesma dieta e manejo. As vacas foram submetidas aos seguintes tratamentos: a) milho moído sem adição de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP); b) milho moído com adição de 400 g de SCOP; c) milho floculado sem adição de SCOP; e d) milho floculado com adição de 400 g. Os concentrados foram fornecidos duas vezes ao dia as 05h00 e as 16h00, antes da ordenha, totalizando 9 kg de MS de concentrado dia^{-1} durante 90 dias. A adição de gordura foi feita retirando o ingrediente milho (Tabela 1). O milho floculado utilizado apresentava densidade de 360 g L^{-1} . Durante o período experimental os animais tiveram acesso à pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon).

Após os 90 dias de fornecimento dos tratamentos (15 aos 105 DEL), os efeitos residuais dos tratamentos foram avaliados do 106° DEL até o 260° DEL (período residual). Durante o período residual, os animais foram submetidos ao mesmo manejo e receberam o mesmo suplemento concentrado (Tabela 2) fornecido na proporção de 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzidos ajustado dentro da produção média de cada bloco, ministrado duas vezes ao dia antes da ordenha. Durante todo o período residual os animais receberam como volumoso, silagem de milho e foram ordenhados às 07h20 e às 16h15.

Os ingredientes dos concentrados e a silagem foram amostrados quinzenalmente e armazenados congelados à -18°C. Ao final do período experimental as amostras foram descongeladas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, compostas por ingrediente e por período (30 dias), moídas em moinho do tipo Willey em peneira de 1mm e mantidas em recipientes plásticos vedados em temperatura ambiente para posteriores análises laboratoriais.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química da forragem e dos concentrados.

Forragem	Concentrado				
	Milho Moído		Milho floculado		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP	
Ingredientes	% MS				
Milho moído	81,3	77,1			
Milho floculado			81,3	77,1	
Farelo de soja	9,0	9,0	9,0	9,0	
Farelo de soja <i>by pass</i>	4,0	4,0	4,0	4,0	
Bicarbonato de sódio	1,2	1,2	1,2	1,2	
SCOP	0,0	4,2	0,0	4,2	
Mineral	4,5	4,5	4,5	4,5	
Total	100	100	100	100	
Composição química¹					
MS (%)	19,92	89,90	89,90	90,10	90,10
PB (%)	18,75	15,30	14,90	15,20	14,80
EE (%)	2,30	3,20	6,40	3,22	6,42
FDN (%)	58,24	9,75	9,30	9,80	8,93
FDA (%)	41,75	4,30	3,40	4,20	3,26
Lignina (%)	4,80	0,40	0,41	0,40	0,40
Cinzas (%)	6,58	6,99	7,86	6,90	7,48
CNF (%)	14,12	64,76	61,64	64,88	62,47

SCOP: sais de cálcio de óleo de palma; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição química da silagem e do concentrado durante o período residual.

	Silagem	Concentrado
Ingredientes		% MS
Milho		55,30
Farelo de soja		36,40
Ureia		2,30
Mineral		6,00
Total		100,00
Composição química¹		
MS (%)	32,7	88,8
PB (%)	8,2	30,2
EE (%)	2,6	2,8
FDN (%)	54,3	9,2
FDA (%)	25,1	4,1
Lignina (%)	3,6	0,4
Cinzas (%)	4,9	6,8

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

3.2.2 Manejo da pastagem e variáveis relacionadas

Os animais permaneceram em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) em área de cinco hectares. A pastagem foi adubada com 60 kg de N a cada ciclo de pastejo. O sistema de pastejo utilizado foi o rotativo baseado na altura do dossel de 103 cm como critério de entrada, como previamente sugerido por Voltolini et al. (2010). Todos os animais pastejaram em lote único piquetes de 2000 m², e permaneceram em média um dia em cada, sempre tendo acesso ao novo piquete na parte da tarde e acesso ilimitado a água e área de sombra. A altura média do dossel forrageiro foi medida em cada piquete previamente a entrada e logo após a saída do lote experimental, traçando quatro linhas imaginárias paralelas e equidistantes com a amostragem feita em cinco pontos dentro de cada linha, totalizando 20 pontos por piquete.

As massas de forragem pré e pós pastejo foram determinadas pelo método destrutivo, cortando-se a planta a cinco centímetros do solo, em quatro pontos por piquete, escolhidos de forma aleatória. A moldura utilizada na colheita tinha as dimensões de 1,5m x 0,75m. As amostragens foram realizadas uma vez a cada dez dias. O material colhido nos quatro pontos do piquete foi pesado, homogeneizado e duas subamostras de 1000 gramas foram retiradas. A primeira foi utilizada para determinação do teor de matéria seca (MS) contido na massa de forragem, em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. A segunda subamostra foi utilizada para a determinação da composição morfológica do dossel e separada em folha (lâmina foliar), colmo (bainha + colmo) e material senescido (folhas e colmos com mais de 50% da área seca). Após a devida separação as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, pesadas e calculadas as proporções de cada fração na MS total. Ambos os procedimentos foram realizados pré e pós pastejo dos animais experimentais.

A composição bromatológica da forragem foi determinada a partir de amostragens do extrato pastejado colhidos em 20 pontos distintos dentro de cada piquete duas vezes por semana. As amostras foram secas da mesma forma como descritas acima, moídas em moinho do tipo Willey em peneira de 1 mm, compostas por mês e mantidas em recipientes plásticos vedados em temperatura ambiente até a realização das determinações químicas.

3.2.3 Produção e composição do leite

Durante os primeiros 90 dias de experimento, as vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia as 06h00 e as 18h00 e a produção foi mensurada a cada dois dias. Amostras de leite para determinação da composição química foram colhidas a cada seis dias em tubo coletor plástico de 100 mL contendo 2-bromo 2-nitropropano-1-3-diol, homogeneizadas e armazenadas em geladeira a 8°C no período entre as ordenhas da manhã e da tarde, e posteriormente analisadas para os seguintes componentes: gordura, proteína, caseína, lactose e nitrogênio ureico pelo processo de infravermelho; contagem de células somáticas pelo processo de citometria de fluxo.

A produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLCG 3,5%) foi calculada por meio da fórmula descrita por Bremmer et al. (1997):

$$PLCG = ((0,4324 \times PL (kg)) + (16,216 \times \text{produção de gordura} (kg)))$$

Durante o período residual, a produção de leite foi mensurada semanalmente e amostras para a composição do leite foram colhidas a cada duas semanas, para as mesmas análises e procedimentos descritos acima.

3.2.4 Perfil de ácidos graxos

As amostras de leite foram obtidas nos dias 0, 45 e 90, compostas pelas duas ordenhas e animal. As amostras de alimentos utilizadas para determinação do perfil de ácidos graxos dos alimentos foram colhidas nos mesmos dias das colheitas de leite para análise de perfil de ácidos graxos. As amostras foram congeladas em freezer a -20°C até a realização das análises. Para determinação do perfil de ácidos graxos das amostras dos alimentos, as amostras foram descongeladas, liofilizadas e a gordura extraída e metilada segundo metodologia descrita por Sukhija e Palmquist (1988). Para as amostras de leite, a extração e metilação foram realizadas segundo metodologia descrita por Hara e Randin (1978) e Christie (1982), respectivamente.

Após este procedimento, as amostras foram analisadas em cromatógrafo a gás, com detector de ionização de chama, com coluna capilar com 100 m de comprimento por 0,25 µm de diâmetro interno e 0,20 µm de espessura do filme. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste, numa vazão de 1,8 mL min⁻¹. O programa de temperatura do forno inicial foi de 70°C com tempo de espera quatro minutos, a 175°C (13°C por minuto) e tempo de espera 27 minutos, 215°C (4°C por minuto) e tempo de espera 9 minutos e, em seguida, aumentando 7°C por minuto até atingir 230°C, permanecendo por cinco minutos, perfazendo um total de 65 minutos. A temperatura do vaporizador foi de 250°C e a do detector foi de 300°C. Uma alíquota de 1 µL do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo e a identificação dos ácidos graxos foi feita pela comparação dos tempos de retenção e as percentagens dos ácidos graxos foram obtidas por meio do software – Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Italy).

3.2.5 Produção fecal e consumo

Para estimar o consumo de forragem todas as vacas foram dosadas oralmente com dióxido de titânio (TiO_2) fornecido duas vezes ao dia na forma de *pellets* contendo 10 g cada, durante 15 dias. As vacas receberam o marcador duas vezes durante o experimento, com início nos dias 31 e 76 do período experimental, sendo 10 dias de adaptação e cinco de colheita. A colheita de fezes foi realizada duas vezes ao dia antes de cada ordenha e imediatamente colocadas em N líquido e armazenadas em freezer a -18°C . Ao final as amostras foram compostas por vaca e período, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72h, moídas a 1 mm e armazenadas em frascos plásticos à temperatura ambiente para posterior análise, sendo uma subamostra utilizada para as determinações químicas e cálculo das digestibilidades, e outra para determinação de TiO_2 e cálculo do consumo.

Para a determinação da concentração de TiO_2 foi empregada a metodologia descrita por Myers et al. (2004), em que as amostras de fezes foram digeridas em ácido sulfúrico e realizada a leitura em espectrofotômetro UV a 410 nm, sendo usada uma curva de calibração com concentração conhecida de titânio para interpolação dos dados.

Foi utilizada a concentração de FDNi (fibra em detergente neutro indigestível) para determinação da indigestibilidade necessária para o cálculo das estimativas de consumo. Amostras de fezes de cada animal, concentrado, forragem e silagem foram moídas a 1 mm, acondicionadas em bolsas filtro F-57 (Ankom®) e incubados em triplicatas no rúmen de uma vaca com cânula ruminal por 240 horas (COCHRAN et al., 1986). A incubação foi seguida de lavagem com água corrente até o total clareamento do resíduo, que foi então analisado para determinação do teor de FDN (100°C por 1 hora). Posteriormente, as bolsas filtro foram lavadas com água quente (seis lavagens) e acetona (uma lavagem), e foram secas em estufa por 12 horas. O resíduo foi considerado o FDNi. O conteúdo de FDNi do concentrado, da forragem e da silagem foi dividido pelo FDNi das fezes de cada animal para o cálculo da indigestibilidade.

A produção fecal (PF) foi calculada conforme fórmula abaixo. A recuperação fecal do TiO_2 (RFTi) foi considerada de 90% conforme determinação de Souza (2014).

$$PF \text{ (kg dia}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Quantidade do marcador administrado por dia}}{\text{Concentração do marcador nas fezes}} \times RFTi$$

A produção fecal proveniente do concentrado (PF concentrado) foi determinada como sendo a quantidade de concentrado oferecida, multiplicada por sua indigestibilidade. Do valor de PF total foi descontada a contribuição do concentrado e o valor obtido foi dividido pela indigestibilidade da forragem ou silagem. Assim, o consumo de pasto e/ou silagem foi calculado por meio da equação abaixo.

$$\text{Consumo de pasto ou silagem (kg)} = \frac{PF - PF \text{ concentrado}}{\text{Indigestibilidade do capim}}$$

3.2.6 Análises químicas e digestibilidade dos nutrientes no trato total

Amostras de concentrado, forragem, silagem e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada à 105°C durante 24h para determinação da MS. O conteúdo de cinzas foi determinado após combustão à 550°C durante 4h. O teor de extrato etéreo (EE) foi determinado de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1990), sendo que para a extração de gordura dos SCOP foi utilizado ácido acético glacial na proporção de 1:10 com o éter de petróleo de acordo com Sukhija e Palmquist (1988). O conteúdo de N foi determinado pelo método de combustão de Dumas (Leco FP-2000 N analyzer) de acordo com Sweeney (1989), e multiplicado por 6,25 para obtenção da proteína bruta (PB). A fração FDN (fibra em detergente neutro) foi determinada conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando α -amilase termoestável e sulfito de sódio para as amostras de concentrado; e a FDA (fibra em detergente ácido) e a lignina foram determinados usando o método de Goering e Van Soest (1970). O amido foi estimado por espectroscopia de refletância do infravermelho próximo NIRSystem 5000 (Foss NIRSystems., Silver Spring, MD, USA) utilizando a equação desenvolvida por Caetano (2008). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram cálculos pela equação abaixo.

$$CNF = 100 - (PB + EE + FDN + Cinzas)$$

As digestibilidades aparentes da MS, MO (matéria orgânica), PB, FDN (FDN corrigida para cinzas e proteína), e EE presentes na dieta foram estimadas utilizando os valores individuais de consumo, excreção fecal calculada a partir da utilização do indicador TiO_2 e da concentração dos nutrientes nos alimentos e fezes, conforme equação apresentada a seguir, onde DAN (%) é a digestibilidade aparente do nutriente e CN é a concentração do nutriente no alimento ou fezes.

$$DAN (\%) = \frac{(Consumo * CN) - (Excreção fecal * CN)}{(Consumo * CN)} * 100$$

Para a caracterização do milho, a vitreosidade foi determinada segundo a metodologia descrita por Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993) por meio da dissecação manual de 50 grãos inteiros para cada uma das formas de processamento. O teor de vitreosidade foi de 78,80% e 80,20% para o milho moído e floculado, respectivamente. O tamanho médio de partícula do milho moído foi de 1,34 mm.

3.2.7 Comportamento Animal, peso e ECC

As avaliações do comportamento animal (pastejo, ruminação, ócio e outros) de cada animal durante o período experimental foram feitas visualmente no 43º e 87º dia experimental, durante 24 h, com intervalos de 10 minutos entre as visualizações. Nos períodos em que os animais estavam a caminho da sala de ordenha ou do piquete e durante a ordenha não foram feitas tais observações, sendo consideradas outras atividades.

As vacas foram pesadas dois dias consecutivos após a ordenha da manhã para avaliação da variação do peso corporal durante o período experimental no dia 0, 45 e 90. No mesmo dia foram feitas as avaliações de escore de condição corporal (ECC), por dois avaliadores com escala variando de 1 a 5 conforme a metodologia proposta por Wildeman et al. (1992).

3.2.8 Consumo de energia, energia secretada no leite e eficiência

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da equação de Weiss et al. (1992) utilizando os valores da composição química dos alimentos e

digestibilidade aparente dos nutrientes calculados a partir dos dados obtidos no experimento. Em função da equação supracitada levar em conta um fator de ajuste de -7 para a excreção fecal para corrigir os valores de digestibilidade verdadeira para aparente, nesse estudo em virtude do uso do valor de digestibilidade aparente, não foi aplicado o fator de correção. O valor de energia líquida de lactação (ELL) foi calculado de acordo com a equação proposta pelo NRC (2001). O consumo de ELL foi obtido por meio do consumo de forragem e de concentrado multiplicado pelo valor de ELL da dieta. Todos os valores de ELL foram obtidos com as equações do NRC (2001). Para o cálculo da ELL por kg de leite, foi adotada a equação do NRC (2001) apresentada a seguir.

$$ELL (Mcal) = (0,0929 * \% \text{ gordura}) + (0,0563 * \% \text{ proteína}) + (0,0395 * \% \text{ lactose})$$

A quantidade de ELL secretada no leite por dia foi calculada usando a equação acima multiplicada pelo volume de leite produzido. A eficiência de uso de energia foi calculada dividindo-se a ELL secretada no leite pelo consumo de ELL.

3.2.9 Síntese e eficiência microbiana e eficiência do uso do N

Amostras de urina foram colhidas para a determinação dos derivados de purina e cálculo da síntese microbiana. Quatro horas após o fornecimento dos concentrados, nos 45° e 90° dia experimental, amostras de urina foram colhidas na forma *spot* (uma amostra por animal). Uma alíquota de 10 mL da urina colhida foi diluída em 40 mL de H₂SO₄ (0,072N) conforme descrito por Broderick e Reynal (2009), e armazenada à -18°C para posteriores análises.

Na análise foram determinadas as concentrações de alantoína, creatinina e ácido úrico por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). As amostras foram centrifugadas a 2000 RPM, dois mL do sobrenadante foram transferidos para outro frasco, onde foram adicionados 2,75 mL do tampão A (solução de NH₄H₂PO₄; 0,0025M) e 0,25 mL de padrão de oxipurinol. Após homogeneização em vortex, 1 mL da solução foi filtrado em membrana PTFE 0,45 µm e armazenadas nos *vials* para análise cromatográfica.

Para os cálculos de síntese microbiana, a concentração de creatinina foi utilizada para estimar o volume de urina, assumindo o valor proposto por Chizzotti et

al. (2008) de 0,213 mmol/kg de peso corporal. Após o cálculo do volume urinário e tendo as concentrações de alantoína e ácido úrico, foi calculada a excreção diária de derivados de purinas (DP) de acordo com Chen e Gomes (1992). A contribuição endógena dos derivados de purina foi tida como 0,512 mmol kg de peso metabólico⁻¹ (GONZALEZ-RONQUILLO et al., 2003) e descontado do valor de excreção de derivados de purinas. A recuperação das purinas absorvidas como derivados de purina na urina foram tidos como 74% (GONZALEZ-RONQUILLO et al., 2003). Assim, o cálculo de purinas absorvidas foi realizado conforme equação abaixo.

$$\text{Purinas absorvidas (mmol dia}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Excreção DP} - \text{contribuição endógena}}{\text{Recuperação de purinas na urina}}$$

A partir da quantificação das purinas absorvidas, calculou-se o N microbiano assumindo que a quantidade de N das purinas foi constante e equivalente a 70mg N mmol⁻¹ e a digestibilidade intestinal foi de 83% (CHEN; GOMES, 1992). A relação N purina: N total assumida foi de 0,149 (ZINN; OWENS, 1986) e o valor de N microbiano foi multiplicado por 6,25 para obter-se a síntese de proteína microbiana. A equação para o cálculo do N microbiano é apresentado abaixo.

$$\text{N microbiano (g dia)} = \frac{\text{Purinas absorvidas} * \text{quantidade de N nas purinas}}{\text{Relação Npurina: Ntotal} * \text{Dig.purinas} * 1000}$$

A eficiência microbiana foi calculada como a razão entre a síntese microbiana e a quantidade de NDT consumido, conforme equação a seguir.

$$\text{Eficiência microbiana (\%)} = \frac{\text{Síntese de proteína microbiana (g)}}{\text{Consumo de NDT (g)}} * 100$$

Para o cálculo da eficiência de uso do nitrogênio (EUN) a quantidade de N consumido foi obtida dividindo o consumo de PB pelo fator de 6,25. O N do leite foi obtido dividindo-se a produção de proteína do leite pelo fator de 6,38. Assim a EUN foi obtida conforme a fórmula abaixo.

$$\text{EUN (\%)} = \frac{\text{N secretado no leite (g)}}{\text{Consumo de N (g)}} * 100$$

O N excretado nas fezes foi calculado a partir dos valores de excreção fecal multiplicada pela concentração de N nas fezes. O N excretado na urina mensurado pelo método de Kjeldahl e multiplicado pelo volume de urina.

3.2.10 Concentração plasmática, diferença arteriovenosa (AV) e eficiência de extração de aminoácidos (AA) na glândula mamária

Amostras de sangue da artéria coccígea e epigástrica caudal superficial foram colhidas, simultaneamente, no 80º, 81º e 82º dia experimental de cinco animais por tratamento. As amostras foram colhidas em *vacutainers* contendo heparina às 04h00, 08h00, 12h00 e 18h00 e mantidas refrigeradas até o momento da centrifugação a 2400 x g por 20 minutos. O plasma obtido foi composto por animal e dia e armazenado em *eppendorfs* a -18°C para posteriores análises. A determinação de 20 amostras de plasma foi feita via HPLC. Com os resultados obtidos foi feita uma curva de calibração e as demais amostras foram analisadas via NIRS.

O princípio de Fick foi aplicado para estimar o fluxo de plasma na glândula mamária (FPM) usando fenilalanina (Phe) e tirosina (Tyr) como marcadores internos (MEPHAM, 1982), sendo descontado 3,5% provenientes da contribuição de proteínas sanguíneas (CANT; McBRIDE, 1993).

$$FPM = [(Phe + Tyr \text{ do leite}) * 0,965 / [diferença AV \text{ de } (Phe + Tyr)]]$$

Foram utilizados os valores propostos por Jacobson et al. (1997) para a concentração de fenilalanina e tirosina no leite, sendo 4,9 e 5,1 g/100 g de proteína do leite, respectivamente. A eficiência de extração dos AA pela glândula mamária foi calculada de acordo com a equação apresentada a seguir.

$$Eficiência \text{ de extração} = diferença \text{ AV} / concentração \text{ arterial} * 100$$

Os aminoácidos foram classificados em essenciais (AAE; arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina e valina) e não essenciais (AANE; alanina, aspartato, cisteína, glutamato, glicina, prolina, serina, e tirosina) conforme sua importância para a síntese de proteína do leite (CLARK; SPIRES;

DAVIS, 1978). Não foi possível analisar os AA triptofano (AAE), asparagina (AANE) e glutamina (AANE). Os AA de cadeia ramificada (AACR) correspondem ao somatório de isoleucina, leucina e valina; e os AA total correspondem a soma dos AAE e AANE.

3.2.11 Glicose, N ureico e ácidos graxos não esterificados (AGNE)

No 45° e 90° dia experimental foram colhidas amostras de sangue após 4 horas do fornecimento do concentrado no período matutino. O sangue foi retirado por meio de punção na veia coccígea em tubos com vácuo contendo heparina (glicose, AGNE) e EDTA (N ureico), e centrifugado a 2400 x g por 15 minutos. O plasma obtido foi armazenado em *eppendorfs* a -18°C para posteriores análises.

A determinação da glicose plasmática foi realizada a partir do kit enzimático Glicose HK Liquiform (Ref. 85 - LABTEST Diagnóstica S.A.) por espectrofotometria, com filtro de absorvância de 505 nm. Uma alíquota de 10 µL da amostra foi pipetada em tubos de ensaio acrescida de 400 µL de reagente contido no kit. Após incubação de 10 minutos em banho-maria à 39°C, foi realizada a leitura da absorvância para obtenção dos valores de glicose. A curva de calibração construída apresentou R²= 0,993.

A determinação de N ureico no plasma foi realizada a partir do kit enzimático HK Liquiform (Ref. 104 - LABTEST Diagnóstica S.A.) por espectrofotometria, com filtro de absorvância de 340 nm. Uma alíquota de 10 µL da amostra foi pipetada em tubos de ensaio, acrescida de 1 mL de reagente contido no kit. Após incubação de 10 minutos em banho-maria à 37° C, foi realizada a leitura da absorvância. A curva de calibração construída apresentou R²= 0,998.

A determinação dos ácidos graxos não esterificados (AGNE) foi realizada com o kit enzimático NEFA (Ref. FA115 – Randox Laboratories), com leitura em espectrofotômetro utilizando filtro de absorvância de 540nm. O padrão interno (1 mmol/L) foi diluído em água destilada para obtenção da curva de calibração de 0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 mmol L⁻¹. Dez µL de amostras de plasma foram pipetados em tubos de ensaio seguidas de 200 µL de reagente enzimático A e foram incubadas em estufa a 37°C por 5 minutos. Após este período, 400 µL de reagente enzimático B foi adicionado da mesma maneira e incubado por mais 5 minutos, sendo a leitura

das amostras realizada 3 minutos após a retirada da estufa. A curva de calibração apresentou $R^2 = 0,994$.

3.2.12 Análises estatísticas

Os dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância fossem respeitadas. Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico do SAS (SAS, 2002), por meio do Proc MIXED. Para as análises com medidas repetidas no tempo (produção de leite, composição, consumo, digestibilidade dos nutrientes, comportamento animal, síntese microbiana e eficiência do uso do N, aminoácidos, perfil de ácidos graxos) o modelo incluiu como efeitos fixos o processamento do milho, a suplementação com gordura e a interação processamento \times gordura. Como efeito aleatório foi considerado o bloco. As médias foram geradas pelo LSMEANS e comparadas por contrastes ortogonais, sendo declaradas diferentes quando o $P < 0,05$ e tendência até $P < 0,10$.

Para as variáveis sanguíneas, peso e condição corporal as análises estatísticas foram realizadas em cada período, não as considerando como medidas repetidas. O modelo misto incluiu o efeito fixo do processamento do milho, a suplementação com gordura e a interação processamento \times gordura e o efeito aleatório de blocos. As médias foram geradas pelo LSMEANS e comparadas por contrastes ortogonais, sendo declaradas diferentes quando o $P < 0,05$ e tendência até $P < 0,10$. Em ambas as análises, a matriz de covariância foi escolhida baseada nos parâmetros de Akaike (AIC) e Bayesian (BIC).

3.3 Resultados e discussão

Os resultados referentes à caracterização da pastagem e composição morfológica encontram-se na Tabela 3. Para o manejo do capim elefante cv. Cameroon a altura média de entrada foi de 100,03 cm, ficando 2,97 cm abaixo do valor ideal proposto por Voltolini et al. (2010), correspondente a 95% de interceptação luminosa. Os animais experimentais rebaixaram o dossel até a altura média de 65,8 cm, e posteriormente animais de repasse foram utilizados para rebaixar até $42,3 \pm 2,5$ cm. Conforme Fonseca et al. (2012) para maximizar o

consumo de forragem os animais devem consumir no máximo 40% da altura de entrada, evitando alteração da estrutura da planta e redução da taxa de ingestão. Assim, o manejo praticado nesse estudo, tanto para altura de entrada quanto para altura de saída, ficou próximo ao recomendado por Voltolini et al. (2010) e Fonseca et al. (2012).

A massa de forragem pré e pós-pastejo foi de 10738 kg MS ha⁻¹ e 6890 kg MS ha⁻¹, respectivamente, tendo um desaparecimento de forragem de 3848 kg MS ha⁻¹. Considerando que os piquetes possuem em média 0,2 ha, a ocupação média de 1 dia e 44 animais experimentais (40 desempenho + 4 metabolismo), o desaparecimento médio de forragem por piquete foi de 769 kg MS e 17,5 kg MS vaca dia⁻¹. Se considerarmos os resultados de consumo de MS de forragem, 8 kg MS animal dia⁻¹, e os valores de desaparecimento de forragem a eficiência de pastejo foi de 45,7%. Em experimento anterior na mesma área os animais apresentaram eficiência de pastejo de 54,9% (SOUZA, 2014). Essa diferença provavelmente seja decorrente na maior quantidade de suplemento concentrado que os animais do presente estudo receberam (9 kg MS dia⁻¹ vs. 8 kg MS dia⁻¹).

As folhas representaram o principal componente do dossel no pré-pastejo (44,2%) enquanto que o colmo foi o principal componente no pós-pastejo (46,4%). A percentagem de folhas nesse estudo foi próximo aos valores de 41,3 e 43,4% obtidos por Macedo (2012) e Souza (2014), respectivamente; porém inferiores aos relatados por Voltolini et al (2010) e Carareto (2007), 53,0 e 54,4, respectivamente; em trabalhos desenvolvidos na mesma área. O manejo pré-experimental foi o principal fator que influenciou esses resultados, visto que nos trabalhos com maior percentagem de folhas os piquetes foram roçados previamente.

A massa de folhas no pré-pastejo foi de 4746 kg MS ha⁻¹ e levando em consideração o tamanho médio do piquete de 0,2 ha, a ocupação de um dia e 44 animais, a oferta de folhas foi de 21,6 kg MS animal dia⁻¹. Esse valor indica que o manejo realizado possibilitou uma oferta adequada de folhas, visto que valores 2 a 3 vezes superiores ao consumo são sugeridos para maximizar o desempenho animal, tanto em plantas temperadas (HODGSON, 1990), quanto tropicais (SOUZA, 2014).

A adição de SCOP foi realizada em substituição ao milho (moído ou floculado), e não foi realizada correção para a quantidade de proteína nas dietas, sendo que estas ficaram ligeiramente diferentes (Tabela 2). O estrato pastejado apresentou boa qualidade nutricional, evidenciado pelo alto teor de proteína bruta

(18,75%) e pelo moderado teor de FDN (58,24%). Esses resultados são similares a experimentos prévios na mesma área (DANÉS et al., 2013; SOUZA, 2014), e reforçam que plantas tropicais bem manejadas e adubadas possuem teores adequados de proteína.

Não houve interação entre o processamento do milho e o fornecimento de SCOP para as variáveis relacionadas à produção e composição do leite (Tabela 4).

Tabela 3 – Características estruturais e composição morfológica da pastagem.

	Pré-pastejo		Pós-pastejo	
	Média	EPM	Média	EPM
Altura (cm)	100,0	1,6	65,8	2,9
Massa de forragem (kg MS ha ⁻¹)	10738	650	6890	442
Densidade volumétrica (kg MS ha cm ⁻¹)	107,3	9,6	104,7	10,2
Folha (%)	44,2	7,2	22,1	8,3
Colmo (%)	38,6	5,9	46,4	8,8
Senescente (%)	17,2	3,4	31,5	12,8
Folha:colmo	1,14	0,12	0,48	0,10
Massa de folhas (kg MS ha ⁻¹)	4746	326	1522	165
Massa de colmos (kg MS ha ⁻¹)	4144	328	3196	276

EPM: erro padrão da média.

Tabela 4 – Produção e composição do leite de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
Produção de leite (kg)	20,3	24,0	22,3	25,1	0,35	< 0,01	< 0,01	0,15
Gordura (%)	3,33	3,34	3,26	3,18	0,05	0,01	0,33	0,26
Proteína (%)	3,17	3,13	3,46	3,36	0,04	< 0,01	0,04	0,18
Lactose (%)	4,64	4,62	4,61	4,62	0,06	0,68	0,32	0,27
Gordura (kg dia ⁻¹)	0,68	0,80	0,73	0,80	0,01	0,05	< 0,01	0,78
Proteína (kg dia ⁻¹)	0,64	0,75	0,77	0,84	0,01	< 0,01	< 0,01	0,67
Lactose (kg dia ⁻¹)	0,94	1,10	1,02	1,16	0,01	< 0,01	< 0,01	0,23
Sólidos totais (%)	12,15	12,06	12,24	12,05	0,09	0,15	0,05	0,45
ESD (%)	8,68	8,66	8,89	8,78	0,05	< 0,01	0,04	0,11
Caseína (%)	2,33	2,33	2,51	2,43	0,03	< 0,01	0,10	0,10
N ureico (mg dL ⁻¹)	16,41	16,35	11,83	12,34	0,47	< 0,01	0,41	0,30
CCS (log)	2,28	2,32	2,31	2,27	0,09	0,42	0,45	0,68

ESD: extrato seco desengordurado; CCS: contagem de células somáticas; EPM: erro padrão da média.

Considerando o efeito principal do processamento do milho (Tabela 5), o milho floculado aumentou em 7,7% a produção de leite. Na revisão apresentada por Theurer et al. (1999), 13 trabalhos americanos foram tabulados comparando milho laminado a seco e milho floculado (360 g L^{-1}) e observou-se que a produção de leite aumentou 5,1% quando o milho floculado foi utilizado. O maior benefício da floculação do milho observado nesse estudo em comparação aos dados revisados por Theurer et al. (1999) pode ser atribuído as diferenças na composição do milho utilizado nos EUA (dentado) e no Brasil (*flint*). A principal limitação à degradação do milho é a presença da matriz proteica (McALLISTER; CHENG, 1996), que é densa e bem desenvolvida na região vítrea (HARMON; TAYLOR, 2005). Quanto maior a vitreosidade do milho, menor é a degradabilidade ruminal do amido (CORREA et al., 2002). A floculação é um processo intenso que, por ação da temperatura elevada e umidade, promovem a gelatinização do amido e rompimento das pontes de hidrogênio e da densa matriz proteica que envolve os grânulos de amido (OWENS; SODERLUND, 2006). Em virtude da maior vitreosidade é esperado que os cultivares de milho *flint* apresentem respostas positivas maiores aos métodos mais intensos de processamento, como a floculação, que os cultivares de milho dentado (SANTOS; MARQUES; DÓREA, 2011).

A suplementação com SCOP também promoveu acréscimo de 16% na produção de leite comparado aos tratamentos que não receberam (Tabela 6). Esse aumento de $3,4 \text{ kg dia}^{-1}$ de leite com a suplementação com SCOP está próximo aos valores encontrados por Vilela et al. (2002) e Souza (2014) que relataram acréscimos de $2,9$ e $4,8 \text{ kg dia}^{-1}$, respectivamente, quando suplementaram animais mantidos em pastagem tropical suplementados com gordura no início da lactação. Rabiee et al. (2012), em meta-análise usando dados de animais confinados recebendo dieta total e suplementadas com diferentes fontes de gordura, observaram aumento de $1,05 \text{ kg de leite dia}^{-1}$ e acréscimo de $1,55 \text{ kg de leite dia}^{-1}$ quando da suplementação de SCOP. Além disso, Schoroeder et al. (2004) relataram aumento de $1,4 \text{ kg de leite dia}^{-1}$ quando da suplementação com gordura para animais em pastagens temperadas. De acordo com Lock et al. (2013), é possível que a suplementação com C16:0 pode economizar glicose do organismo e destiná-la à síntese de lactose e, conseqüentemente, aumentar a produção de leite.

Tabela 5 – Efeito principal do processamento do milho sobre a produção e composição do leite.

	Milho moído	Milho floculado	EPM	Valor de P
Produção de leite (kg)	22,2	23,9	0,38	< 0,01
Gordura (%)	3,30	3,22	0,04	0,01
Proteína (%)	3,15	3,41	0,03	< 0,01
Lactose (%)	4,63	4,62	0,05	0,68
Gordura (kg dia ⁻¹)	0,74	0,76	0,01	0,12
Proteína (kg dia ⁻¹)	0,70	0,81	0,01	< 0,01
Lactose (kg dia ⁻¹)	1,03	1,09	0,09	< 0,01
Sólidos totais (%)	12,11	12,15	0,07	0,15
ESD (%)	8,67	8,84	0,05	< 0,01
Caseína (%)	2,33	2,47	0,02	< 0,01
N ureico (mg dL ⁻¹)	16,32	12,11	0,35	< 0,01
CCS (log)	2,30	2,31	0,08	0,42

ESD: extrato seco desengordurado; CCS: contagem de células somáticas; EPM: erro padrão da média.

Tabela 6 – Efeito principal do fornecimento de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) sobre a produção e composição do leite.

	Sem SCOP	Com SCOP	EPM	Valor de P
Produção de leite (kg)	21,3	24,7	0,45	< 0,01
Gordura (%)	3,29	3,26	0,04	0,33
Proteína (%)	3,31	3,24	0,04	0,04
Lactose (%)	4,63	4,62	0,04	0,32
Gordura (kg dia ⁻¹)	0,70	0,80	0,01	< 0,01
Proteína (kg dia ⁻¹)	0,71	0,80	0,01	< 0,01
Lactose (kg dia ⁻¹)	0,98	1,13	0,01	< 0,01
Sólidos totais (%)	12,19	12,05	0,07	0,05
ESD (%)	8,79	8,72	0,05	0,04
Caseína (%)	2,42	2,38	0,02	0,10
N ureico (mg dL ⁻¹)	14,12	13,81	0,35	0,41
CCS (log)	2,32	2,33	0,07	0,45

ESD: extrato seco desengordurado; CCS: contagem de células somáticas; EPM: erro padrão da média.

Os resultados do presente estudo indicam superioridade na resposta à suplementação com gordura para animais mantidos em pastagens tropicais comparados com vacas mantidas em confinamento ou pastagens temperadas. Isso se deve ao fato de que plantas tropicais bem manejadas e adubadas não possuem teores limitantes de proteína para vacas produzindo até 25 kg de leite dia⁻¹ (CHAGAS, 2011; DANÉS et al., 2013), mas o teor elevado de FDN (SANTOS et al., 2014) e a baixa fragilidade das partículas (ALLEN, 2000), aumentam o enchimento ruminal e limitam o consumo de forragem e consequentemente limitam o consumo de energia. Vacas no início da lactação tem maior potencial de resposta à suplementação com gordura em função de que durante este período há um desequilíbrio energético entre o consumo e a exigência de nutrientes (ONETTI; GRUMMER, 2004). Assim, vacas em início de lactação mantidas em pastagens tropicais podem ter um balanço energético negativo mais acentuado em função da limitação de consumo imposta pela composição química (FDN), fatores físicos (fragilidade de partícula) e fatores não nutricionais (tempo colheita e manipulação)

relacionadas à ingestão do pasto (POPPI; HUGHES; L'HUILLIER, 1987; ALLEN, 2000; SANTOS et al., 2014).

O teor de gordura do leite não foi afetada pela suplementação com gordura, porém o fornecimento de milho floculado reduziu o teor de gordura do leite em 2,4%. Esse valor é próximo ao resultado encontrado por Theurer et al. (1999), em que a gordura do leite reduziu 4% com a adição de milho floculado. Na meta-análise de Rabiee et al. (2012), a suplementação com SCOP aumentou o teor de gordura do leite em 0,099 unidades percentuais. A ausência de resposta no presente estudo é corroborada por Souza (2014), e provavelmente se deve à maior produção de leite nesses estudos.

A utilização do milho floculado aumentou de forma consistente e expressiva o teor de proteína do leite em 8,3% e o de caseína em 6,0%. Além disso, houve redução do N ureico do leite em 25,8% quando o milho floculado foi adicionado na dieta. Esses resultados são condizentes com a revisão de Theurer et al. (1999) em que a proteína do leite aumentou cerca de 3%. O aumento da proteína do leite com a utilização de grãos mais processados é decorrente da maior produção de propionato ruminal e consequente economia de aminoácidos que seriam destinados a gliconêogenese (OLIVEIRA et al., 1995) e/ou aumento na síntese de proteína microbiana que permitiria aumento na disponibilidade de aminoácidos no intestino delgado para absorção e consequente transferência para o leite (MOORE et al., 1992; POORE et al. 1993). Houve tendência de aumento na síntese microbiana com a substituição do milho moído pelo floculado no presente estudo (Tabela 13) e esse dado está de acordo com os efeitos observados de redução do NUL (Tabela 5), redução do NUP (Tabela 20), redução na excreção de N (Tabela 13), aumento na eficiência de uso do N (Tabela 13), maior concentração de AAE no plasma e maior extração de AAE pela glândula mamária nas dietas com milho floculado.

O fornecimento de SCOP reduziu o teor de proteína do leite em 2,1% e tendeu a reduzir o teor de caseína em 1,7%. Essa é uma resposta clássica do fornecimento de gordura, e não é completamente entendida (ONETTI; GRUMMER, 2004). Uma das teorias para explicar esse fenômeno foi proposta por De Peters e Cant (1992) em que o aumento da eficiência de utilização da energia da dieta com o fornecimento de gordura levaria a um aumento na incorporação de ácidos graxos da dieta na gordura do leite, o que leva a uma redução na síntese *de novo* de ácidos graxos e subsequente redução da exigência de acetato pela glândula mamária que

poderia ser usado como fonte de energia, economizando glicose para a síntese de lactose e concomitante aumento da produção de leite e efeito de diluição da proteína do leite. Como nesse estudo foi observado um aumento na produção de leite em função da suplementação de gordura, redução na síntese *de novo* de ácidos graxos (Tabela 8) e ausência de efeito negativo na síntese de proteína microbiana (Pmic; Tabela 13), é provável que o efeito de diluição explique a redução no teor de proteína do leite.

O teor de lactose e a quantidade de células somáticas não foram influenciados pelo fornecimento de gordura e processamento de grãos. O extrato seco desengordurado do leite (ESD) aumentou com o fornecimento de milho floculado em comparação ao milho moído, o qual é atribuído ao aumento no teor de proteína do leite. No entanto, o teor de sólidos totais não foi alterado em função da redução do teor de gordura no leite ocasionado pela adição de SCOP. O Fornecimento de SCOP reduziu o teor de ESD e tendeu a reduzir o teor de sólidos totais, o que é decorrente da redução do teor de proteína do leite.

A produção de gordura do leite não foi influenciada pelo método de processamento do milho. Apesar de o milho floculado reduzir o teor de gordura do leite, houve aumento da produção de leite com adição de floculado na dieta, e, portanto não houve alteração da produção de gordura no leite. A produção de proteína do leite aumentou 15,8% com o fornecimento de milho floculado, o que é resultado tanto do aumento de proteína do leite quanto de aumento da produção de leite. Além disso, houve aumento na produção de lactose em 6% quando do fornecimento de milho floculado. A produção de gordura do leite (14,2%), a produção de proteína do leite (12,7%) e a produção de lactose (15,3%) foram elevadas quando do fornecimento de SCOP em função do expressivo aumento em produção de leite.

O perfil de ácidos graxos dos alimentos, forragem e SCOP encontram-se na Tabela 7. Para o capim elefante o principal ácido graxo encontrado foi o linolênico (C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15), seguido do ácido palmítico (C16:0) e linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12). Existem poucos trabalhos avaliando o perfil de ácidos graxos de plantas tropicais. Entretanto, os resultados encontrados estão próximos aos relatados por Macedo (2012) e Souza (2014). Com relação ao milho e ao farelo de soja, o principal ácido graxo em ambos foi linoleico (48,2% e 51,4%, respectivamente). Os SCOP apresentaram elevada concentração de ácido palmítico

e oleico (48,57% e 34,30%, respectivamente), estando estes resultados dentro do esperado.

Tabela 7 – Perfil de ácidos graxos dos alimentos utilizados.

g/100g de gordura	Capim elefante	Milho	Farelo de soja	SCOP
C4:0	-	0,02	-	-
C6:0	-	0,02	-	0,01
C8:0	-	0,02	-	0,03
C10:0	-	0,01	-	0,02
C12:0	0,45	0,11	0,04	0,20
C14:0	0,41	0,05	0,25	1,19
C16:0	18,5	-	20,2	48,57
C18:0	2,5	-	4,62	4,40
C18:1 <i>cis</i> -9	1,72	0,98	12,84	34,31
C18:1 <i>cis</i> -11	0,32	0,34	1,81	-
C18:1 <i>cis</i> -12	0,21	0,03	1,18	-
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12	14,3	48,2	51,4	0,06
C20:0	0,21	1,27	0,26	0,33
C18:3 <i>cis</i> -9 <i>cis</i> -12 <i>cis</i> -15	53,8	-	6,43	0,25
C22:0	0,63	-	0,34	0,06

SCOP: sais de cálcio de óleo de palma.

Não houve interação entre o processamento do milho e o fornecimento de SCOP (Tabela 8). Houve redução dos ácidos graxos C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C14:1 *cis*-9, C15:0, C17:0 e C17:1 quando da suplementação com SCOP. Porém, a suplementação com SCOP aumentou a incorporação de C4:0, C16:0, C18:1 *trans*-6,7,8,9, C18:1 *trans*-10,11 e C18:2 *cis*-9, *trans*-11. O fornecimento de milho floculado reduziu a quantidade de C12:0, C14:0 e C18:0; e aumentou a concentração de C18:2 *cis*-9, *cis*-12 no leite.

A quantidade de ácidos graxos provenientes da síntese *de novo* foi reduzida com a suplementação de SCOP. Em contrapartida, houve acréscimo de C16:0 + C16:1, que podem ser originados pela síntese *de novo* e/ou incorporados via dieta ou mobilização corporal. Além disso, não houve efeito da suplementação de SCOP

sobre os ácidos graxos pré-formados. Resultados similares foram observados por Lock et al. (2013) e Piantoni et al. (2013), que suplementaram ácido palmítico purificado para vacas em lactação recebendo dieta total e relataram redução de ácidos graxos cadeia curta e média, e aumento na incorporação de C16:0 no leite. Tem sido proposto que a suplementação com C16:0 pode reduzir a atividade da acetil-CoA carboxilase e/ou ácido graxo sintetase devido a uma inibição alostérica pelo C16:0 (WRIGHT; CANT; MCBRIDE, 2002), ou inibição da acetil-CoA carboxilase na glândula mamária pelo palmitoil-CoA derivado do C16:0 (MILLER; GEROCH; LEVY, 1970). O processamento do milho não alterou a origem dos ácidos graxos do leite.

A concentração de ácidos graxos saturados no leite foi aumentada pela suplementação de SCOP. Em contrapartida, houve tendência de redução dos ácidos graxos monoinsaturados e não houve efeito sobre os ácidos graxos poli-insaturados. A floculação do milho não afetou os ácidos graxos saturados e monoinsaturados, mas aumentou a concentração de poli-insaturados do leite.

Não houve interação entre milho e gordura quanto ao consumo e digestibilidade dos nutrientes (Tabela 9). O consumo de MS, MO, PB, FDN e CNF; e a digestibilidade da PB e FDN não foram influenciados pelo processamento do milho e fornecimento de SCOP. O consumo de EE foi maior para os tratamentos com SCOP (605 vs. 315 g dia⁻¹). A digestibilidade da MS e MO tenderam a ser superior para os tratamentos com milho floculado, o que está associado ao fato do milho floculado ter aumentado a digestibilidade dos CNF (88,44% vs. 84,72%). A digestibilidade da MO tendeu a aumentar com a suplementação de SCOP. Não houve diferenças entre o consumo de amido entre os diferentes tratamentos experimentais. A digestibilidade no amido no trato total não foi influenciada pela suplementação com gordura. No entanto, a digestibilidade do amido no trato total aumentou 6,6% quando da utilização do milho floculado em comparação ao milho moído (96,44 vs. 90,45%). Para vacas em lactação a digestibilidade no trato total do milho laminado a seco, grão úmido e floculado, é 89,95; 95,90 e 93,4%, respectivamente (OWENS; SODERLUND, 2006). Em vacas leiteiras a digestão no intestino delgado corresponde a 48,4; 57,7 e 65,4% do amido que sai do abomaso para milho laminado a seco, grão úmido e floculado, respectivamente. Comparado com bovinos de corte, vacas leiteiras possuem consideravelmente menor digestão do amido no rúmen, e no trato total. Isso indica que o sítio de digestão é diferente de

acordo com essas categorias animais, visto que quase o dobro do amido (37 vs. 20% do amido ingerido) desaparece pós-ruminalmente em vacas comparado com bovinos de corte. Uma maior taxa de diluição de sólidos, redução do tempo de retenção associado aos maiores consumo e FDN dietético podem explicar as razões pelos quais a digestão de amido no rúmen é menor em vacas (OWENS; SODERLUND, 2006).

O consumo de MS não foi afetado pela adição de SCOP. Os mesmos resultados foram observados por Lock et al. (2013). Apesar de Onetti e Grummer (2004) relatarem que a resposta clássica à suplementação de gordura é a redução do consumo, essa geralmente está associada a suplementação de lipídeos insaturados, em função dos efeitos negativos sobre a fermentação ruminal (JENKINS, 1993) e por estimularem a liberação de CCK e do GLP-1, dois potentes reguladores da saciedade e reduzir a liberação de grelina (BRADFORD; HARVATINE; ALLEN, 2008). O processamento do milho também não afetou o consumo de MS. Resultados similares foram observados por Theurer et al. (1999), em que o fornecimento de milho floculado não afetou o consumo em comparação ao milho laminado a seco.

A digestibilidade da MS e MO tenderam a ser maiores para o milho floculado. A floculação do milho rompe as principais barreiras que limitam a digestão do amido e aumentam a digestibilidade ruminal, pós-ruminal e do trato total do amido (OWENS; SODERLUND, 2006). Assim, o aumento da digestibilidade no presente estudo é devido a maior digestibilidade do amido no trato total. A digestibilidade da MO tendeu a ser maior para os tratamentos com SCOP, porém geralmente a adição de gordura não altera a digestibilidade aparente dos nutrientes em função do nível de inclusão ser baixo na dieta (WEISS; PINOS-RODRIGUEZ; WYATT, 2011). Piantoni et al. (2013) suplementaram C16:0 e não observaram efeito sobre o consumo, mas houve aumento na digestibilidade dos nutrientes. Uma hipótese levantada pelos autores supracitados é que o fornecimento de C16:0 poderia aumentar o tempo de retenção ruminal em decorrência da redução da motilidade do rúmen mediada pela liberação de CCK (CHOI et al., 2000).

Tabela 8 – Perfil de ácidos graxos do leite de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho (g por 100 de ácidos graxos).

(Continua)

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
C4:0	2,52	2,70	2,45	2,56	0,07	0,14	0,03	0,65
C6:0	1,72	1,59	1,66	1,55	0,06	0,40	0,03	0,98
C8:0	1,15	0,93	1,14	0,98	0,05	0,67	< 0,01	0,67
C10:0	2,55	1,99	2,73	2,13	0,15	0,29	< 0,01	0,89
C12:0	2,19	1,74	2,61	1,94	0,16	0,05	< 0,01	0,44
C14:0	9,93	8,41	9,65	8,27	0,39	0,59	< 0,01	0,86
C15:0 iso	0,31	0,30	0,30	0,29	0,01	0,29	0,22	0,95
C15:0 anteiso	0,43	0,39	0,45	0,41	0,02	0,39	0,03	0,88
C14:1 <i>cis</i> -9	0,74	0,57	0,77	0,62	0,06	0,37	< 0,01	0,88
C15:0	1,09	0,94	1,15	0,95	0,07	0,54	< 0,01	0,69
C16:0	26,42	27,74	26,73	28,82	0,68	0,42	< 0,01	0,66
C16:1 <i>cis</i> -9	0,94	0,85	0,91	0,82	0,07	0,65	0,14	0,95
C17:0	0,59	0,56	0,64	0,52	0,03	0,90	0,01	0,14
C17:1	0,39	0,34	0,39	0,32	0,03	0,71	0,03	0,61
C18:0	13,5	13,7	12,6	12,3	0,62	0,03	0,97	0,63

Tabela 8 – Perfil de ácidos graxos do leite de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho (g por 100 de ácidos graxos).

(Conclusão)

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*
								Gordura
C18:1 <i>trans</i> -6,7,8,9	0,49	0,53	0,48	0,68	0,05	0,15	0,01	0,11
C18:1 <i>trans</i> -10,11	1,64	2,21	1,72	2,17	0,12	0,81	< 0,01	0,58
C18:1 <i>cis</i> -9	22,88	24,16	23,49	23,68	0,79	0,93	0,31	0,45
C18:1 <i>cis</i> -11	2,08	2,22	2,03	2,15	0,10	0,53	0,20	0,93
C18:2 <i>cis</i> -9,12	1,60	1,72	1,82	1,88	0,10	0,04	0,33	0,82
C18:2 <i>cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,73	0,82	0,78	0,86	0,05	0,24	0,03	0,82
Soma < C16:0	23,62	20,26	24,21	20,90	0,94	0,46	< 0,01	0,98
Soma C16:0 + C16:1	28,14	29,72	28,17	30,47	0,74	0,48	0,04	0,51
Soma > C16:0	48,24	50,02	47,62	51,37	1,34	0,36	0,12	0,69
Saturados	62,07	64,79	63,21	63,78	0,62	0,96	< 0,01	0,22
Monoinsaturados	34,65	32,07	33,28	32,89	0,91	0,75	0,09	0,21
Poli-insaturados	3,28	3,14	3,51	3,33	0,10	0,02	0,19	0,99

Tabela 9 – Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
CMS (kg dia ⁻¹)	17,46	17,07	16,43	17,53	0,58	0,53	0,21	0,52
DMS (%)	70,90	71,98	71,82	72,74	0,35	0,10	0,16	0,34
CMO (kg dia ⁻¹)	14,73	15,05	14,78	14,93	0,72	0,60	0,42	0,74
DMO (%)	69,71	73,50	72,70	74,24	0,95	0,08	0,07	0,48
CPB (kg dia ⁻¹)	2,66	2,68	2,57	2,64	0,18	0,56	0,61	0,73
DPB (%)	75,12	73,84	73,85	73,23	1,65	0,51	0,50	0,88
CEE (kg dia ⁻¹)	0,321	0,607	0,31	0,604	0,02	0,37	< 0,01	0,49
DEE (%)	84,79	88,84	85,52	90,43	1,17	0,26	< 0,01	0,67
CFDN (kg dia ⁻¹)	4,84	5,03	4,75	4,91	0,56	0,58	0,50	0,77
DFDN (%)	55,73	53,05	52,05	55,08	3,31	0,45	0,54	0,89
CCNF (kg dia ⁻¹)	6,92	6,72	6,83	6,75	0,18	0,91	0,21	0,57
DCNF (%)	84,52	84,92	88,56	88,38	0,86	0,05	0,45	0,54
C amido (kg dia ⁻¹)	4,85	4,79	4,42	4,66	0,21	0,15	0,50	0,32
DATT (%)	90,59	90,31	96,19	96,72	0,71	0,03	0,86	0,56

CMS: consumo de matéria seca; DMS: digestibilidade da matéria seca; CMO: consumo de matéria orgânica; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; CPB: consumo de proteína bruta; DPB: digestibilidade da proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo; DEE: digestibilidade do extrato etéreo; CFDN: consumo de FDN; DFDN: digestibilidade da FDN; CCNF: consumo de carboidratos não fibrosos; DCNF: digestibilidade de carboidratos não fibrosos; C amido: consumo de amido; DATT: digestibilidade do amido no trato total; EPM: erro padrão da média.

Não houve interação entre o processamento do milho e a suplementação com SCOP para as variáveis relacionadas ao comportamento animal (Tabela 10). Houve tendência do tempo em pastejo ser maior para o milho moído em comparação ao floculado (359 vs. 320 minutos dia⁻¹). Apesar de esses valores poderem indicar uma diferença em consumo, isso não foi observado a partir dos dados de consumo. Em estudos anteriores (VOLTOLINI, 2006; MARTINEZ, 2008) na mesma área experimental, o tempo destinado a pastejo foi maior, no entanto o nível de suplementação concentrado usado nesse estudo foi superior, o que permite explicar tais diferenças. O tempo destinado à ruminação foi superior nos animais recebendo milho floculado em comparação ao milho moído (479 vs. 436 minutos dia⁻¹). Esses resultados podem ser atribuídos à forma física do milho floculado, que apresenta um tamanho de partículas maior e menor densidade. Portanto, provavelmente o tempo de retenção ruminal pode ser superior ou apresentar maior capacidade de estimular a mastigação, visto que partículas com maior densidade e menor tamanho de partículas tem maior taxa de passagem (ALLEN, 2000). Não houve efeito do processamento do milho e fornecimento de SCOP sobre o tempo de ócio e dispendido em outras atividades comportamentais.

Os resultados de peso corporal, ECC, variação de peso e ECC são apresentados na Tabela 11. Não houve diferença entre os tratamentos experimentais para peso e ECC no início do experimento (dia 0). Apesar de os animais não terem sido bloqueados por peso e ECC, esses resultados indicam que os animais eram homogêneos também para estas variáveis. O peso e o ECC no 45º dia experimental não foram influenciados pelo processamento do milho e suplementação com SCOP. O peso e o ECC aos 90 dias tenderam a serem maiores para os tratamentos sem SCOP (502; 3,37 vs. 494,5 kg; 3,25). A variação de peso corporal e ECC não foram influenciadas pelo método de processamento e suplementação de SCOP entre o dia 0 e 45. Entretanto, a variação de peso corporal e ECC entre 46º e 90º dia foi maior para os tratamentos sem SCOP (21,3; 0,48 vs. 13,1 kg; 0,42). A variação de peso e ECC durante todo o período experimental (0 aos 90 dias) tendeu a ser maior para os tratamentos sem SCOP (8,6; 0,07 vs. 1,0 kg; 0,0). Os dados de variação de peso corporal e ECC indicam diferenças na mobilização de reservas corporais entre os tratamentos com e sem SCOP. Durante o período experimental os animais que não foram suplementados com SCOP apresentaram maior ganho de peso e ECC, provavelmente devido a menor produção

de leite, e a maior mobilização de reservas dos animais recebendo SCOP pode explicar pelo menos em parte a maior produção de leite.

Tabela 10 – Comportamento de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
Pastejo (min dia ⁻¹)	345	371	332	318	15,4	0,08	0,71	0,27
Ruminação (min. dia ⁻¹)	442	429	478	481	15,9	0,05	0,81	0,73
Ócio (min. dia ⁻¹)	356	340	327	342	17,5	0,45	0,97	0,38
Outros (min. dia ⁻¹)	297	300	303	299	12,2	0,91	0,97	0,99

Tabela 11 – Peso corporal, variação de peso corporal, escore de condição corporal (ECC) e variação de ECC de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
Peso dia 0 (kg)	506,1	493,3	480,8	498,8	20,12	0,60	0,88	0,41
Peso dia 45 (kg)	492,3	481,1	469,3	486,8	22,90	0,62	0,86	0,42
Peso dia 90 (kg)	514,3	494,8	490,0	499,3	19,40	0,62	0,08	0,47
Variação de peso dia 0-45	-13,82	-12,25	-11,54	-12,04	1,22	0,31	0,63	0,37
Variação de peso dia 45-90	22,02	13,71	20,74	12,56	3,10	0,78	0,08	0,98
Variação de peso dia 0-90	8,12	1,51	9,23	0,54	4,40	0,95	0,10	0,82
ECC dia 0	3,21	3,21	3,30	3,30	0,13	0,44	0,87	0,87
ECC dia 45	2,87	2,79	2,91	2,79	0,13	0,86	0,41	0,86
ECC dia 90	3,25	3,21	3,40	3,30	0,08	0,55	0,06	0,56
Variação de ECC 0-45	-0,33	-0,41	-0,42	-0,50	0,06	0,16	0,16	0,99
Variação de ECC 45-90	0,38	0,42	0,49	0,51	0,12	0,85	0,57	0,85
Variação de ECC 0-90	0,04	0,00	0,10	0,00	0,04	0,57	0,10	0,85

EPM: erro padrão da média.

Os resultados de balanço energético encontram-se na Tabela 12. Não houve interação entre processamento de milho e fornecimento de SCOP para as variáveis relacionadas com a ingestão e balanço energético. O maior consumo de energia foi observado no tratamento com milho floculado associado ao fornecimento de SCOP (24,9 Mcal dia⁻¹). Não houve diferença no consumo de energia entre os tratamentos milho moído com SCOP e milho floculado sem SCOP (28,1 e 27,8 Mcal dia⁻¹, respectivamente); entretanto, ambos os tratamentos foram superiores a ingestão de energia do milho moído sem SCOP (26,6 Mcal dia⁻¹). A suplementação com SCOP permitiu aumentar em 6% o consumo de energia (28,8 vs. 27,2 Mcal dia⁻¹). O consumo de energia aumentou em função do aumento de energia líquida da dieta sem decréscimo em consumo de MS. O fornecimento de milho floculado também elevou em 4,3% a ingestão de energia líquida (27,4 vs. 28,6 Mcal dia⁻¹).

A energia líquida secretada por kg de leite não diferiu entre os tratamentos experimentais. No entanto, a energia líquida secretada no leite diariamente foi maior para os tratamentos recebendo SCOP (16,58 vs. 14,85 Mcal dia⁻¹). Houve tendência de o milho floculado também aumentar a energia líquida secretada no leite diariamente (16,05 vs. 15,39 Mcal dia⁻¹). O aumento na secreção de energia em decorrência da suplementação com SCOP se deve principalmente ao acréscimo expressivo da produção de leite. No caso do milho floculado, essa diferença na secreção de energia no leite se deve ao aumento de produção de leite e proteína.

A suplementação com gordura aumentou o consumo de EL em 1,6 Mcal dia⁻¹ e a diferença de EL secretada no leite foi de 1,73 Mcal dia⁻¹ entre os animais que receberam e não receberam SCOP. Assim, o maior consumo de energia nos animais suplementados com SCOP explica 92,5% a maior produção de leite. Além disso, isso juntamente com a variação praticamente nula de peso e ECC evidência a maior partição de nutrientes direcionada à produção de leite. O fornecimento de milho floculado promoveu acréscimo de 1,2 Mcal dia⁻¹ no consumo de energia e a diferença de energia secretada no leite foi de 0,66 Mcal dia⁻¹ entre os animais que receberam milho moído e floculado. Portanto, o aumento na EL secretada no leite correspondeu a 55% da diferença em consumo de EL. Apesar do milho floculado também ter aumentado a produção de leite, a eficiência de uso de energia foi maior para a suplementação com SCOP.

O consumo de N e a eficiência de utilização do N são apresentados na Tabela 13. Não houve interação entre o processamento do milho e a suplementação com

SCOP para essas variáveis. O N secretado no leite foi maior para o milho floculado com gordura ($138,59 \text{ g dia}^{-1}$) comparado ao milho floculado sem SCOP e ao milho moído com SCOP ($120,27$ e $123,78 \text{ g dia}^{-1}$, respectivamente). O menor valor de N no leite ocorreu no tratamento milho moído sem SCOP ($110,25 \text{ g dia}^{-1}$). O milho floculado aumentou a quantidade de N no leite em 10,6% comparado ao milho moído, o que está associado com o aumento na proteína do leite. A eficiência de uso do N foi maior para os tratamentos de milho floculado com e sem SCOP (33,98 e 31,11%, respectivamente). A suplementação com SCOP aumentou a eficiência de utilização do N comparado aos tratamentos sem SCOP (31,85 e 28,8%, respectivamente). Esse fato pode ser atribuído a maior produção de leite nesses tratamentos.

A quantidade de N excretado nas fezes não foi influenciada pelos tratamentos. Como não houve diferença em consumo de proteína e digestibilidade, esses resultados eram esperados. A quantidade de N excretada na urina foi drasticamente reduzida com o fornecimento de milho floculado ($39,41$ vs. $74,29 \text{ g dia}^{-1}$). Esses resultados sugerem que a eficiência de N metabolicamente foi superior e explicam a maior eficiência do uso do N. O nitrogênio excretado foi superior para as dietas com milho moído em comparação ao milho floculado ($248,68$ vs. $213,00 \text{ g dia}^{-1}$). A síntese de Pmic foi maior para o milho floculado em comparação ao milho moído ($1452,21$ vs. $1294,85 \text{ g dia}^{-1}$). Esse aumento de 12,2% na síntese de Pmic é provavelmente o grande responsável pelo acréscimo de proteína do leite e melhoria do uso do N de forma geral. Esses dados corroboram os revisados por Theurer et al. (1999), em que o milho floculado aumentou o fluxo de Pmic para o duodeno em comparação ao milho laminado a seco, em função do aumento da digestibilidade ruminal do amido e fornecimento de substrato para crescimento microbiano. Além disso, Firkins et al. (2001) observaram que o N microbiano que chegou ao duodeno aumentou em 15,2% quando o milho floculado foi utilizado em comparação ao milho moído.

Tabela 12 – Consumo de energia líquida de lactação (ELL), energia secretada por kg de leite e por dia, energia no ganho, energia disponível para manutenção, eficiência de uso da energia para produção de leite e funções produtivas de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem	Com	Sem	Com		Milho	Gordura	Milho*
	SCOP	SCOP	SCOP	SCOP				
Consumo de ELL (Mcal dia ⁻¹)	26,6	28,1	27,8	29,4	0,49	0,05	< 0,01	0,76
ELL leite (Mcal kg ⁻¹)	0,67	0,66	0,68	0,66	0,01	0,66	0,45	0,63
ELL leite (Mcal dia ⁻¹)	14,65	16,13	15,09	17,02	0,41	0,09	0,01	0,72
ELL no ganho (Mcal dia ⁻¹)	0,01	0,16	0,52	0,32	0,21	0,47	0,98	0,29
ELL disp. manutenção (Mcal dia ⁻¹)	11,9	11,8	12,2	12,0	0,92	0,21	0,36	0,32
ELL leite/ELL consumida	0,55	0,58	0,54	0,58	0,02	0,41	< 0,01	0,39
ELL prod./ELL consumida	0,55	0,58	0,56	0,59	0,04	0,55	0,22	0,45

EPM: erro padrão da média.

Tabela 13 – Consumo de N, eficiência do uso do N (EUN), excreção de N e síntese de proteína microbiana (Pmic) de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
Consumo de N (g dia ⁻¹)	424,81	429,02	412,74	422,89	23,13	0,56	0,61	0,74
N leite (g dia ⁻¹)	110,25	123,78	120,27	138,59	3,59	< 0,01	< 0,01	0,45
EUN (%)	26,54	29,72	31,11	33,98	1,47	< 0,01	0,04	0,92
N fezes (g dia ⁻¹)	167,18	173,82	164,65	182,25	9,64	0,77	0,24	0,60
N urina (g dia ⁻¹)	78,53	70,05	35,42	43,4	7,06	< 0,01	0,97	0,27
N excretado (g dia ⁻¹)	245,61	243,76	200,25	225,74	11,78	0,01	0,35	0,28
Pmic (g dia ⁻¹)	1261,28	1328,42	1438,41	1466,00	78,56	0,06	0,18	0,94

EPM: erro padrão da média.

A concentração arterial dos aminoácidos não essenciais (AANE) é apresentada na Tabela 14. Não houve interação entre o processamento do milho e a suplementação com SCOP para essas variáveis relacionadas aos AA. Não houve efeito da suplementação com SCOP para a concentração arterial dos AANE. A concentração de alanina, cisteína, aspartato, glutamato, serina e prolina aumentaram com o fornecimento de milho floculado quando comparado ao milho moído.

A concentração dos AAE bem como o somatório de AAE, AANE e AACR é apresentada na Tabela 15. Não houve efeito dos SCOP sobre a concentração arterial dos AAE e o somatório de AAE. A concentração de histidina, arginina, treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina, somatório de AAE, somatório de AANE, somatório de AACR e somatório total de AA foi maior para os tratamentos recebendo milho floculado quando comparados aos tratamentos recebendo milho moído.

As diferenças arteriovenosa dos AANE e AAE são apresentadas nas Tabelas 16 e 17, respectivamente. Não houve interação entre suplementação com gordura e método de processamento de milho. Não houve efeito da suplementação de SCOP para a diferença arteriovenosa dos AANE, mas houve tendência de aumento na diferença arteriovenosa dos AAE isoleucina e lisina e dos AAE totais. A floculação tendeu a aumentar as diferenças arteriovenosas dos ANE alanina, serina e glicina em comparação com a moagem do milho. Com relação à diferença arteriovenosa para os AAE, a floculação aumentou as extrações de arginina, metionina, isoleucina, fenilalanina, lisina, dos AAE totais, dos AANE totais e do total de AA, além de ter havido tendência em aumentar a extração de treonina, valina e AACR.

As eficiências de extração dos AANE e AAE pela glândula mamária são apresentadas nas Tabelas 18 e 19, respectivamente. Não houve efeito dos SCOP sobre a eficiência de extração dos AANE individualmente. Entretanto, a suplementação com SCOP aumentou as eficiências de extração de lisina e de ACR e tendeu a aumentar as eficiências de extração de histidina, treonina, metionina, AAE totais, AANE totais e AA totais. Com relação ao AANE a floculação diminuiu a eficiência de extração da cisteína e tendeu a reduzir a de serina e aumentar a de glicina e tendeu a aumentar a eficiência de extração dos AANE totais. Com relação aos AAE, a floculação diminuiu a eficiência de extração da arginina, treonina, fenilalanina e tendeu a diminuir a eficiência de extração da histidina, metionina,

leucina e lisina. Como resultado geral a floculação reduziu a eficiência de extração dos AAE totais, tendeu a aumentar a eficiência de extração dos AANE totais e finalmente, aumentou a extração dos AA totais.

Assim como no presente estudo, Tagari et al. (2008), também relataram que o fornecimento de milho floculado aumentou a concentração arterial dos AAE, AANE e tendeu a aumentar os AA totais. No presente estudo a floculação também aumentou a extração de AA totais pela glândula mamária. O fluxo de proteína microbiana para o duodeno foi maior para os tratamentos contendo milho floculado, e como não houve diferença entre os tratamentos quanto a digestibilidade da proteína no trato total, pode-se inferir que a quantidade de proteína metabolizável foi maior nas dietas com milho floculado, o que permitiu maior aporte e absorção de AA, aumentando a concentração arterial e a disponibilidade de AA para síntese de proteína do leite, que foi 15,8% maior para o milho floculado em comparação com o milho moído.

A suplementação com SCOP causou aumento expressivo na produção de leite com redução no teor de proteína e de caseína do leite. Entretanto, as concentrações de arteriais de AAE, AANE, ACR e AA totais não foram afetadas pela suplementação com gordura e houve aumento na extração de AAE e tendência de aumento nas eficiências de extração de AAE, de AANE e de AA totais, além do aumento na eficiência de extração de ACR, possibilitando que as vacas suplementadas com gordura produzissem mais proteína do leite que as vacas não suplementadas.

Tomando como base o percentual de extração pela glândula mamária como um indicador do AA limitante pode-se observar que a metionina, seguida da lisina, foram os aminoácidos com maior percentual de extração e, portanto os mais limitantes para a síntese de proteína do leite.

Tabela 14 – Concentração arterial de aminoácidos não essenciais (AANE) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
AANE ($\mu\text{mol L}^{-1}$)								
Alanina	166,65	166,27	175,59	175,30	0,47	< 0,01	0,42	0,91
Cisteina	27,71	27,75	33,24	33,48	1,72	0,01	0,80	0,54
Aspartato	18,92	18,13	33,25	33,30	0,93	< 0,01	0,71	0,66
Glutamato	46,00	45,07	62,84	82,86	1,06	< 0,01	0,62	0,67
Serina	74,35	72,52	88,62	88,88	1,77	< 0,01	0,66	0,57
Glicina	305,41	302,76	315,34	316,34	5,94	0,11	0,71	0,86
Prolina	56,50	55,51	67,58	62,04	1,27	< 0,01	0,82	0,58
Tirosina	21,59	21,27	25,95	26,00	3,77	0,34	0,73	0,55

EPM: erro padrão da média.

Tabela 15 – Concentração arterial de aminoácidos essenciais (AAE), somatório de AAE, AANE e aminoácidos de cadeia ramificada (AACR) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
AAE ($\mu\text{mol L}^{-1}$)								
Histidina	36,02	35,99	44,33	43,88	0,51	< 0,01	0,65	0,69
Arginina	113,63	111,71	136,67	136,25	1,66	< 0,01	0,49	0,66
Treonina	59,69	58,34	71,50	71,73	3,61	0,02	0,68	0,57
Valina	215,85	215,52	225,68	225,57	1,47	< 0,01	0,65	0,82
Metionina	18,23	18,14	21,64	21,26	0,21	< 0,01	0,52	0,83
Isoleucina	117,39	118,26	120,16	121,08	1,11	0,01	0,65	0,51
Leucina	128,67	125,34	139,61	134,24	2,22	< 0,01	0,28	0,57
Fenilalanina	44,58	44,41	47,90	49,86	1,25	< 0,01	0,58	0,89
Lisina	54,77	54,84	78,11	79,22	1,54	< 0,01	0,29	0,60
AAE	788,83 b	782,55 b	885,60 a	883,09 a	9,14	< 0,01	0,43	0,77
AANE	717,12 b	709,28 b	802,41 a	818,20 a	18,36	< 0,01	0,70	0,64
AACR	461,91 b	459,12 b	485,45 a	480,89 a	3,75	0,01	0,43	0,86
Total	1505,95 b	1491,83 b	1688,01 a	1701,29 a	41,28	< 0,01	0,59	0,69

EPM: erro padrão da média.

Tabela 16 – Diferença arteriovenosa de aminoácidos não essenciais (AANE) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
AANE ($\mu\text{mol L}^{-1}$)								
Alanina	10,88	15,64	18,62	21,62	3,85	0,05	0,97	0,48
Cisteína	16,64	17,25	17,26	18,08	5,32	0,20	0,88	0,8
Aspartato	7,77	9,11	14,58	17,21	5,75	0,14	0,67	0,99
Glutamato	33,35	35,60	41,02	43,5	3,65	0,19	0,78	0,59
Serina	30,34	34,84	39,03	38,55	5,28	0,10	0,46	0,79
Glicina	16,73	17,21	28,87	29,54	6,76	0,07	0,93	0,98
Prolina	10,59	14,69	13,65	18,57	8,51	0,14	0,71	0,43
Tirosina	8,58	9,62	10,06	10,82	3,80	0,11	0,91	0,24

EPM: erro padrão da média.

Tabela 17 – Diferença arteriovenosa de aminoácidos essenciais (AAE), somatório de AAE, AANE e aminoácidos de cadeia ramificada (AACR) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
AAE ($\mu\text{mol L}^{-1}$)								
Histidina	12,95	15,42	13,52	14,30	1,813	0,02	0,04	0,33
Arginina	49,97	40,5	43,66	46,61	3,36	0,01	0,82	0,67
Treonina	25,16	30,15	38,70	38,90	5,33	0,05	0,95	0,64
Valina	44,65	54,38	54,03	54,85	4,31	0,06	0,33	0,92
Metionina	13,86	14,27	15,82	15,74	0,68	0,04	0,85	0,64
Isoleucina	48,44	49,09	50,28	51,68	0,69	0,03	0,05	0,83
Leucina	62,19	60,2	60,59	63,3	1,60	0,32	0,67	0,45
Fenilalanina	17,55	19,37	21,49	22,41	0,46	< 0,01	0,80	0,53
Lisina	40,99	48,44	48,35	52,35	1,90	0,01	0,08	0,46
AAE	315,76	331,82	346,44	360,14	12,97	< 0,01	0,09	0,61
AANE	136,88	147,96	183,09	197,89	24,55	0,02	0,69	0,64
AACR	155,28	163,67	164,9	169,83	3,68	0,09	0,26	0,94
Total	452,64	479,78	529,53	558,03	21,50	0,01	0,88	0,9

EPM: erro padrão da média.

Tabela 18 – Eficiência de extração da glândula mamária de aminoácidos não essenciais (AANE) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
AANE (%)								
Alanina	7,73	12,80	10,60	12,33	2,46	0,30	0,70	0,71
Cisteína	60,05	62,16	51,93	54,00	3,86	0,04	0,81	0,79
Aspartato	41,07	50,25	43,85	51,68	2,91	0,66	0,69	0,73
Glutamato	72,50	78,99	65,28	52,50	3,89	0,75	0,59	0,71
Serina	40,81	48,04	44,04	43,37	2,40	0,07	0,98	0,52
Glicina	5,48	7,68	9,16	9,34	1,46	0,08	0,65	0,91
Prolina	18,74	26,46	20,20	29,93	12,94	0,89	0,83	0,11
Tirosina	39,74	45,23	38,77	41,62	4,79	0,29	0,69	0,36

EPM: erro padrão da média.

Tabela 19 – Eficiência de extração da glândula mamária de aminoácidos essenciais (AAE), somatório de AAE, AANE e aminoácidos de cadeia ramificada (AACR) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
AAE (%)								
Histidina	35,95	42,85	30,50	32,59	1,49	0,05	0,08	0,49
Arginina	43,98	36,25	31,95	34,21	1,88	0,03	0,84	0,87
Treonina	42,15	51,68	54,13	54,23	3,64	0,02	0,06	0,27
Valina	20,69	25,23	23,94	24,32	1,93	0,26	0,53	0,67
Metionina	76,03	78,67	73,11	74,04	1,31	0,07	0,08	0,88
Isoleucina	41,26	41,51	41,84	42,68	0,78	0,82	0,75	0,63
Leucina	48,33	48,03	43,40	47,15	1,19	0,08	0,19	0,74
Fenilalanina	39,37	43,62	44,86	44,95	0,83	0,04	0,21	0,75
Lisina	74,84	88,33	61,90	66,08	3,93	0,05	0,04	0,37
AAE (%)	40,03	42,40	39,12	40,78	0,73	0,03	0,09	0,22
AANE (%)	19,09	20,86	22,82	24,19	1,25	0,09	0,07	0,60
AACR (%)	33,62	35,65	33,97	35,32	0,82	0,84	0,04	0,80
Total (%)	30,06	32,16	31,37	32,80	1,32	0,03	0,07	0,69

EPM: erro padrão da média.

A concentração de glicose plasmática não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 20). O processamento mais extenso do milho promoveu redução de 48,7% na concentração de nitrogênio ureico no plasma (NUP; 15,84 vs. 8,13 mg dL⁻¹), e o fornecimento de SCOP tendeu a reduzir em 28% o NUP. Tanto o milho floculado quanto a suplementação com SCOP alteram a concentração de ácidos graxos não esterificados (AGNE) no plasma. Os tratamentos com milho floculado reduziram em 14,7% e a suplementação com SCOP aumentou em 12,8% a concentração de AGNE. Os dados de NUP corroboram com os dados de eficiência de utilização do N que indicaram aumento da eficiência do uso do N com a adição de milho floculado e SCOP. Os resultados de AGNE vão de encontro com os resultados de peso e ECC, onde os animais dos tratamentos com SCOP tenderam a apresentar menor ganho de peso e menor ganho de condição corporal que os não suplementados.

O desempenho e composição do leite no período residual são apresentados na Tabela 21. Durante o período residual os animais foram mantidos com a mesma dieta e manejo. A suplementação com SCOP na fase inicial da lactação teve efeito residual positivo na produção de leite (14,35 vs. 15,6 kg dia⁻¹) e de sólidos do leite (gordura, proteína e lactose) entre os dias 105 e 280 de lactação. Não houve efeito residual do processamento de milho sobre a produção de leite.

O desempenho e composição de leite em toda a lactação (0-280 DEL) são apresentados na Tabela 22 e Figura 1. A produção de leite na lactação foi influenciada pelo método de processamento do milho e pela suplementação com SCOP. A maior produção de leite foi observada nos tratamentos com SCOP (5409 vs. 4799 kg), em que a suplementação de SCOP permitiu um acréscimo de 12,7% na produção da lactação. O efeito residual do fornecimento de gordura já foi relatado em outros trabalhos mantidos em confinamento (CHALUPA; FERGUNSON, 1990; HOFFMAN et al. 1991; SCHINGOETHE; CASPER, 1991) e para animais mantidos em pastagens tropicais (VILELA et al., 2002; SOUZA, 2014). Schingoethe e Casper (1991) forneceram 1,5% de sebo no terço inicial da lactação e observaram um acréscimo de 300 kg de leite na lactação (4,2%). Para animais em pastagem, Vilela et al. (2002) observaram um acréscimo de 11,5% e Souza (2014) um aumento de 14,1% na lactação. Assim, o presente estudo corrobora com os estudos prévios em pastagem e indicam que vacas mantidas em pastagens tropicais tem uma resposta superior aos animais em confinamento quando do fornecimento de gordura.

O milho floculado também apresentou maior produção de leite ao longo da lactação o que equivale a um aumento de 4,6% na produção de leite na lactação. Esse efeito está relacionado ao aumento na produção de leite no início da lactação. Tanto a suplementação com SCOP, quanto o fornecimento de milho floculado permitiram aumentar a quantidade de proteína, lactose e sólidos totais durante toda a lactação. Além disso, a suplementação com SCOP permitiu aumentar a produção de gordura.

Tabela 20 – Glicose, N ureico no plasma (NUP) e ácidos graxos não esterificados (AGNE) de vacas recebendo ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
Glicose (mg dL ⁻¹)	51,96	53,59	52,24	48,21	2,75	0,24	0,47	0,21
NUP (mg dL ⁻¹)	19,14	12,54	8,72	7,53	1,75	< 0,01	0,08	0,19
AGNE (mmol L ⁻¹)	0,45	0,50	0,37	0,44	0,02	0,01	0,03	0,77

Tabela 21 – Desempenho e composição do leite no período residual (105 aos 280 DEL) de vacas que previamente receberam ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
Produção de leite (kg)	13,9	15,5	14,8	15,6	0,37	0,11	0,001	0,38
Gordura (%)	4,32	4,12	4,24	4,23	0,14	0,81	0,33	0,83
Proteína (%)	3,42	3,47	3,34	3,43	0,08	0,25	0,73	0,49
Lactose (%)	4,42	4,55	4,43	4,42	0,11	0,81	0,27	0,73
Gordura (kg dia)	0,60	0,64	0,62	0,66	0,08	0,14	0,01	0,83
Proteína (kg dia)	0,47	0,53	0,49	0,53	0,10	0,38	0,01	0,78
Lactose (kg dia)	0,61	0,69	0,66	0,69	0,12	0,18	0,01	0,81
Sólidos Totais (%)	13,01	13,04	13,02	12,94	0,27	0,66	0,67	0,81
ESD (%)	8,74	8,89	8,78	8,76	0,10	0,45	0,44	0,29
Caseína (%)	2,65	2,67	2,63	2,55	0,08	0,34	0,89	0,44
N ureico (mg/dL)	9,78	9,51	9,83	9,65	0,31	0,44	0,54	0,65
CCS (log)	2,27	2,27	2,14	2,30	0,13	0,29	0,29	0,88

ESD: extrato seco desengordurado; CCS: contagem de células somáticas; EPM: erro padrão da média.

Tabela 22 – Desempenho e composição do leite no total da lactação de vacas que receberam ou não suplementação com sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho no terço inicial de lactação.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
Produção de leite (kg)	4618	5360	4981	5458	58,49	0,02	< 0,01	0,41
Gordura (kg)	176,04	196,14	184,84	199,34	7,90	0,18	< 0,01	0,37
Proteína (kg)	149,82	171,64	166,84	181,35	7,45	0,03	< 0,01	0,43
Lactose (kg)	205,61	237,23	223,43	242,51	8,74	0,05	< 0,01	0,56
Sólidos totais (kg)	575,25	656,56	623,33	669,73	11,34	0,01	< 0,01	0,78

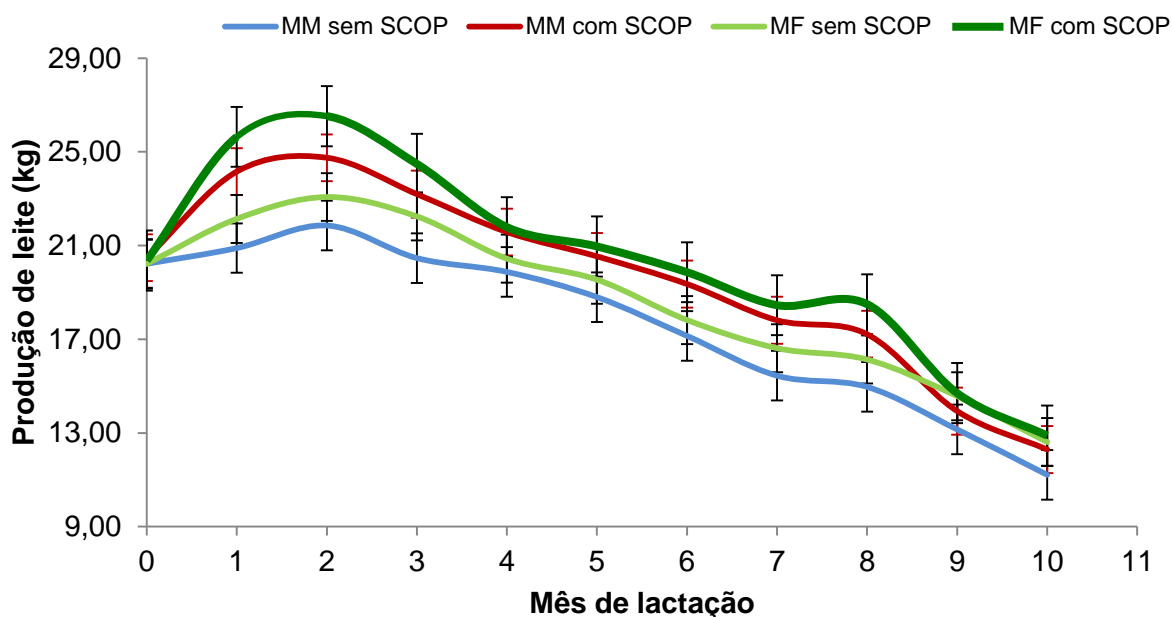


Figura 1 – Curva de lactação de vacas que receberam ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho no terço inicial de lactação (MM= milho moído, MF= milho floculado).

3.4 Conclusão

Não houve interação entre o processamento de milho e a adição de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP). Os SCOP aumentaram a produção de leite, a produção de sólidos do leite, alteraram o perfil lipídico do leite, reduzindo os ácidos graxos de síntese *de novo* e aumentaram a incorporação de C16:0 no leite. Além disso, o SCOP não alterou o consumo MS e tendeu a aumentar a digestibilidade dos nutrientes. A eficiência de uso do N, a eficiência de uso da energia para produção de leite e a eficiência de extração de aminoácidos pela glândula mamária foi maior para os tratamentos com SCOP. O milho floculado aumentou a produção de leite, o conteúdo e a produção de proteína no leite, os ácidos graxos poli-insaturados no leite, a eficiência de uso do N, a digestibilidade dos nutrientes e a concentração arterial de aminoácidos essenciais e não essenciais. Para vacas mantidas em pastagem tropical no início da lactação tanto a floculação milho quanto o fornecimento de SCOP permitem melhorar o desempenho e reduzir a excreção de nutrientes.

Referências

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000.

ARTUNDUAGA, M.A.T.; COELHO, S.G.; LANA, A.M.Q. VALADARES FILHO, S.C. Incidência de doenças no pós-parto de primíparas da raça Holandesa alimentadas com diferentes fontes energéticas durante o período de transição. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, p.616-623, 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 12nd ed. Washington, 1990. 1094 p.

BARGO, J.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, n.1, p.1-42, 2003.

BRADFORD, B.J.; HARVATINE, K.J. ALLEN, M.S. Dietary unsaturated fatty acids increase plasma glucagon-like peptide-1 and cholecystokinin and may decrease premeal ghrelin in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.1443-1450, 2008.

BREMMER, D.R.; OVERTON, T.R.; CLARK, J.H. Production and composition of milk from Jersey cows administered bovine somatotropin and fed ruminally protected amino acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.80, n.7, p.1374-1380, 1997.

BRODERICK, G.A.; REYNAL, S.M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, p.2822-2834, 2009.

CAETANO, M. **Estudo das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados**. 2008. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CANT, J.P.; McBRIDE, B.W. Mathematical analysis of the relationship between blood flow and uptake of nutrients in the mammary glands of a lactating cow. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.62, p.405-422, 1995.

CARARETO, R. **Uso de uréia de liberação lenta para vacas alimentadas com silagem de milho ou pastagens de capim elefante manejadas com intervalos fixos ou variáveis de desfolhas**. 2007. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CHAGAS, L.J. **Teor de proteína no concentrado de vacas de vacas no terço inicial de lactação, mantidas em pasto de capim elefante**. 2011. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CHALUPA, W.; FERGUSON, J.D. Immediate and residual responses of lactating cows on commercial dairies to calcium salts of long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.73, p.13-19, 1990.

CHEN, K.H.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S.; SIMAS, J. CHAN, S.C.; WU, Z.; SULLIVAN, J.L. Effect of steam-flaking corn and sorghum grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.77, p.1038-1043, 1994.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of technical details**. Buckburnd: Roweet Research Institute, 1992. 21 p.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D; CHIZZOTTI, F.H.M.; TEDESCHI, L.O. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. **Livestock Science**, Madison, v.113, p.218-225, 2008.

CHOI, B.R; PALMQUIST, D.L.; ALLEN, M.S. Cholecystokinin mediates depression of feed intake in dairy cattle fed high fat diets. **Domestic Animal Endocrinology**, Lancaster, v.19, p.159-175, 2000.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipids Research**, Paris, v.23, p.1072–1075, 1982.

CLARK, J.H.; SPIRES, H.R.; DAVIS, C.L. Uptake and metabolism of nitrogenous components by the lactating mammary gland. **Fed Proc**, Lancaster, v.37, p.2304-2323, 1978.

COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. Predicting the digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1476-1483, 1986.

CORREA, C.E.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85, p.3008-3012, 2002.

COWAN, R.T. Milk production from grazing systems in the Northern Australia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O FUTURO DOS SISTEMAS DE

PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa, CNPGL, 1996. p.41-49.

DANES, M.A.C.; CHAGAS, L.J.; PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P. Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.96, p.407-419, 2013.

De PETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, p.2043-2070, 1992.

DERESZ, F.; MATOS, L.L.; MOZZER, O.L.; MARTINS, C.E.; AROEIRA, L.J.M.; VERNEQUE, R.S.; COSER, A.C. Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim elefante, com e sem suplementação de concentrado durante a época das chuvas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, n.3, p.334-340, 2003.

DOMBRINK-KUTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal chemistry**, Saint Paul, v.70, n.1, p.105-108, 1993.

DUSKE, K.; HAMMON, H.M.; LANGHOF, A.-K. HARMON, N. Metabolism and lactation performance in dairy cows fed a diet containing rumen-protected fat during the last twelve weeks of gestation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, p.1670-1684, 2009.

FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L.; ST-PIERRE, N.R.; NOFTSGER, S.M. Effects of grain variability and processing on starch utilization by lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v.79, n.218-238, 2001.

FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C.; BREMM, C.; RIBEIRO FILHO, S.A.; GONDA, H.L.; CARVALHO, P.C.F. Management targets for maximizing the short-term herbage intake rate of cattle grazing in sorghum bicolor. **Livestock Science**, Amsterdam, v.145, p.205–211, 2012.

GONZALEZ-RONQUILLO, M.; BALCELLS, J.; GUARDA, J.A.; VICENTE, F. Purine derivative excretion in dairy cows: endogenous excretion and the effect of exogenous nucleic acid supply. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, n.4, p.1286-1291, 2003.

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with low toxicity solvent. **Analitics Biochemistry**, Champaign, v.90, p.420–426, 1978.

HARMON, W.; TAYLOR, C.C. Factors influencing assimilation of dietary starch in beef and dairy cattle. In: SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE, 2005, Nebraska. **Anais...** Nebraska, 2005. P.55-66.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 213 p.

HOFFMAN, P.C.; GRUMMER, R.R.; SHAVER, R.D.; DRENDEL, T.R.; BRODERICK, G.A. Effects of supplemental fat and resistant protein in alfalfa silage diets fed to early lactation dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.73, p.234, 1991.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.

LOCK, A.L.; PRESEAUULT, C.L.; RICO, J.E.; DELAND, K.E.; ALLEN, M.S.; Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.96, p.6650-6659, 2013.

MACEDO, F.L. **Doses de concentrado com ou sem gordura inerte na dieta de vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais**. 2012. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MARTINEZ, J.C. **Avaliação de co-produtos na alimentação de vacas leiteiras mantidas em pastagens tropicais durante a estação chuvosa e alimentadas no cocho durante a estação seca do ano**. 2008. 351 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

McALLISTER, T.A.; CHENG, K.J. Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.62, p.29-36, 1996.

MEPHAM, T.B. Amino acid utilization by lactating mammary gland. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.65, p.287-298, 1982.

MILLER, A.L.; GEROCH, M.E.; LEVY, H.R. Rat mammary-gland acetyl-coenzyme A carboxylase. Interaction with milk fatty acids. **Biochemistry Journal**, New York, v.118, p.645-657, 1970.

MOORE, J.A.; POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; HUBER, J.T.; ARANA, M.J. Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.75, p.3465-3472, 1992.

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V.; HESS, B.W. Technical note: a procedure for preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, New York, v. 82, p. 179-193, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th ed. Washington: National Academy Press, 2001. 408 p.

NENNICH, T.D.; HARRISON, J.H.; Van WIERRINGEN, L.M.; St-PIERRE, N.R.; KINCAID, R.L.; WATTIAUX, M.A.; DAVIDSON, D.L.; BLOCK, E. Prediction and evaluation of urine and urinary nitrogen and mineral excretion from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.353-364, 2006.

OLIVEIRA, J.S.; HUBER, J.T.; BEN-GHEDALIA, SWINGLE, R.S.; THEURER, C.B.; PESSARAKLI, M. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.76, p.575-581, 1993.

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

OWENS, F.N.; SODERLUND, S. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. In: CATTLE GRAIN PROCESSING SYMPOSIUM, 2006, Tulsa. **Anais...** Tulsa: Oklahoma State University, 2006, p. 116-128.

PIANTONI, P.; LOCK, A.L.; RICO, D.; ALLEN, M.S. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.96, p.7143-7154, 2013.

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; ECK, T.P.; SWINGLE, T.P.; THEURER, C.B. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.76, p.2244-2253, 1993.

POPPI, D.P., HUGHES, T.P., L'HUILLIER, P.J. Intake of pasture by grazing ruminants. In: NICOL, A.M. (Ed.). **Livestock feeding on pasture.** Hamilton: New Zealand Society of Animal Production, 1987. p.55-64

RABIEE, A.R.; BREINHILD, K.; SCOTT, W.; GOLDBERGER, H.M.; BLOCK, E.; LEAN, I.J. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.95, p.3225-3247, 2012

SANTOS, F.A.P.; DANÉS, 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.

SANTOS, F.A.P.; DÓREA, J.R.R.; SOUZA, J.; BATISTEL, F.; COSTA, D.F. Forage management and methods to improve nutrient intake in grazing cattle. In: 25th ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 2014, Gainesville. **Anais...** Gainesville: UF, 2014. p. 142-164.

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, 2005. p.219-294.

SANTOS, F.A.P.; SOUZA, J.; BATISTEL, F. Uso intensivo de pastagem para produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 1., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: FAMEV, UFU, 2012. p.161-208.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: users guide. Version 9.0. ed. Cary, 2002.

SCHINGOETHE, D.; CASPER, D.P. Total lactational response to added fat during early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, p.2617-2622, 1991.

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

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B.; CHEN, K.H.; SANTOS, F.A.P.; WU, Z. Influence of sorghum grain processing on performance and nutrient digestibilities in dairy cows fed varying concentrations of fat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.1966-1971, 1998.

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; WU, Z.; CHEN, K.H.; CHAN, S.C.; THEURER, C.B.; SWINGLE, R.S. Influence of steam-processed sorghum grain alters performance and sites of digestibility by growing-finishing steers. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.78, p.1526-1533, 1995.

SOUZA, J. **Fontes de gordura alteram o desempenho e o metabolismo de vacas mantidas em pastagens tropicais**. 2014. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.36, n.6, p.1202-1206, 1988.

SWEENEY, R.A. Generic combustion method for determination of crude protein in feeds. **Journal of Official Analytical Chemists**, San Diego, v.72, p.770-774, 1989.

TAGARI, H.; WEBB, K.; THEURER, B.; HUBER, L.T.; DEYOUNG, D.; CUNEO, P.; SANTOS, J.E.P.; SIMAS, J.; SADIK, M.; ALIO, A.; LOZANO, O.; DELGADO-ELORDUY, A.; NUSSIO, L.G.; BITTAR, C.M.M.; SANTOS, F.A.P. Mammary uptake, portal-drained visceral flux, and hepatic metabolism of free and peptide-bound amino acids in cows fed steam-flaked or dry-rolled sorghum grain diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.91, p.679-697, 2008.

THEURER, C.B.; HUBER, J.T.; DELGADO-ELORDUY, A.; WANDERLEY, R. Invited review: Summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, p.1950-1959, 1999.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VILELA, D.; ALVIM, M.J.; De MATOS, L.L.; MATIOLI, J.B. Utilização de gordura protegida durante o terço inicial da lactação de vacas leiteiras em pastagem de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.10, p.1503-1509, 2002.

VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; CLARINDO, R.L.; PENATI, M.A.; IMAIZUMI, H. Características produtivas e qualitativas do capim elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n.5, p.1002-1010, 2010.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; St-PIERRE, N.R. A theoretically- based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39, p.95-110, 1992.

WEISS, W.P.; PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; WYATT, D.J. The value of different fat supplements as sources of digestible energy for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, p. 931-939, 2011.

WILDMAN, E.E.; JONES, J.E.; WAGNER, P.E.; BOMAN, R.L.; TROUTT, H.F.; LESCH, T.N. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 65, p.495-501, 1982.

WRIGHT, T.C.; CANT, J.P.; MCBRIDE, B.W. Inhibition of fatty acid synthesis in bovine mammary homogenate by palmitic acid is not a detergent effect. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.85, p.642-647, 2002.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. **Livestock Production Science**, Sydney, v.39, p.141-155, 1994.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.66, p.157-166, 1986.

4 PROCESSAMENTO DO MILHO ASSOCIADO A SUPLEMENTAÇÃO DE GORDURA SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, PARÂMETROS RUMINAIS E SANGUÍNEOS DE VACAS MANTIDAS EM PASTO

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos associativos do processamento de grãos e da suplementação com sais de cálcio de óleo de palma sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminiais e sanguíneos de vacas mantidas em pastagem tropical. Foram utilizadas 4 vacas multíparas mestiças Holandês X Jersey canuladas no rúmen com média de $175 \pm 18,1$ dias em lactação (DEL), $12,5 \pm 3,1$ kg de leite dia^{-1} e 524 ± 16 kg de peso corporal no início do experimento. O delineamento utilizado foi o de quadrado latino 4×4 , com duração de cada período de 24 dias, sendo 14 dias de adaptação e 10 dias de colheitas. Os animais receberam os seguintes tratamentos: a) milho moído sem adição de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP); b) milho moído com adição de SCOP; c) milho floculado sem adição de SCOP; e d) milho floculado com adição de SCOP. Os tratamentos foram adicionados ao concentrado, fornecido duas vezes ao dia as 05h00 e as 16h00, totalizando 6 kg de MS de concentrado dia^{-1} . Durante o período experimental os animais tiveram acesso à pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon). O consumo de MS, MO, PB, FDN e CNF não foram afetados pelo processamento de grãos e pela suplementação com gordura. A digestibilidade da MS e da MO foram maiores para os tratamentos com a suplementação de SCOP. A digestibilidade da MS e da MO foram maiores para o milho floculado em comparação ao milho moído. A digestibilidade do EE foi maior para os tratamentos com SCOP. A digestibilidade dos CNF foi maior para o milho floculado em comparação ao milho moído. As concentrações de acetato, propionato, butírico, isobutírico, isovalérico e a concentração total foram maiores quando do fornecimento de milho floculado em comparação ao milho moído. Além disso, a suplementação com milho floculado reduziu a relação acetato/propionato e a concentração ruminal de N-NH_3 . A concentração de acetato, propionato, butírico e a concentração total foram menores quando da suplementação com SCOP. Além disso, a suplementação com SCOP não afetou a relação acetato/propionato, porém aumentou a quantidade de N-NH_3 . Não houve efeito do processamento do milho e da suplementação com SCOP sobre o pH médio, pH mínimo e máximo. No entanto, o tempo em que o pH esteve abaixo de 6,0 e abaixo de 6,2 foi maior para o milho floculado em comparação ao milho moído. O potencial de oxirredução foi menor para as dietas com milho floculado. A concentração de glicose plasmática tendeu a ser maior para os tratamentos com milho floculado. Além disso, a concentração de N ureico no plasma foi menor para as dietas com milho floculado. Dessa forma, tanto a suplementação de SCOP quanto o fornecimento de milho floculado melhoram a digestibilidade e os parâmetros de fermentação permitindo bom desempenho animal.

Palavras-chave: Floculação, Gordura, Pastagem tropical

Abstract

The aim of this study was to evaluate the associative effects of grain processing and supplementation with calcium salts of palm oil on intake, digestibility, ruminal fermentation and blood parameters of grazing dairy cows. Four multiparous cows cannulated in the rumen with 175 ± 18.1 days in milk (DIM) 12.5 ± 3.1 kg milk day⁻¹ and 524 ± 16 kg body weight were used. The experimental design was a 4 × 4 Latin square and each period lasted 24 days, with 14 days of adaptation and 10 days of sample collection. The animals received the following treatments: a) ground corn without addition of calcium salt of palm oil (CSPO); b) ground corn with CSPO; c) flaked corn with no CSPO; and d) flaked corn with CSPO. Treatments were added to the concentrate, and animals received 6 kg of DM of concentrate daily. The animals grazed elephant grass (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon). The intake of DM, OM, CP, NDF and NFC were not affected by grain processing and by fat supplementation. The digestibility of DM and OM were greater for treatments receiving CSPO compared with no fat. The digestibility of DM and OM were greater for flaked corn compared to ground corn. The EE digestibility was higher for treatments with CSPO. The NFC digestibility was higher for flaked corn compared to ground corn. Concentrations of acetate, propionate, butyric, isobutyric, isovaleric and the total VFA were higher for steam flaked corn compared with ground corn. Furthermore, supplementation with steam flaked corn reduced the acetate /propionate ratio and ruminal NH₃-N concentration. Concentrations of acetate, propionate, butyric and total VFA were lower for diets supplemented with CSPO. In addition, CSPO supplementation did not affect acetate/ propionate ratio, but increased the amount of ruminal NH₃-N. There was no effect of corn processing and fat supplementation on the average pH, pH minimum and maximum. However, the time that pH was below 6.0 and below 6.2 was higher for steam flaked corn compared with ground corn diets. The oxidation reduction potential was lower for diets with steam-flaked corn. The plasma glucose concentration tended to be higher for the treatments with steam flaked corn in comparison to ground corn. Moreover, the plasma urea nitrogen was lower in the diets with flaked corn. In conclusion, both fat supplementation and steam flaked corn improves digestibility and fermentation parameters allowing good animal performance.

Keywords: Fat, Steam-flaked, Tropical pasture

4.1 Introdução

O fator determinante que limita a produção de leite de vacas mantidas exclusivamente em pastagens tropicais não é o teor de proteína dessas plantas. Limitação na capacidade de ingestão de matéria seca de forragem parece ser o fator preponderante (SANTOS et al., 2003). Indiscutivelmente, maximizar o consumo de forragem de animais em pastejo é o grande desafio que se apresenta em sistemas de produção em pastagens tropicais. O consumo de forragem é determinado por fatores intrínsecos do animal, como sua capacidade de ingestão, oferta de forragem e fatores intrínsecos do pasto como a concentração de nutrientes, taxa de degradação e de passagem ruminal, composição morfológica e estrutura do pasto pré e pós-pastejo (GOMIDE et al., 2001).

Atingido o potencial máximo de produção de leite exclusivo em pastagem, a suplementação com concentrados se torna ferramenta fundamental quando o objetivo é aumentar a produção de leite por vaca, com impacto positivo também na lotação dos pastos e conseqüentemente na produção de leite por área (SANTOS et al., 2014). O milho é a principal fonte de energia utilizada em concentrados para vacas leiteiras e com o objetivo de aumentar seu valor energético, ele pode ser processado antes de ser fornecido aos animais. A moagem, a moagem do grão úmido e sua ensilagem e a floculação são os métodos mais usados para processar grãos de cereais.

O processamento de grãos para a alimentação animal vem sendo praticado a um longo tempo com o objetivo de melhorar o aproveitamento dos nutrientes (ORSKOV, 1986). A floculação, que é um processamento intenso do grão, aumenta o valor energético do milho por inúmeras razões, entre elas: a) aumenta a área superficial dos grãos; b) causa o rompimento do pericarpo; c) causa o rompimento da matriz proteica que envolve os grânulos de amido. Dessa maneira a floculação aumenta principalmente a digestão do amido do milho, mas ela também aumenta a digestão de outros nutrientes presentes nos grãos (OWENS; BASALAN, 2012; ZINN, 2012).

Porém, o fornecimento de fontes de amido de alta degradação ruminal em quantidades elevadas, aumenta os riscos de ocorrência de distúrbios metabólicos, como a acidose. Para contornar esta situação, tem sido proposto que parte do

aumento da densidade calórica da dieta ocorra via a inclusão de lipídios (SCHROEDER et al., 2004).

Rabiee et al. (2012) revisaram 38 artigos sobre os efeitos da adição de gordura na dieta de vacas em lactação sobre a produção e composição do leite. A produção de leite aumentou 1,05 kg vaca dia⁻¹ quando da suplementação de gordura. Bargo et al. (2003) revisaram oito trabalhos que suplementaram gordura para vacas mantidas em pastagens temperadas e observaram aumento de 1,43 kg vaca dia⁻¹ (6%) na produção de leite, 0,063 kg dia⁻¹ na produção de gordura e 0,035 kg dia⁻¹ na produção de proteína do leite. Schroeder et al. (2004) também revisaram 18 trabalhos com o objetivo de avaliar os efeitos na suplementação de gordura sobre a produção e composição do leite em pastagens temperadas, e constataram aumento de 0,97 e 1,05 kg vaca dia⁻¹ para a produção de leite e a produção de leite corrigida para 4% de gordura, respectivamente.

No entanto, com vacas mantidas em pastagens tropicais, os resultados da suplementação com gordura e do processamento de grãos são escassos sobre o desempenho e metabolismo de vacas. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos associativos do processamento de grãos e da suplementação com sais de cálcio de óleo de palma sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e sanguíneos de vacas mantidas em pastagem tropical.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Animais, delineamento e tratamentos

Foram utilizadas 4 vacas multíparas mestiças Holandês X Jersey canuladas no rúmen, com média de 175 ± 18,1 dias em lactação (DEL), 12,5 ± 3,1 kg de leite dia⁻¹ e 524 ± 16 kg de peso corporal no início do experimento. O delineamento utilizado foi o de quadrado latino 4 × 4, com duração de cada período de 24 dias, sendo 14 dias de adaptação e 10 dias de colheitas.

Os animais receberam os seguintes tratamentos: a) concentrado com milho moído sem adição de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP); b) concentrado com milho moído com adição de 400 g de SCOP; c) concentrado com milho floculado sem adição de SCOP; e d) concentrado com milho floculado com adição de 400 g. Os concentrados foram fornecidos duas vezes ao dia, as 05h00 e as 16h00, antes

da ordenha, totalizando 6 kg de MS de concentrado dia⁻¹. A adição de gordura foi feita retirando o ingrediente milho (Tabela 1). O milho floculado utilizado possui densidade de 360 g L⁻¹. Durante o período experimental, os animais tiveram acesso à pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon).

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química média da forragem e dos concentrados experimentais.

Forragem	Concentrado				
	Milho Moído		Milho floculado		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP	
Ingredientes	% MS				
Milho moído	81,3	77,1			
Milho floculado			81,3	77,1	
Farelo de soja	9,0	9,0	9,0	9,0	
Farelo de soja <i>by pass</i>	4,0	4,0	4,0	4,0	
Bicarbonato de sódio	1,2	1,2	1,2	1,2	
SCOP	0,0	4,2	0,0	4,2	
Mineral	4,5	4,5	4,5	4,5	
Total	100	100	100	100	
Composição química ¹					
MS (%)	19,92	89,90	89,90	90,10	90,10
PB (%)	18,75	15,30	14,80	15,20	14,70
EE (%)	2,30	3,20	6,40	3,22	6,42
FDN (%)	58,24	9,75	9,30	9,80	8,93
FDA (%)	41,75	4,30	3,40	4,20	3,26
Lignina (%)	4,80	0,40	0,41	0,40	0,40
Cinzas (%)	6,58	6,99	7,86	6,90	7,48
CNF (%)	14,12	64,76	61,64	64,88	62,47

SCOP: sais de cálcio de óleo de palma; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

Os ingredientes dos concentrados foram amostrados quinzenalmente e armazenados congelados à -18°C . Ao final do período experimental, as amostras foram descongeladas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, compostas por ingrediente e por período (30 dias), moídas em moinho do tipo Willey em peneira de 1 mm e mantidas em recipientes plásticos vedados em temperatura ambiente para posteriores análises laboratoriais.

4.2.2 Manejo da pastagem e variáveis relacionadas

Os animais permaneceram em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Cameroon) em área de cinco hectares juntamente com os animais do experimento de desempenho (Capítulo 3). A pastagem foi adubada com 60 kg de nitrogênio (N) a cada ciclo de pastejo. O sistema de pastejo utilizado foi o rotativo baseado na altura do dossel de 103 cm como critério de entrada, como previamente sugerido por Voltolini et al. (2010). Todos os animais pastejaram juntamente com os animais do experimento de desempenho, piquetes de 2000 m², e permaneceram em média um dia em cada, sempre tendo acesso ao novo piquete na parte da tarde e acesso ilimitado a água e área de sombra. A altura média do dossel forrageiro foi medida em cada piquete previamente a entrada e logo após a saída do lote experimental, traçando quatro linhas imaginárias paralelas e equidistantes com a amostragem feita em 5 pontos dentro de cada linha, totalizando 20 pontos por piquete.

As massas de forragem pré e pós pastejo foram determinadas pelo método destrutivo, cortando-se a planta a cinco centímetros do solo, em quatro pontos por piquete, escolhidos de forma aleatória. A moldura utilizada na colheita tinha as dimensões de 1,5m x 0,75m. As amostragens foram realizadas uma vez por semana. O material colhido nos quatro pontos do piquete foi pesado, homogeneizado e duas subamostras de 1000 gramas foram retiradas. A primeira foi utilizada para determinação do teor de matéria seca (MS) contido na massa de forragem, em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. A segunda subamostra foi utilizada para a determinação da composição morfológica do dossel e separada em folha (lâmina foliar), colmo (bainha + colmo) e material senescido (folhas e colmos com mais de 50% da área seca). Após a devida separação as amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas,

pesados e calculadas as proporções de cada fração na MS total. Ambos os procedimentos foram realizados pré e pós pastejo dos animais experimentais.

A composição bromatológica da forragem foi determinada a partir de amostragens do estrato pastejado colhidos em 20 pontos distintos dentro de cada piquete duas vezes por semana. As amostras foram secas da mesma forma como descritas acima, moídas em moinho do tipo Willey em peneira de 1 mm, compostas por mês e mantidas em recipientes plásticos vedados em temperatura ambiente até a realização das determinações químicas.

4.2.3 Produção fecal e consumo

Para estimar o consumo de forragem, as vacas foram dosadas, colocando-se diretamente no rúmen, *pellets* de dióxido de titânio (10 g) duas vezes ao dia, durante 15 dias. A colheita de fezes foi realizada duas vezes ao dia antes de cada ordenha e as amostras foram imediatamente colocadas em N líquido e armazenadas em freezer a -18°C. Ao final as amostras foram compostas por vaca e período, secas em estufa de ventilação forçada à 55° C durante 72h, moídas em moinho do tipo Willey em peneira de 1 mm e armazenadas em frascos plásticos à temperatura ambiente para posterior análise. Para o cálculo do consumo de forragem, uma subamostra foi utilizada para as determinações químicas e cálculo das digestibilidades, e outra para determinação de titânio e cálculo da produção fecal.

Para a determinação da concentração de titânio foi empregada a metodologia descrita por Myers et al. (2004), em que as amostras de fezes foram digeridas em ácido sulfúrico e realizada a leitura em espectrofotômetro UV a 410 nm, sendo usada uma curva de calibração com concentração conhecida de titânio para interpolação dos dados.

Foi utilizada a concentração de FDNi para a determinação da indigestibilidade necessária para cálculo das estimativas de consumo. Amostras de fezes de cada animal, de concentrado e de forragem foram moídos a 1 mm, acondicionadas em bolsas filtro F-57 (Ankom®) e incubados em triplicatas no rúmen de uma vaca com cânula ruminal por 240 horas (CASALI et al., 2008). A incubação foi seguida de lavagem com água corrente até o total clareamento do resíduo, que foi então analisado para determinação do teor de FDN (100° C por 1 hora). Posteriormente, as bolsas filtro foram lavadas com água quente (seis lavagens) e acetona (uma

lavagem), e foram secas em estufa por 12 horas. O resíduo foi considerado o FDNi. O conteúdo de FDNi do concentrado e da forragem foi dividido pelo FDNi das fezes de cada animal para o cálculo da indigestibilidade.

A produção fecal (PF) foi calculada conforme fórmula abaixo. A recuperação fecal do titânio (RFTi) foi considerada de 90% conforme determinação de Souza (2014).

$$PF (kg \text{ dia}^{-1}) = \frac{\text{Quantidade do marcador administrado por dia}}{\text{Concentração do marcador nas fezes}} \times RFTi$$

A produção fecal proveniente do concentrado (PF concentrado) foi determinada como sendo a quantidade de concentrado oferecida, multiplicada por sua indigestibilidade. Do valor de PF total foi descontada a contribuição do concentrado e o valor obtido foi dividido pela indigestibilidade da forragem. Sendo assim, o consumo de pasto foi calculado com a equação:

$$\text{Consumo de pasto ou silagem (kg)} = \frac{PF - PF \text{ concentrado}}{\text{Indigestibilidade do capim}}$$

4.2.4 Análises químicas e digestibilidade dos nutrientes no trato total

Amostras de concentrado, forragem e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada à 105° C durante 24h para determinação da MS. O conteúdo de cinzas foi determinado após combustão à 550° C durante 4h. O teor de extrato etéreo (EE) foi determinado de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1990), sendo que para a extração de gordura dos sais de cálcio de óleo de palma foi utilizado ácido acético glacial na proporção de 1:10 com o éter de petróleo de acordo com Sukhija e Palmquist (1988). O conteúdo de N foi determinado pelo método de combustão de Dumas (Leco FP-2000 N analyzer) de acordo com Sweeney (1989). A fração FDN (fibra em detergente neutro) foi determinada conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando α -amilase termoestável e sulfito de sódio para as amostras de concentrado; e a FDA (fibra em detergente ácido) e a lignina foram determinados usando o método de Goering e Van Soest (1970). O amido foi estimado por espectroscopia de refletância do infravermelho próximo NIRSystem 5000 (Foss NIRSystems., Silver Spring, MD, USA) utilizando a

equação desenvolvida por Caetano (2008). A vitreosidade do milho foi determinada segundo a metodologia descrita por Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993) por meio da dissecação manual de 50 grãos inteiros para cada uma das formas de processamento.

As digestibilidades aparentes da MS, MO, PB, FDN (FDN corrigida para cinzas e proteína), e EE presentes na dieta foram estimadas utilizando os valores individuais de consumo, excreção fecal calculada a partir da utilização do indicador dióxido de titânio e da concentração dos nutrientes nos alimentos e fezes, conforme equação apresentada a seguir, onde DAN (%) é a digestibilidade aparente do nutriente e CN é a concentração do nutriente no alimento ou fezes.

$$DAN (\%) = \frac{(Consumo * CN) - (Excreção fecal * CN)}{(Consumo * CN)} * 100$$

4.2.5 Glicose, N ureico e ácidos graxos não esterificados (AGNE)

No 18º dia experimental foram colhidas amostras de sangue após 4 horas do fornecimento do concentrado no período matutino. O sangue foi retirado por meio de punção na veia coccígea em tubos com vácuo contendo heparina (glicose, AGNE) e EDTA (N ureico), e centrifugado a 2400 × g por 15 minutos. O plasma obtido foi armazenado em *ependorfs* a -18°C para posteriores análises.

A determinação da glicose plasmática foi realizada a partir do kit enzimático Glicose HK Liquiform (Ref. 85 - LABTEST Diagnóstica S.A.) por espectrofotometria, com filtro de absorvância de 505 nanômetros (nm). Uma alíquota de 10 µL da amostra foi pipetada em tubos de ensaio acrescida de 400 µL de reagente contido no kit. Após incubação de 10 minutos em banho-maria à 39º C, foi realizada a leitura da absorvância para obtenção dos valores de glicose. A curva de calibração construída apresentou R²= 0,993.

A determinação de N ureico no plasma foi realizada a partir do kit enzimático HK Liquiform (Ref. 104 - LABTEST Diagnóstica S.A.) por espectrofotometria, com filtro de absorvância de 340 nm. Uma alíquota de 10 µL da amostra foi pipetada em tubos de ensaio, acrescida de 1 mL de reagente contido no kit. Após incubação de 10 minutos em banho-maria à 37º C, foi realizada a leitura da absorvância. A curva de calibração construída apresentou R²= 0,998.

A determinação dos ácidos graxos não esterificados (AGNE) foi realizada com o kit enzimático NEFA (Ref. FA115 – Randox Laboratories), com leitura em espectrofotômetro utilizando filtro de absorvância de 540nm. O padrão interno (1 mmol/L) foi diluído em água destilada para obtenção da curva de calibração de 0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 mmol/L. Dez μL de amostras de plasma foram pipetados em tubos de ensaio seguidas de 200 μL de reagente enzimático A e foram incubadas em estufa a 37°C por 5 minutos. Após este período, 400 μL de reagente enzimático B foi adicionado da mesma maneira e incubado por mais 5 minutos, sendo a leitura das amostras realizada 3 minutos após a retirada da estufa. A curva de calibração apresentou $R^2= 0,994$.

4.2.6 Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), nitrogênio amoniacal (N-NH₃), pH ruminal e potencial de oxirredução

No 20º dia do período experimental, amostras de líquido ruminal (± 100 mL) foram tomadas de 4 pontos na região ventral do rúmen. A amostras foram colhidas nos tempos 0, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 18, e 24 horas (BRODERICK; REYNAL, 2009). A amostra tomada do rúmen foi filtrada em camada dupla de tecido de algodão, colhendo-se o líquido e devolvendo a parte sólida para o rúmen. Posteriormente, duas alíquotas de 50 mL cada foram acidificadas com 1 mL de ácido sulfúrico 50% (BRODERICK; REYNAL, 2009) e congeladas em freezer (-20°C), em dois recipientes separados, para posteriores análises de AGCC e N-NH₃. As concentrações dos AGCC foram determinadas por cromatografia líquida-gasosa segundo Erwin et al. (1961), e a concentração de N-NH₃ foi determinada conforme método de Chaney e Marback (1962).

No 22º e 23º dia do período experimental o pH ruminal e o potencial de oxirredução foram mensurados por 48 horas com intervalos de 10 minutos com a utilização de *probes* (Dascor, Escondido, CA). Posteriormente foram calculadas pH médio, pH mínimo, pH máximo, tempo em que o pH permaneceu abaixo de 5,8; 6,0 e 6,2 (minutos) e área de pH abaixo de 5,8; 6,0 e 6,2 (MOYA et al., 2011). Antes e após a colocação das *probes* nos animais, as mesmas foram calibradas em soluções de pH 7,0 e 4,0. Com os dados de calibração foi feita uma equação de regressão para ajuste dos dados mensurados.

4.2.7 Análises estatísticas

Os dados foram testados antes da análise geral final, na intenção de assegurar que todas as premissas da análise de variância fossem respeitadas. Os dados foram analisados por meio do pacote estatístico do SAS (SAS, 2002), com o auxílio do procedimento MIXED. Para as análises com medidas repetidas no tempo o modelo incluiu como efeito fixo o processamento do milho, a suplementação com SCOP e a interação entre esses. Como efeito aleatório foi considerado o período e o animal. As médias foram geradas pelo LSMEANS e comparadas por meio de contrastes ortogonais, sendo declaradas diferentes quando o $P < 0,05$ e tendência até $P < 0,10$.

Em todas as análises, a matriz de covariância foi escolhida baseada nos parâmetros de Akaike (AIC) e Bayesian (BIC).

4.3 Resultados e Discussão

Os resultados referentes à caracterização da pastagem e composição morfológica encontram-se na Tabela 2. Para o manejo do capim elefante cv. Cameroon a altura média de entrada foi de 100,03 cm, ficando 2,97 cm abaixo do valor ideal proposto por Voltolini et al. (2010), correspondente a 95% de interceptação luminosa. Os animais rebaixaram o dossel até a altura média de 65,8 cm e, posteriormente, animais de repasse foram utilizados para rebaixar até $42,3 \pm 2,5$ cm. Conforme Fonseca et al. (2012), para maximizar o consumo de forragem, os animais devem consumir no máximo 40% da altura de entrada, evitando alteração da estrutura da planta e redução da taxa de ingestão. Assim, o manejo praticado nesse estudo, tanto para altura de entrada quanto para altura de saída, ficou próximo ao recomendado por Voltolini et al. (2010) e Fonseca et al. (2012).

A massa de forragem pré e pós-pastejo foi de $10738 \text{ kg MS ha}^{-1}$ e $6890 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente, com desaparecimento de forragem de $3848 \text{ kg MS ha}^{-1}$. Considerando que os piquetes possuíam em média 0,2 ha, a ocupação média de 1 dia e 44 animais experimentais (40 desempenho + 4 metabolismo), o desaparecimento médio de forragem por piquete foi de 769 kg MS e $17,5 \text{ kg MS vaca dia}^{-1}$. Se considerarmos os resultados de consumo de MS de forragem, $8 \text{ kg MS animal dia}^{-1}$, e os valores de desaparecimento de forragem a eficiência de

pastejo foi de 45,7%. Em experimento anterior, na mesma área, os animais apresentaram eficiência de pastejo de 54,9% (SOUZA, 2014). Essa diferença provavelmente seja decorrente na maior quantidade de suplemento concentrado que os animais do presente estudo receberam (9 kg MS dia⁻¹ vs. 8 kg MS dia⁻¹).

As folhas representaram o principal componente do dossel no pré-pastejo (44,2%) enquanto que o colmo foi o principal componente no pós-pastejo (46,4%). A percentagem de folhas nesse estudo foi próximo aos valores de 41,3 e 43,4% obtidos por Macedo (2012) e Souza (2014), respectivamente; porém inferiores aos relatados por Voltolini et al (2010) e Carareto (2007), 53,0 e 54,4, respectivamente; em trabalhos desenvolvidos na mesma área. O manejo pré-experimental foi o principal fator que influenciou esses resultados, visto que nos trabalhos com maior percentagem de folhas os piquetes foram roçados previamente.

A massa de folhas no pré-pastejo foi de 4746 kg MS ha⁻¹ e levando em consideração o tamanho médio do piquete de 0,2 ha, a ocupação de um dia e 44 animais, a oferta de folhas foi de 21,6 kg MS animal dia⁻¹. Esse valor indica que o manejo realizado possibilitou uma oferta adequada de folhas, visto que valores 2 a 3 vezes superiores ao consumo são sugeridos para maximizar o desempenho animal, tanto em plantas temperadas (HODGSON, 1990).

Tabela 2 – Características estruturais e composição morfológica da pastagem

	Pré-pastejo		Pós-pastejo	
	Média	EPM	Média	EPM
Altura (cm)	100,03	1,6	65,8	2,9
Massa de forragem (kg MS ha ⁻¹)	10738	650	6890	442
Densidade volumétrica (kg MS ha cm ⁻¹)	107,30	9,6	104,70	10,2
Folha (%)	44,2	7,2	22,1	8,3
Colmo (%)	38,6	5,9	46,4	8,8
Senescente (%)	17,2	3,4	31,5	12,8
Folha:colmo	1,14	0,12	0,48	0,10
Massa de folhas (kg MS ha ⁻¹)	4746	326	1522	165
Massa de colmos (kg MS ha ⁻¹)	4144	328	3196	276

EPM: erro padrão da média

Os resultados de consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes são apresentados na Tabela 3. Não houve interação entre o método de processamento do milho e a suplementação com SCOP sobre as variáveis testadas. O consumo de MS, MO, PB, FDN e CNF não foram afetados pelo processamento de grãos e pela suplementação com gordura. O consumo de EE foi superior para os tratamentos recebendo SCOP, o que era esperado em virtude da suplementação com gordura. A digestibilidade da MS e da MO foram maiores para os tratamentos com a suplementação de SCOP. A digestibilidade da MS e da MO foram maiores para o milho floculado em comparação ao milho moído. A digestibilidade da PB e da FDN não foram afetadas pelo processamento do milho e pela suplementação com SCOP. Em sistemas baseados na utilização de pastagens é importante determinar se a suplementação de gordura pode promover algum efeito negativo sobre a digestão da FDN, evitando assim decréscimo no consumo e produção de leite. A suplementação com gordura não apresentou efeitos deletérios sobre a digestão ruminal da FDN em outros cinco trabalhos (KING et al., 1990; SALADO, 2000; WAGNER et al., 2001; SCHROEDER et al., 2002; VIDAURRETA et al., 2002). A digestibilidade do EE foi maior para os tratamentos com SCOP. A digestibilidade dos CNF foi maior para o milho floculado em comparação ao milho moído.

A suplementação com SCOP apresenta resultados contraditórios em relação ao consumo de nutrientes. A inclusão de gordura em dietas totais têm sido associadas com a redução no consumo de MS e, conseqüentemente, moderado aumento no consumo total de energia (CHILIARD et al., 1993). Onetti e Grummer (2004) observaram uma redução no consumo de MS de 0,97 kg dia⁻¹ com a adição de gordura para vacas em confinamento. De maneira semelhante, com base na meta-análise de Rabiee et al. (2012) indicaram redução do CMS de 0,64 kg dia⁻¹ quando do fornecimento de SCOP e de 1,02 kg dia⁻¹ quando do fornecimento de sementes oleaginosas. No entanto, para animais a pasto tanto, Bargo et al. (2003) quanto Schroeder et al. (2004) não observaram redução no consumo de MS para animais mantidos em pastagens temperadas. De forma semelhante, Souza (2014) não observou redução no consumo de MS em animais suplementados com SCOP mantidos em pastagem tropical. A redução no consumo de MS é altamente associada com a fonte e a quantidade de lipídeos suplementados (WU; HUBER, 1994). A redução do consumo está mais fortemente associada com a suplementação de lipídeos insaturados, em função dos efeitos negativos sobre a

fermentação ruminal (JENKINS, 1993) e por estimularem a liberação de CCK e de GLP-1, dois potentes reguladores da saciedade (BRADFORD et al., 2008).

A digestibilidade da MS e da MO foram maiores para milho floculado. O processo de floculação aumenta a digestibilidade da MS do milho, primeiramente em função do aumento da digestibilidade do amido (OWENS; BASALAND, 2012), mas a floculação também pode aumentar a digestibilidade de outros nutrientes (ZINN, 2012), porém isso não foi observado no presente estudo, onde apenas a digestibilidade de CNF foi aumentada, sem efeito na digestibilidade da PB, FDN e EE. Assumindo que todo amido consumido pelas vacas veio exclusivamente do milho, que este continha entre 68 e 72% de amido e que o incremento na digestibilidade de CNF deveu-se basicamente ao aumento na digestibilidade do amido, esta explicaria a totalidade do aumento da digestibilidade da MS.

Os SCOP também influenciaram positivamente a digestibilidade da MS e da MO. A adição de gordura geralmente não altera a digestibilidade dos nutrientes (WEISS et al., 2011). No entanto, Piantoni et al. (2013) observaram aumento na digestibilidade dos nutrientes quando da suplementação de C16:0 purificado. Uma hipótese levantada pelos autores é que a gordura em questão poderia aumentar o tempo de retenção ruminal em função da redução da motilidade mediada pela liberação de CCK. . Apesar do discutido acima, no presente estudo, o aumento no consumo e na digestibilidade do EE com a suplementação com SCOP explicam ao redor de 80% do aumento na digestibilidade da MS com a suplementação com SCOP.

Tabela 3 – Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho Moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*gordura
CMS (kg dia ⁻¹)	12,40	12,63	13,29	12,48	0,58	0,54	0,31	0,52
DMS (%)	70,91	73,23	72,2	74,37	0,35	0,07	0,03	0,58
CMO (kg dia ⁻¹)	11,55	11,77	12,38	12,63	0,71	0,60	0,42	0,74
DMO (%)	65,50	68,82	69,54	70,42	0,75	0,05	0,02	0,48
CPB (kg dia ⁻¹)	2,12	2,13	2,21	2,18	0,19	0,56	0,61	0,73
DPB (%)	75,02	78,60	78,03	78,60	1,00	0,51	0,50	0,88
CEE (kg dia ⁻¹)	0,34	0,54	0,35	0,56	0,02	0,43	0,001	0,54
DEE (%)	82,22	91,75	83,12	92,23	1,17	0,34	0,001	0,67
CFDN (kg dia ⁻¹)	4,31	4,42	4,83	4,92	0,56	0,34	0,54	0,68
DFDN (%)	56,20	55,30	55,31	54,12	1,32	0,44	0,55	0,89
CCNF (kg dia ⁻¹)	4,78	4,68	4,99	4,97	0,35	0,91	0,21	0,56
DCNF (%)	82,78	83,54	88,98	88,43	0,86	0,01	0,22	0,53

CMS: consumo de matéria seca; DMS: digestibilidade da matéria seca; CMO: consumo de matéria orgânica; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; CPB: consumo de proteína bruta; DPB: digestibilidade da proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo; DEE: digestibilidade do extrato etéreo; CFDN: consumo de FDN; DFDN: digestibilidade da FDN; CCNF: consumo de carboidratos não fibrosos; DCNF: digestibilidade de carboidratos não fibrosos; EPM: erro padrão da média.

Os AGCC e a concentração de N-NH₃ estão na Tabela 4. Não houve interação entre o milho e os SCOP para as variáveis ruminais. A concentração de acetato, propionato, butírico, isobutírico, isovalérico e a concentração total foram maiores quando do fornecimento de milho floculado em comparação ao milho moído. Além disso, a suplementação com milho floculado reduziu a relação acetato/propionato e a concentração ruminal de N-NH₃. O aumento na concentração de AGCC no rúmen foi reportado em outros trabalhos em que o milho laminado a seco foi substituído por floculado (MOORE et al., 1992; OLIVEIRA et al., 1993; POORE et al., 1993; PLASCENCIA, ZINN, 1996; CROCKER et al., 1998;). Esses resultados indicam que a floculação do milho rompe as barreiras que limitam a digestão ruminal e permitem maior quantidade de substrato para crescimento microbiano e conseqüente maior produção de AGCC e Pmic. Além disso, a concentração ruminal de N-NH₃ reduziu com o fornecimento de milho floculado, indicando maior utilização do N dietético pelos microrganismos ruminais e conseqüentemente maior eficiência de utilização do N, conforme observado no Capítulo 3. O isobutírico e o isovalérico aumentaram com o fornecimento de milho floculado e esses isoácidos são fatores de crescimento de vários microrganismos ruminais, que os utilizam na síntese de ácidos graxos e até mesmo aminoácidos (VAN SOEST, 1994). Esses dados estão de acordo com o aumento da digestibilidade de CNF nas dietas com milho floculado.

A concentração de acetato, propionato, butírico e a concentração total de AGV foram menores quando da suplementação com SCOP. Além disso, a suplementação com SCOP não afetou a relação acetato/propionato, porém aumentou a quantidade de N-NH₃. Boken et al. (2005) observaram redução na quantidade de acetato, butirato, isobutirato e isovalerato em vacas em pastejo suplementadas com óleo de soja. O isobutirato e o valerato são fatores de crescimento para vários microrganismos celulolíticos que usam esses isoácidos para seu crescimento na síntese de ácidos graxos e até mesmo aminoácidos (VAN SOEST, 1994). Geralmente a alteração desses isoácidos também está associada a redução na digestibilidade da fração fibrosa (SOUZA, 2014). No entanto, nos trabalhos em que foi fornecido gordura saturada protegida (SCHROEDER et al., 2002; VIDAURRETA et al., 2002, SOUZA, 2014) não foram observadas alterações nos parâmetros ruminais. No presente estudo, parte da redução na concentração de

AGCC com a suplementação com SCOP pode ter advindo da menor concentração de amido na dieta, com a substituição do milho por SCOP no concentrado.

Tabela 4 – Ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do líquido ruminal de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
Acetato (mmol mL ⁻¹)	58,94	54,45	64,10	58,85	1,56	< 0,01	< 0,01	0,81
Propionato (mmol mL ⁻¹)	23,70	21,83	26,51	25,35	0,69	< 0,01	0,03	0,61
Butírico (mmol mL ⁻¹)	16,74	15,39	17,74	16,56	0,52	0,03	0,02	0,85
Isobutírico (mmol mL ⁻¹)	1,51	2,07	3,01	2,69	0,41	0,01	0,77	0,29
Isovalérico (mmol mL ⁻¹)	1,84	1,78	2,19	2,05	0,06	< 0,01	0,07	0,45
Valérico (mmol mL ⁻¹)	1,78	1,43	1,44	1,91	0,28	0,77	0,83	0,11
Total	107,53	95,30	113,32	105,62	2,71	< 0,01	< 0,01	0,38
Acetato/Propionato	2,52	2,50	2,42	2,38	0,06	0,03	0,52	0,75
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	15,28	17,72	14,45	16,13	0,68	< 0,01	< 0,01	0,52

EPM: erro padrão da média.

A cinética do pH e o potencial de oxirredução encontram-se na Tabela 5. Não houve interação entre o processamento do milho e a suplementação com SCOP para as variáveis analisadas. Não houve efeito do processamento do milho e da suplementação com SCOP sobre o pH médio, pH mínimo e máximo. No entanto, o tempo em que o pH esteve abaixo de 6,0 (5,17 vs. 2,59 horas dia⁻¹) e abaixo de 6,2 (10,05 vs. 7,42 horas dia⁻¹) foi maior para o milho floculado em comparação ao milho moído. O potencial de oxirredução foi mais negativo para as dietas com milho floculado (-229 vs. -217 mV). A redução no potencial de oxirredução é desejável para a fermentação, pois indicam melhores condições para a fermentação (MWENYA et al., 2005). A cinética do pH indicou que não houveram leituras em nenhum dos tratamentos experimentais com pH abaixo de 5,8. Esse valor é um indicativo de acidose subclínica e conforme Moya et al. (2011) o potencial acidótico de uma dieta pode ser mensurado por meio desse parâmetro. Embora o tempo de pH baixo de 6,0 e 6,2 foi maior para as dietas de milho floculado não houve incidência de acidose subclínica, redução na digestão de FDN ou redução no consumo de forragem.

Os resultados dos parâmetros sanguíneos são apresentados na Tabela 6. Não houve interação entre o processamento do milho e o fornecimento de SCOP para as variáveis sanguíneas. A concentração de glicose plasmática tendeu a ser maior para os tratamentos com milho floculado (61,57 vs. 59,09 mg dL⁻¹). Além disso, a concentração de N ureico no plasma (NUP) foi menor para as dietas com milho floculado (11,56 vs. 14,06 mg dL⁻¹). Não houve efeito da suplementação com SCOP sobre as variáveis sanguíneas. A redução do NUP em função do fornecimento de milho floculado é mais um indicativo da maior eficiência do uso do N nessas dietas.

Tabela 5 – Cinética de variação diária do pH e potencial de oxirredução do líquido ruminal de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
pH médio	6,63	6,73	6,68	6,74	0,0058	0,35	0,75	0,79
pH mínimo	6,02	6,10	6,02	6,15	0,086	0,79	0,33	0,81
pH máximo	7,04	7,12	7,02	7,06	0,11	0,74	0,85	0,4
Abaixo de 5,8 (h dia ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
Abaixo de 6,0 (h dia ⁻¹)	3,50	1,67	5,67	4,67	0,48	0,05	0,19	0,74
Abaixo de 6,2 (h dia ⁻¹)	7,13	7,70	10,88	9,23	0,006	0,007	0,12	0,55
Potencial de oxirredução (mV)	-223,40	-211,93	-235,13	-224,82	6,53	0,0001	0,0001	0,57

EPM: erro padrão da média.

Tabela 6 – Glicose, N ureico no plasma (NUP) e ácidos graxos não esterificados (AGNE) de vacas recebendo ou não sais de cálcio de óleo de palma (SCOP) associado a diferentes processamentos do milho.

	Milho moído		Milho floculado		EPM	Valor de P		
	Sem SCOP	Com SCOP	Sem SCOP	Com SCOP		Milho	Gordura	Milho*Gordura
Glicose (mg dL ⁻¹)	55,97	62,22	57,68	65,46	2,27	0,06	0,45	0,44
NUP (mg dL ⁻¹)	15,70	13,50	11,91	11,21	1,09	0,02	0,21	0,48
AGNE (mmol L ⁻¹)	0,36	0,33	0,37	0,37	0,02	0,22	0,27	0,48

EPM: erro padrão da média.

4.4 Conclusão

Tanto a floclulação do milho quanto o fornecimento de sais de cálcio de óleo de palma são estratégias eficazes para aumentar a ingestão de energia de vacas lactantes mantidas em pastagens tropicais.

A floclulação do milho *flint* tem efeito positivo na fermentação ruminal e no uso do N da pastagem e não prejudica a digestão de fibra e o consumo de forragem.

A suplementação com sais de cálcio de óleo de palma não prejudica a digestão da fibra em detergente neutro e o consumo de forragem de vacas em pastagens tropicais.

A floclulação do milho *flint* e a suplementação com gordura têm efeito aditivo na ingestão de energia de vacas mantidas em pastagens tropicais.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12nd ed. Washington, 1990. 1094 p.

BARGO, J.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, n.1, p.1-42, 2003.

BRADFORD, B.J.; HARVATINE, K.J. ALLEN, M.S. Dietary unsaturated fatty acids increase plasma glucagon-like peptide-1 and cholecystokinin and may decrease premeal ghrelin in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.1443-1450, 2008.

BRODERICK, G.A.; REYNAL, S.M. Effect of source of rumen-degraded protein on production and ruminal metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, p.2822-2834, 2009.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-132, 1962.

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

COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D.; GALYEAN, M.L. Predicting the digestibility of different diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.63, p.1476-1483, 1986.

CROCKER, L.M.; DEPETERS, E.J.; FADEL, J.G.; PEREZ-MONTI, H.; TAYLOR, S.J.; WYCKOFF, J.A.; ZINN, R.A. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.2394-2407, 1998.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.

KING, K.R.; STOCKDALE, C.R.; TRIGG, T.E. Influence of high energy supplements containing fatty acids on the productivity of pasture-fed dairy cows. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Sydney, v.30, p.11-16, 1990.

MOORE, J.A.; POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; HUBER, J.T.; ARANA, M.J. Sorghum grain processing and buffer addition for early lactation cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.75, p.3465-3472, 1992.

MOYA, D.; MAZZENGA, A.; HOLTSHAUSEN, L.; COZZI, G.; GONZALEZ, S.; CALSAMIGLIAM S.; GIBB, D.G.; McALLISTER, T.A.; BEAUCHEMIM, K.A.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. Feeding behavior and ruminal acidosis in beef cattle offered a total mixed ration or dietary components separately. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v.89, p.520-530, 2011.

MWENYA, B.; SANTOSO, B.; SAR, C.; PEN, B.; MORIKAWA, R.; TAKAURA, K.; KIMURA, K.; TAKAHASHI, J. Effects of yeast culture and galacto-oligosaccharides on ruminal fermentation in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.88, p.1404-1412, 2005.

MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGIHUGU, V.; HESS, B.W. Technical note: a procedure for preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, New York, v. 82, p. 179-193, 2004.

OLIVEIRA, J.S.; HUBER, J.T.; BEN-GHEDALIA, SWINGLE, R.S.; THEURER, C.B.; PESSARAKLI, M. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.76, p.575-581, 1993.

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

OWENS, F.N.; BASALAN, M. Efeito dos métodos de processamento de grãos em ganho e eficiência. In: 7th SYMPOSIUM ON BEEF CATTLE, 2012, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2012.

PIANTONI, P.; LOCK, A.L.; RICO, D.; ALLEN, M.S. Palmitic acid increased yields of milk and milk fat and nutrient digestibility across production level of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.96, p.7143-7154, 2013.

PLASCENCIA, A.; ZINN, R.A. Influence of flake density on the feeding value of steam-processed corn in diets for lactating cows. **Journal of Animal Science**, Albany, v.74, 310-316, 1996.

POORE, M.H.; MOORE, J.A.; ECK, T.P.; SWINGLE, T.P.; THEURER, C.B. Effect of fiber source and ruminal starch degradability on site and extent of digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.76, p.2244-2253, 1993.

RABIEE, A.R.; BREINHILD, K.; SCOTT, W.; GOLDBER, H.M.; BLOCK, E.; LEAN, I.J. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.95, p.3225-3247, 2012

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

SCHROEDER, G.F.; GAGLIOSTRO, G.A.; BECU-VILLALOBOS, D.; LACAU-MENGIDO, I. Supplementation with partially hydrogenated oil in grazing dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.580- 594, 2002.

SOUZA, J. **Fontes de gordura alteram o desempenho e o metabolismo de vacas mantidas em pastagens tropicais**. 2014. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 1784-1787, 1990.

SWEENEY, R.A. Generic combustion method for determination of crude protein in feeds. **Journal of Official Analytical Chemists**, San Diego, v.72, p.770-774, 1989.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VIDAURRETA, L.I.; SCHROEDER, G.F.; GAGLIOSTRO, G.A. Ruminal environment and pasture digestion in grazing cows supplemented with calcium salts of unsaturated fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.312, 2002. (Abstract)

VOLTOLINI, T.V.; SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; IMAIZUMI, H.; CLARINDO, R.L.; PENATI, M.A. Milk production and composition of dairy cows grazing elephant grass under two grazing intervals. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p.121-127, 2010.

WEISS, W.P.; PINOS-RODRIGUEZ, J.M.; WYATT, D.J. The value of different fat supplements as sources of digestible energy for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, p. 931-939, 2011.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: A review. **Livestock Production Science**, Sydney, v.39, p.141-155, 1994.

YU, P.; HUBER, J.T.; SANTOS, F.A.P.; SIMAS, J.N.; THEURER, C.B.; Effects of ground, steam-flaked, and steam-rolled corn grains on performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.81, p.777-783, 1998.

ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.80, p.1145-1156, 2002.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume final da degradação dos carboidratos não fibrosos e fibrosos foi maior para os concentrados em comparação ao capim elefante. O concentrado contendo SCOS reduziu o volume de carboidratos fibrosos e o lagtime. Assim, a adição de SCOP parece não afetar negativamente a fermentação ruminal e a adição de concentrado de forma geral melhora a produção de gases. O fornecimento de milho floculado tanto no concentrado quanto nas dietas permitiu aumentar o volume final de carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos não fibrosos, a taxa de degradação dos carboidratos fibrosos e reduzir o lagtime, porém reduziu o volume final da degradação dos carboidratos fibrosos em comparação ao milho moído. A suplementação com SCOP não alterou a fermentação das dietas nem com milho e nem com milho floculado.

Não houve interação entre o processamento de milho e a adição de sais de cálcio de óleo de palma (SCOP). Os SCOP aumentaram a produção de leite, a produção de sólidos do leite, alteraram o perfil lipídico do leite, reduzindo os ácidos graxos de síntese *de novo* e aumentaram a incorporação de C16:0 no leite. Além disso, o SCOP não alterou o consumo MS e tendeu a aumentar a digestibilidade dos nutrientes. A eficiência de uso do N, a eficiência de uso da energia para produção de leite e a eficiência de extração de aminoácidos pela glândula mamária foi maior para os tratamentos com SCOP. O milho floculado aumentou a produção de leite, o conteúdo e a produção de proteína no leite, os ácidos graxos poli-insaturados no leite, a eficiência de uso do N, a digestibilidade dos nutrientes e a concentração arterial de aminoácidos essenciais e não essenciais. Para vacas mantidas em pastagem tropical no início da lactação tanto a floculação milho quanto o fornecimento de SCOP permitem melhorar o desempenho e reduzir a excreção de nutrientes.

A suplementação com SCOP não afetou o consumo, melhorou a digestibilidade dos nutrientes, mas reduziu a produção total de AGCC. O milho floculado não afetou o consumo, melhorou a digestibilidade dos nutrientes e a produção de AGCC. Ambos (processamento e gordura) são interessantes para melhorar o aporte de energia de vacas mantidas em pastagens tropicais e melhorarem o desempenho.