



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL E DIGESTÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE BABAÇU OU BURITI

NÍTALO ANDRÉ FARIAS MACHADO

Chapadinha – MA

2018



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



NÍTALO ANDRÉ FARIAS MACHADO

BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL E DIGESTÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE BABAÇU OU BURITI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Michelle Parente.

Coorientador: Prof. Dr. Henrique Parente.

Chapadinha – MA

2018



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo autor.

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Machado, Nitalo André Farias.

Biohidrogenação ruminal e digestão de ácidos graxos em ovinos alimentados com dietas contendo óleos de babaçu ou buriti / Nitalo André Farias Machado. - 2018.

65 f.

Coorientador(a): Henrique Nunes Parente.

Orientador(a): Michelle de Oliveira Maia Parente.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (25.06)/ccaa, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.

1. Ácido láurico. 2. Attalea speciosa Mart. 3. Lipídios saturados. 4. Mauritia flexuosa L. I. Parente, Henrique Nunes. II. Parente, Michelle de Oliveira Maia. III. Título.



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



NÍTALO ANDRÉ FARIAS MACHADO

BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL E DIGESTÃO DE ÁCIDOS GRAXOS EM OVINOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO ÓLEOS DE BABAÇU OU BURITI

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciência Animal
da Universidade Federal do Maranhão,
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Michelle Maia de Oliveira Parente (Orientadora)
Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Daniele de Jesus Ferreira
Universidade Federal do Maranhão

Dr. Ricardo Martins Araújo Pinho (Bolsista PNPd/CAPES)
Universidade Federal do Maranhão



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



“Ele o cobrirá com as suas asas, e debaixo delas você estará seguro. A fidelidade de Deus o protegerá como um escudo...”

Salmos 91:4



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



Aos meus pais, *Nivaldo e Natalice*, por todo o amor, carinho, dedicação e valiosos ensinamentos.

Aos meus avós, *Irene e Silvino*, pelo exemplo de perseverança e superação, por toda paciência e inesgotável fonte de amor e humildade.

Ao meu irmão, *Ítalo*, por todo companheirismo e amizade.

A minha companheira, *Hosana*, por todo carinho, amor e compreensão.

DEDICO



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua graça, misericórdia e por abençoar meu caminho.
Pela capacidade racional, força, saúde, amor, família e amigos que tenho.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela oportunidade de me capacitar profissionalmente, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro que viabilizou a realização da presente pesquisa.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Universidade de Lisboa (Ulisboa) pela disponibilidade de laboratórios que permitiram a realização das análises experimentais

À professora Michelle Parente pela orientação, conselhos, paciência e esforço para fazer deste trabalho algo concetro. Todo o meu respeito e gratidão pela confiança de realização do curso de Mestrado.

Ao professor Henrique Parente pelos conselhos e esforço para fazer deste trabalho algo concetro.

Ao professor Rui Bessa pelas valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

À Dra. Susana, Dr. Miguel, Ruan Gomes, Karlyene Rocha, Jessica Maria pelas valiosas contribuições na condução experimental e nas realizações das análises laboratoriais.

Ao grupo de pesquisa GEPRUMA, em especial Aylphy, José Willians, Luana, Ygor, Léo, Maycon, Hyanne, Alayne, Diane, Nágila e Graziele. Pela dedicação na exaustiva rotina durante o período experimental, e pela amizade que se firmou durante o curso de Mestrado.

Aos familiares e todos amigos e amigas dessa jornada chamada vida, que sempre me deram força; especialmente George, Sir Wilson, Juniel, Analya, Maiara, Naiara, Larissa, Vitor, Tia Nirã, Tia Neda, Tia Sandra, Tio Erivaldo, Tia Nelma, Wallace, Hugo Borges, Edberg, Diego, Fernando, Luis Carlos, Jansen, Mateus, Max e Renan.



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



RESUMO

Objetivou-se com este estudo, estimar a biohidrogenação ruminal (BHR) e a digestibilidade aparente (Dap) de ácidos graxos (AG) em ovinos alimentados com dietas contendo óleo babaçu ou buriti. Vinte e um ovinos mestiços Dorper x Santa Inês, castrados, com seis meses de idade e peso vivo médio de 26 ± 4 kg foram distribuídos em um delineamento de blocos desbalanceados. As dietas experimentais consistiram em três: dieta controle, sem adição de óleo (CON), adição de 4% (% MS da dieta) de óleo babaçu (OBA), e adição de óleo buriti (OBU). O ensaio foi realizado durante 18 dias, sendo 15 dias destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais e 3 dias para amostragem do alimento ofertado, sobras e fezes. Após a finalização do experimento, os animais foram abatidos e procedeu-se a coleta do conteúdo abomasal. Os AG dos ingredientes da dieta, fezes e digesta abomasal foram determinados por cromatografia gasosa. Pelo balanço entre o perfil dos AG da dieta e abomaso estimou-se a BHR dos AG oleico, linoleico e linolênico, e a BHR completa. A Dap foi calculada pela relação entre a quantidade de AG ingerido e excretado nas fezes. A análise dos dados foi realizada por meio de contrastes ortogonais, sendo: i) dieta controle versus dieta contendo 40 g/kg de MS de óleos, e ii) óleo babaçu versus óleo buriti. As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$. A inclusão dos óleos vegetais aumentou ($P < 0,05$) a BHR do ácido oleico. Entretanto, reduziu ($P < 0,05$) a BHR dos ácidos linoleico e linolênico, e aumentou a Dap dos AG das dietas, especialmente em OBA. Adicionalmente OBA promoveu menor BHR do ácido linolênico e BHR completa, com aumento na concentração de AG intermediários da BHR com configuração geométrica trans e ácidos graxos poliinsaturados, quando comparado à OBU, que por sua vez, aumentou a BHR completa, com consequente produção de ácido esteárico (C18:0). A adição de óleo babaçu reduz a biohidrogenação ruminal completa de ácidos graxos insaturados, gerando uma maior concentração de ácidos graxos intermediários da biohidrogenação, e aumenta a digestibilidade total de ácidos graxos, fator interessante para qualidade da carne ovina.

Palavras-chave: ácido láurico, lipídios saturados, *Mauritia flexuosa* L, *Attalea speciosa* Mart.



Universidade Federal do Maranhão
 Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
 BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
 Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
 Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



ABSTRACT

The objective was to estimate biohydrogenation (RBH) and apparent digestibility (Dap) of fatty acids (AG) of sheep fed with diets contained babassu and buriti oil. Twenty-one sheep Dorper × Santa Inês, castrated, with six months of age and average live weight of 26 ± 4 kg with distributed in incomplete block design. Experimental diets consisted of three: control diet, without addition of oil (CON), addition of 4% (diet% DM) of babassu oil (OBA), and addition of buriti oil (OBU). The experiment was carried out for 18 days, 15 days for the adaptation of the animals to the experimental diets and 3 days for sampling the food offered, leftovers and feces. After the experiment was finished, the animals were slaughtered and the abomasum contents were collected. The AG of dietary ingredients, faeces and abomasum were determined by gas chromatography. The balance between the AG profile of the diet and abomasum estimated the BHR of the oleic, linoleic and linolenic AG and the complete BHR. The Dap was calculated by the ratio between the amount of AG ingested and excreted in the faeces. The analysis of the data was performed by orthogonal contrasts, being: 1) control diet versus diet containing 40 g/kg DM of oils, and 2) babassu oil versus oil buriti). Differences were considered significant when $P < 0.05$. Inclusion of vegetable oils increased ($P < 0.05$) the RBH of oleic acid. The Inclusion of vegetable oils increased ($P < 0.05$) the RBH of oleic acid. However, it reduced ($P < 0.05$) the RBH of the linoleic and linolenic acids, and increased the Dap of the AG of the diets, especially in OBA. Additionally, OBA promoted lower RBH of linolenic acid and complete RBH, with increased concentration of intermediates of RBH with trans geometric configuration and polyunsaturated fatty acids, when compared to OBU, which in turn increased the complete BHR, with consequent production of stearic acid (C18:0). The addition of babassu oil reduces the complete ruminal biohydrogenation of unsaturated fatty acids, generating a higher concentration of intermediate fatty acids from biohydrogenation, and increases the total digestibility of fatty acids, an interesting factor for sheep meat quality.

Keywords: lactic acid, saturated lipids, *Mauritia flexuosa* L, *Attalea speciosa* Mart.



Universidade Federal do Maranhão
 Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
 BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
 Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
 Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Palmeira e coco babaçu.....	29
Figura 2. Palmeira e coco buriti.....	31
Figura 3. Esquema dos componentes fundamentais de um cromatógrafo.	40



Universidade Federal do Maranhão
 Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
 BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
 Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
 Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do óleo babaçu	30
Tabela 2. Perfil de ácidos graxos óleo buriti.....	31
Tabela 3. Composição centesimal e química das dietas experimentais	35
Tabela 4. Análise química dos ingredientes das dietas experimentais	35
Tabela 5. Perfil de ácidos graxos das dietas	36
Tabela 6. Perfil de ácidos graxos dos ingredientes das dietas.....	37
Tabela 7. Ácidos graxos da digesta abomasal	45
Tabela 8. Consumo de ácidos graxos das dietas experimentais.....	46
Tabela 9. Estimativa da biohidrogenação ruminal.....	47
Tabela 10. Digestibilidade dos ácidos graxos.....	49



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AG – ácidos graxos
AGCC – ácidos graxos de cadeia curta
AGCL – ácidos graxos de cadeia longa
AGCM – ácidos graxos de cadeia média
AGM – ácidos graxos monoinsaturados
AGP - ácidos graxos poliinsaturados;
AGS – ácidos graxos saturados;
ANOVA – análise de variância
AOAC – Association of Official Analytical Chemists
BCFA – ácido graxo de cadeia ramificada
BHR – biohidrogenação ruminal
BI – ácidos graxos intermediários da biohidrogenação
CT – carboidratos totais
CNF – carboidratos não fibrosos
CON – dieta controle
Dap – digestibilidade aparente de ácidos graxos
EE – extrato etéreo
EM – energia metabolizável
EMAG – ésteres metílicos de ácidos graxos
FDA – fibra em detergente ácido
FDN – fibra em detergente neutro
HDL – lipoproteínas de alta densidade
IDL – lipoproteínas de densidade intermediária
MS – matéria seca
OBA – dieta com a inclusão de óleo babaçu;

OBU – dieta com a inclusão de óleo buriti;

PB – proteína bruta;

RISPOA – Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal;

T10/T11 – proporção entre o c18:1 *t*10: c18:1 *t*11.

TAG – quantidade total de ácidos graxos.



Universidade Federal do Maranhão
 Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
 BR 222, Km 74, Bairro Boa Vista, Chapadinha - MA
 Telefone (98) 3272 9902. E-mail: ppgca@ufma.br
 Homepage: <http://www.ppgca.ufma.br>



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Conceito, classificação e uso dos lipídios.....	18
2.1.1. Impactos na nutrição de ruminantes	19
2.1.1.1. Benefícios	19
2.1.1.2. Limitações.....	20
2.2. Metabolismo de lipídios.....	21
2.2.1. Processos digestivos no rúmen	22
2.2.1.1. Lipólise.....	22
2.2.1.2. Biohidrogenação ruminal	23
2.2.1.3. Síntese de novo	27
2.2.2. Digestão e absorção intestinal.....	27
2.3. Óleos de babaçu e buriti.....	29
2.3.1 Babaçu	29
2.3.2. Buriti	30
3. OBJETIVOS.....	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. Localização e período experimental	34
4.2. Animais, manejo, dietas e coleta dos dados	34
4.3. Preparo das amostras e análises laboratoriais	37
4.3.1. Análises da composição química das amostras	38
4.3.2. Análises de identificação dos ácidos graxos	39
4.4 Estimativa da biohidrogenação ruminal.....	40
4.5. Digestibilidade aparente dos ácidos graxos.....	41
4.6. Planejamento experimental e estatística.....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6. CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O principal entrave da suplementação lipídica, com gordura desprotegida, ocorre em razão do efeito tóxico que o ecossistema ruminal sofre quando submetido a ingestão de ácidos graxos (AG) insaturados. Por esta razão estes AG são submetidos a isomerizações e hidrogenações no rúmen a fim de romper as instaurações (BESSA et al., 2015; FRANCISCO et al., 2016). Este processo, conhecido como biohidrogenação ruminal (BHR) explica a elevada saturação dos AG nos tecidos e no leite de ruminantes.

A BHR é um processo biológico complexo e ainda pouco compreendido. O consenso didático postula o processo da BHR dos AG insaturados com 18 carbonos com objetivo, exclusivo, de formar ácido esteárico como produto final. Porém, recentemente pesquisadores identificaram alterações no padrão da BHR quando se utiliza dietas contendo baixo teor de forragem e um alto teor de amido, resultando em um aumento de C18:1 *trans*-10, prejudicial, em relação a C18:1 *trans*-11, benéfico à saúde humana (ALVES et al., 2017).

A elucidação desta alteração na rota da BHR, denominada "*shift-t10*", desempenhou importantes contribuições para o surgimento de pesquisas objetivando detectar padrões da BHR (ALVES et al., 2014; GUERREIRO et al., 2016; LASCANO et al., 2016; ALVES et al., 2017; ALVES et al., 2017b; COSTA et al., 2017), por sugerir que o objetivo da BHR não consiste, exclusivamente, na formação de ácido esteárico (C18:0), uma vez que o desaparecimento dos AG insaturados não significa o aumento proporcional de C18:0, podendo ocorrer a formação de diversos intermediários durante o processo.

Neste sentido, pesquisas recentes estão avaliando óleos vegetais, ricos em AG insaturados, a fim de modular a composição dos AG da carne (OLIVEIRA et al., 2016; ALVES et al., 2017) e do leite (MORAIS et al., 2017) de animais ruminantes. Entretanto, os óleos de babaçu e de buriti, obtidos a partir dos frutos das palmeiras babaçu (*Attalea speciosa* Mart.) e buriti (*Mauritia flexuosa* L.), estão à margem de investigações que busquem identificar possíveis padrões na BHR ou AG intermediários formados a partir da BHR incompleta.

Nessa perspectiva, torna-se oportuno promover uma investigação científica a fim de avaliar os efeitos do uso dos óleos de babaçu e buriti como ingredientes em dietas para ovinos terminados em confinamento, pela alta disponibilidade regional e características antagônicas do perfil de AG, sendo o óleo babaçu rico em AG saturados, com cadeia curta e média, e o óleo buriti de AG insaturados de cadeia média e longa, (DURÃES et al., 2006; FERREIRA et al., 2017).

A divergência no perfil de ácidos graxos entre estes óleos vegetais regionais, que remetem em um comportamento dissenso quanto aos processos metabólicos no trato gastrointestinal de ovinos, e a carência de estudos sobre estes óleos se configuram como os principais motivos para a elaboração da hipótese deste trabalho, que reside em identificar o perfil de ácidos graxos da digesta abomasal, estimar a taxa de biohidrogenação ruminal e avaliar a digestibilidade aparente de ácidos graxos em ovinos terminados em confinamento alimentados com dietas contendo os óleos de babaçu ou buriti.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Conceito, classificação e uso dos lipídios na nutrição de ruminantes

Não há um consenso relativo ao conceito de “lipídios”, isso se deve ao fato de serem formadas basicamente por Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O) com uma ampla diversidade estrutural, formados por diversos grupos de compostos químicos, porém apresentam uma característica comum entre si, a insolubilidade em água (NELSON & COX, 2008).

Os lipídios podem ser classificados, nutricionalmente, em lipídios de reserva (triglicerídeos) lipídios de membrana (fosfolipídios e galactolipídios) e em uma mistura heterogênea de outras estruturas moleculares solúveis em éter (ceras, clorofila, carotenoides, entre outros) (HARPER et al., 1982; AKOH & MIN, 2008; KOZLOSKI, 2011).

Normalmente, as dietas de ruminantes possuem menos que 5% de extrato etéreo da matéria seca (MS), porém pode chegar a 10% da MS quando se utiliza gorduras protegidas (ZATTA et al., 2017). Os precursores e derivados lipídicos incluem ácidos graxos, glicerol, esteróides, aldeídos gordurosos e corpos cetônicos, vitaminas lipossolúveis e hormônios (BERG et al., 2004).

O grupo de maior interesse nesta pesquisa é o dos ácidos graxos (AG). Estes ácidos carboxílicos são considerados o ponto de partida, do ponto de vista estrutural, para qualquer estrutura lipídica (BESSA et al., 2015). Estima-se que o percentual de AG na dieta de ruminantes seja em torno de 40 a 50% do EE da dieta (VAN SOEST, 1994). As demais frações do EE é constituída por pigmentos, ceras cuticulares, alcanos, carotenoides, óleos essenciais e outras substâncias solúveis em éter (MIR et al., 2001).

Os AG podem ser definidos como ácidos carboxílicos com cadeias de acila compostas por átomos de carbono, que dependendo das duplas ligações (AG saturados ou insaturados) da linearidade (cadeia linear ou ramificada) têm diferentes propriedades físicas e químicas (MOREIRA, et al., 2002), e por isso interfere em suas funções biológicas e a essencialidade dos AG (PALMQUIST & MATTOS, 2011).

Os ruminantes possuem uma exigência mínima de AG para sua sobrevivência; os animais jovens e adultos necessitam de 2% e 1% da energia digestível, respectivamente, o que representa em torno de 1% da MS. É importante ressaltar que, não é recomendado dietas com teores de EE acima de 7% da MS, em caso de lipídios desprotegidos, devido a danos ao consumo, à degradação do alimento, à taxa de passagem pelo trato digestivo e, conseqüentemente, ao desempenho animal (KOZLOSKI, 2011).

Os AG estão presentes nos grãos, bagaços de oleaginosas e outros concentrados, bem como nas forragens. Os cereais e oleaginosas são ricos em ácido linoleico e oleico, por outro lado as forragens são constituídas principalmente por ácido linolênico (BESSA et al., 2015; MEDEIROS et al., 2015, ZATTA et al., 2017). Adicionalmente, fontes lipídicas (óleos vegetais, sabões cálcicos e gorduras hidrogenadas), podem ser utilizados em dieta de ruminantes, com intuito, principalmente, de aumentar a sua densidade energética (BESSA et al., 2015).

É oportuno destacar a carência de pesquisas científicas objetivando identificar o perfil de ácidos graxos de forragens tropicais, durante exaustiva revisão de literatura somente um trabalho foi identificado, realizado pela Faculdade de Ciência Animal da Indonésia. Jayanegara et al., 2011, analisaram 27 espécies de forragens tropicais comumente utilizadas na Indonésia, sendo constatando um alto percentual dos ácidos palmítico (C16:0) e linolênico (C18:2 n-3), e teores consideráveis de linoleico (C18:2 n-6).

Portanto, os lipídios e os AG fazem parte da alimentação de ruminantes, quer seja em sistema de confinamento ou à pasto, inclusive em sistemas extensivos que utilizam pastagens nativas (carente de pesquisas caracterizando o perfil lipídico destas forragens), o qual é a principal forma de criação de pequenos ruminantes na região Nordeste do Brasil, região detentora dos maiores rebanhos de caprinos e ovinos no cenário brasileiro.

2.1.1. Impactos na nutrição de ruminantes

2.1.1.1. Benefícios

Os lipídios estão relacionados a diversos aspectos sobre a manutenção do metabolismo animal, como a absorção de vitaminas lipossolúveis (vitamina

A, D, E e K); o fornecimento de AG essenciais, como o ácido linoleico conjugado (CLA), e AG polinsaturados (AGP) (ácido eicosapentaenoico - EPA e ácido docosahexanóico – DHA); quanto ao seu importante papel como precursor de co-fatores para a regulação do metabolismo animal (PALMQUIST & MATTOS, 2011; MEDEIROS et al., 2015).

Além disso, podem contribuir em algumas funções orgânicas, como por exemplo; a redução da emissão de metano, ou seja, maior eficiência do uso de carbono, devido à competição por H^+ pela via da biohidrogenação ruminal e formação de proprionato pelo glicerol liberado a partir da esterificação dos ácidos graxos (JENKINS, 1993; BESSA, 2001), além de auxiliar a manutenção da temperatura corporal, e em funções endócrinas, pois no tecido adiposo é produzido importantes hormônios para o metabolismo do animal (MEDEIROS et al., 2015).

O principal aspecto de utilização de lipídios deve-se a sua capacidade de promover o aumento da densidade energética da dieta, devido ao seu elevado valor calórico (NRC, 2007), de forma a promover melhor desempenho e qualidade da carcaça (MANSO et al., 2006). Atualmente, tem se explorado o potencial de modulação da composição em AG do leite e tecidos corporais (BESSA et al., 2015; PEREIRA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; ALVES et al., 2017).

2.1.1.2. Limitações

Quando a suplementação lipídica é realizada de forma incoerente, pode resultar na redução de consumo de matéria seca e na digestibilidade dos nutrientes, com alterações em alguns parâmetros no ambiente ruminal, como o potencial hidrogeniônico (pH), concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), concentração e produção de amônia e metano, e aspectos cinéticos relacionados a taxa de passagem.

Em relação ao pH, a maior parte das pesquisas mencionam que a suplementação lipídica não afeta o pH do ambiente ruminal (BESSA et al., 2015; BOERMAN et al., 2015; COSTA et al., 2017). Entretanto, há pesquisas que detectaram reduções (BHATT et al., 2015), relacionado ao caráter acidificante dos ácidos graxos liberados a partir da lipólise, na proporção de 3

AG para 1 molécula de glicerol. Outras pesquisas registraram diferenças significativas de pequena magnitude em ensaios com sabões de cálcio, no sentido do acréscimo do pH (OLUBOBOKUN et al., 1985; GRUMMER, 1988; ELMEDDAH et al., 1991).

As AGCC frequentemente são alteradas no sentido de redução na concentração total (VAN NEVEL & DEMEYER, 1988; BHATT et al., 2015; COSTA et al., 2017), apesar de alguns trabalhos também apontarem um aumento na concentração dos AGCC (VAN NEVEL & DEMEYER, 1981; SUTTON 1980).

Assim como os parâmetros mencionados acima, a concentração de amônia no rúmen, possui grande variação de resultados apresentados. No entanto, a maioria relata que não há variação no rúmen (DOREAU et al., 1991; KHALIL et al., 1997; BESSA et al., 2015; BHATT et al., 2015; COSTA et al., 2017).

Desde a década de 60, pesquisas avaliam a redução da produção de metano com a adição de AG insaturados na dieta de ruminantes (BLAXTER & CZERKAWSKI, 1966). Os últimos trabalhos destacam que, independentemente do tipo de suplemento lipídico (inclusive para as ditas "protegidas" ou "inertes"), as perdas energéticas sob a forma de metano diminuem com a inclusão crescente dos suplementos lipídicos na dieta (BEAUCHEMIN et al., 2007).

Contudo, o principal entrave no uso de lipídios em ruminantes se deve ao efeito tóxico à atividade ruminal de alguns protozoários e em bactérias celulolíticas e metanogênicas, reduzindo significativamente o metabolismo de protozoários (BHATT et al., 2015) no rúmen e dos outros microorganismos, pelo efeito negativo na formação do biofilme, essencial para a degradação dos nutrientes pela microbiota e, conseqüentemente, o consumo da MS (ODONGO et al., 2007).

2.2. Metabolismo de lipídios

Os lipídios são ingeridos pelo animal ruminante, a partir da dieta, seja em regime de confinamento ou exclusivamente a pasto. Inicia-se com a lipólise e, posterior biohidrogenação ruminal. Vale ressaltar que, existe a necessidade, quando a fonte de AG não está prontamente disponível, do ataque e

colonização das partículas de alimento pelos microrganismos do ecossistema ruminal, afim de degradar a parede celular das partículas do alimento (PALMQUIST & MATTOS, 2011; MEDEIROS et al., 2015).

É importante considerar que, dependendo da taxa de passagem, existem situações que os lipídios (partículas de alimento) podem passar pelo rúmen sem sofrer a ação da fermentação ruminal, promovida pelos microrganismos do ecossistema ruminal, reduzindo a taxa de biohidrogenação ruminal, porém, a grande maioria sofre à ação promovida por estes microrganismos (ALVES et al., 2014; BOERMAN et al., 2015; BHATT et al., 2015)

2.2.1. Processos digestivos no rúmen

O rúmen desempenha um papel essencial para o metabolismo lipídico. Isso se deve aos processos microbianos que nele ocorrem, nomeadamente a lipólise, biohidrogenação e a síntese do novo. No rúmen, os lipídios da dieta são extensamente hidrolisados, gerando dois produtos: AG livres e glicerol. Os ácidos graxos insaturados liberados são transformados em duas etapas, uma inicial, denominada de isomerização, seguida da hidrogenação.

2.2.1.1. Lipólise

A primeira etapa da transformação dos lipídios, denomina-se lipólise. Este processo é caracterizado pela hidrólise das ligações éster pelas enzimas lipolíticas microbianas, resultando em AG na forma não esterificada (“livres”), condição requerida para que ocorra a hidrogenação (PALMQUIST & MATTOS 2006). As enzimas lipolíticas, conhecidas como lipases, são, em sua maioria, associadas à membrana celular bacteriana, mas também pode ser por fosfolípides e galactolipases bacteriana, e em menor expressão, por parte de protozoários e fungos (HARFOOT & HAZLEWOOD 1988; JENKINS, 1993).

Os principais produtos resultantes são os ácidos graxos livres e o glicerol, formando-se também em menor número galactose. O glicerol e galactose resultantes são então metabolizados e convertidos em AGCC, que posteriormente são absorvidos, notoriamente na forma de propionato. A extensão da lipólise é frequentemente elevada, geralmente maior que 85% (BAUCHART et al., 1990; LOOR et al., 2004).

Contudo, foram identificados vários fatores que diminuem a extensão da hidrólise, como o nível de lipídios na dieta (BEAM et al., 2000), baixo pH (VAN NEVEL & DEMEYER, 1996), maturidade do volumoso, (VAN SOEST, 1994; BEAM et al., 2000), assim como teor de proteína (LOOR et al., 2004), tamanho da partícula do alimento no rúmen e o uso de ionóforos, que inibem a atividade e o crescimento bacteriano (JENKINS 1993; VAN SOEST, 1994; BEAM et al., 2000; LOOR et al., 2004).

2.2.1.2. Biohidrogenação ruminal

O propósito evolutivo da BHR no ecossistema microbiano ruminal não é ainda bem compreendido, mas a teoria mais aceita admite que seja uma estratégia de desintoxicação para prevenir os efeitos tóxicos dos AG insaturados sobre os microrganismos ruminais (HARFOOT & HAZELWOOD, 1997, MAIA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2016), especialmente bactérias gram-positivas, metanogênicas e protozoários. Esta “toxicidade” está relacionada à natureza anfifílica dos AG, que se remete a característica de conter uma região hidrofílica e uma hidrofóbica no mesmo composto químico (PALMQUIST & MATTOS, 2011).

Os primeiros relatos sobre o paradoxo da elevada saturação das gorduras comestíveis dos ruminantes (ricas em AG saturados e *trans*) em contradição com as suas fontes alimentares ricas em AG insaturados, datam da década de 30 (BANKS & HILDITCH, 1931), sendo que a elucidação por meio da associação da hidrogenação dos AG insaturados com o metabolismo microbiano ruminal só veio à tona nos finais da década de 50 por SHORLAND et al. (1957).

Com o passar dos anos admitiu-se, de uma maneira genérica, que o processo de biohidrogenação ruminal se configure como um processo biológico que se refere a todo conjunto de metabolizações que os AG poliinsaturados (AGP) podem sofrer no ambiente ruminal, incluindo hidrogenações (reduções e saturações) e isomerizações que as acompanham (BESSA et al., 2015). Após serem hidrolisados, os AG insaturados são submetidos à BHR que inclui basicamente uma etapa inicial de isomerização, seguido de etapa (s) de hidrogenação.

A isomerização consiste em modificações da conformação geométrica do AG (passando de *cis* para *trans*) e algumas modificações posicionais de duplas ligações. Após este processo, procede-se à redução de duplas ligações, aumentando o grau de saturação dos AG. É importante destacar que fatores que afetem a hidrólise também influenciam a BHR, já que a presença do grupo carboxílico livre é indispensável para que esta ocorra (HOFFMAN et al., 2015; CARREÑO et al., 2015; ISHLAK et al., 2015; COSTA et al., 2016; FRANCISCO et al., 2016).

Atualmente, o processo de BHR dos ácidos linoleico e linolênico são descritos de uma forma detalhada ao ponto de serem aceitas no universo científico. A isomerização dos ácidos linoleico e linolênico é catalisada pela enzima linoleato isomerase, convertendo-os em duplas ligações conjugadas -. Posteriormente, ocorre a redução destes intermediários até formar o ácido vacênico (C18:1 *trans* 11). Seguidamente ocorre a redução do ácido vacênico a ácido esteárico (C18:0) (HARFOOT & HAZLEWOOD, 1997).

Contudo, a BHR é frequentemente incompleta, originando uma grande diversidade de intermediários, dos quais se destaca, principalmente o ácido linoleico conjugado C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e o ácido vacênico C18:1 *trans*-11 (PIPEROVA et al., 2002; JENKINS et al., 2008; LAVERROUX et al., 2011), embora, o consenso didático postula o processo da BHR dos AG poliinsaturados (AGP) de 18 carbonos conduz à formação de ácido esteárico (C18:0) como produto final (BESSA et al., 2015).

Em relação às bactérias que participam nesse processo, as principais identificadas com alguma capacidade de isomerizar e hidrogenar os AGP's até os dias atuais são as estirpes de *Butyrivibrios*, *Ruminococcus*, *Eggerthella*, *Borrelia*, *Propionibacterium*, *Treponema*, *Bacteroides*, *Megasphaera*, *Clostridium* e *Lactobacilus*, porém somente um pequeno grupo do gênero *Butyrivibrios* são capazes de hidrogenizar os AGPs completamente até sua forma mais saturada (ácido esteárico - C18:0) (ESCOBAR et al., 2016).

A divisão clássica das bactérias que apresentam alguma relevante capacidade de biohidrogenação é efetuada em dois grandes grupos A e B, data da década de 80 (KEMP & LANDER, 1984), sendo aceita até os dias atuais. No grupo A, (*Megasphaera*, *Clostridium*, *Lactobacilus*, *Treponema*, *Bacteroides*) o

mais numeroso, é constituído por bactérias com capacidade de hidrogenar ácido linoleico ou linolênico incompletamente, não produzindo ácido esteárico (C18:0) e um grupo B (*Butyrivibrios*, *Ruminococcus*), capaz de hidrogenar completamente os ácidos linoleico e linolênico e outros isômeros C18:1 a ácido esteárico.

No início deste século foi proposta uma nova divisão para estas bactérias com capacidade de biohidrogenação, mas desta vez baseado na taxonomia atual disposto na sequenciação do 16S rRNA, mas ainda é algo demasiadamente debatido no cenário científico. Esta divisão leva em conta que as posições das estirpes na árvore filogenética refletem igualmente em importantes características fenotípicas, especialmente a sensibilidade ao efeito tóxico (inibidor do crescimento) do ácido linoleico, do mecanismo pelo qual formam butirato na sua atividade fermentativa e dos produtos originados na biohidrogenação do ácido linoleico (PAILLARD et al., 2007; MAIA et al., 2007, LOURENÇO et al., 2010).

Contudo, o cerne da questão reside no fato de que o produto da BHR formados pelo *Butyrivibrios* não explica a enorme diversidade de intermediários encontrados no rúmen e, principalmente, na gordura dos ruminantes. Sabe-se atualmente que o padrão da BHR é alterado quando se fornece dietas ricas em amido para ruminantes, com acumulação de C18:1 *trans* 10 em vez do habitual C18:1 *trans* 11. Diversos candidatos, que não estão relacionados filogeneticamente ao gênero *Butyrivibrios* têm sido apontados como os prováveis responsáveis por essa acumulação (GUERREIRO et al., 2016; LASCANO et al., 2016).

Isto sugere que, outras bactérias podem estar atuando nas vias alternativas da BHR, o que explicaria a diversidade de intermediários formados ou, outras bactérias, ainda desconhecidas, podem estar envolvidas na BHR, pelo simples fato de ainda não ter sido possível associar alterações do padrão de BHR com a dimensão da população de *Butyrivibrios* encontrada no rúmen (BOECKAERT et al., 2008)

HUWS et al. (2010) identificaram que quando se oferece óleo de peixe aos ruminantes, ocorre uma forte inibição da produção do ácido esteárico (C

18:0) no rúmen, sem ser acompanhada pela diminuição bacteriana do grupo B.. Estudos recentes parecem sugerir que as bactérias ainda não cultivadas com afinidades filogenéticas aos *Prevotella*, *Lachnospiraceas*, *Clostriales* e *Ruminococcaceae* possam desempenhar um papel relevante na BHR (HUWS et al., 2011; ESCOBAR et al., 2016).

Como se pode perceber, o conhecimento sobre os microrganismos responsáveis pela BHR é incompleto, e o mesmo pode ser dizer sobre as enzimas envolvidas nesse processo. As vias da BHR ruminal, sem dúvida, implicam em reações de isomerização e de redução e, em alguns casos, hidratação. Como dito anteriormente o primeiro passo é uma isomerização com formação de um intermediário conjugado, seguido por uma etapa redutiva.

O que sabemos é que a isomerase do *B. fibrisolvens* forma ácido rumênico (C18:2 *cis* 9, *trans* 11) a partir do ácido linoleico, é a "LAI", do inglês: "linoleic acid isomerase". Esta enzima ainda não foi devidamente purificada apesar dos esforços na década de 60 (KEPLER & TOVE, 1967). Sabe-se que a enzima admite como substratos apenas AG não esterificados e foi demonstrado que existem uma especificidade para o ácido linoleico (HUGHES, et al., 1982). Posteriormente foram determinadas sua sequência de aminoácidos e sua codificação genética (FUKUDA et al., 2007).

Dessa maneira, a elucidação do mecanismo de redução ainda não foi completamente esclarecida, como também nem foi possível deduzir a existência de redutases semelhantes em outros microrganismos já sequenciados. Quanto às redutases que catalisam a conversão de ácidos octadecenóicos (C18:1) em ácido esteárico (C18:0) nada se sabe de concreto até o momento.

LIAVONCHANKA et al. (2009) identificaram que bactérias gram-positivas não ruminais possuem capacidade de formar CLA por isomerização do ácido linoleico. O que sugere que a atividade da enzima LAI é muito mais difundida do que se pensava inicialmente, e por isso, numerosas estipes de *Lactobacillus*, *Bifidobacterias* e *Propianobacterias* têm sido exaustivamente estudadas (ALDAI et al., 2012; XIANG et al., 2015; ESCOBAR et al., 2016).

Em geral, pode-se concluir que o conhecimento sobre a BHR foi aprofundado nos últimos anos. Atualmente, muitos pesquisadores já consideram que a BHR não tem como objetivo exclusivo a formação de ácido esteárico (C18:0), especialmente porque, já se sabe, que em termos médios apenas 60% dos AGP's hidrogenados no rúmen seja completamente hidrogenado em C18:0 (ácido esteárico) (FIEVEZ et al., 2007).

Entretanto, ainda há diversas lacunas a serem preenchidas, como o porquê da formação dos AG intermediários e como eles são alterados, quer seja em quantidade ou em diversidade, em função da fonte de óleo utilizado na dieta (FERREIRA et al., 2016), taninos em uma menor magnitude (COSTA et al., 2017), bem como o uso de dietas com alto concentrado e ionóforos diminuem o último passo da BHR (VAN NEVEL & DEMEYER, 1995; BESSA et al., 2015).

2.2.1.3. Síntese de novo

Os microrganismos no ecossistema ruminal possuem lipídios em sua estrutura celular, estes “lipídios microbianos” são produzidos por meio de moléculas precursoras presentes nas partículas dos alimentos da dieta, como a glicose (KOZLOSKI, 2012). Desse modo, a quantidade de lipídios nos microrganismos dependerá da dieta e dos tipos de microrganismos presentes no ecossistema ruminal.

O cerne da questão é que esses microrganismos, especialmente bactérias, além de modificarem os AG dietéticos, sintetizam (síntese de novo) uma série de AG diferentes, geralmente AG de cadeia ímpar (contendo 15 a 16 átomos de Carbono) e/ou ramificada, e para a manutenção da fluidez das membranas, normalmente, forma-se AG com ramificações da série ISO e ANTEISO (BONNET et al., 2007).

2.2.2. Digestão e absorção intestinal

A maior parte dos AG quando chegam ao intestino delgado estão na forma não esterificada (AG livres), não iônica, insolúvel e ligados à fase sólida da digesta. O restante dos componentes lipídicos são fosfolipídios microbianos e quantidades quase insignificantes de triacilgliceróis e glicolipídios de

matérias-primas residuais, que são hidrolisados por lipases intestinais e pancreáticas (DOREAU & FERLAY, 1994; MEDEIROS et al., 2015).

Os lipídios são transferidos da fase insolúvel para a fase micelar por meio da ação da biliar, de tal forma a permitir a sua absorção, notadamente no jejuno. Vale destacar que, como nessa porção do intestino o pH é baixo, a ação da biliar é fundamental devida à baixa atividade das lipases pancreáticas (PALMQUIST & MATTOS, 2011).

Posteriormente, os lipídios em suspensão no fluido são emulsionados e solubilizados pelas micelas dos sais biliares, sendo que a emulsificação decorre da ação detergente dos sais que provocam a diminuição da tensão superficial. E, só a partir daí, são clivadas de modo a formar moléculas com menores dimensões, favorecendo desta maneira o aumento da área superficial dos lipídios expostos a ação das enzimas hidrolíticas e, por consequência, facilitando a digestão (PALMQUIST & MATTOS, 2011; MEDEIROS et al., 2015).

As micelas dos sais biliares removem e incorporam, concomitantemente, os lipídios dos vacúolos de gordura ou “gotículas de gordura”, formando micelas mistas (CUVELIER et al., 2005). As micelas entram em contato com as regiões da célula mucosa intestinal, nomeadamente “microvisolidades”, onde ocorre a sua ruptura, de modo a permitir que os AG livres sejam absorvidos. Nas células da mucosa intestinal o destino do AG é determinado especialmente pelo comprimento da cadeia (PALMQUIST & MATTOS, 2011; MEDEIROS et al., 2015).

Os AG com menos de 12 átomos de carbono entram diretamente no sistema pelo portal venoso e são transportados para o fígado. Por outro lado, os AG com 12 átomos de carbono ou mais são novamente esterificados no enterócito e entram na circulação pela via linfática como quilomícrons (HOCQUETTE & BAUCHART, 1999; CUVELIER et al., 2005).

Os AG livres absorvidos são reesterificados como glicerol de origem endógena nos retículos endoplasmáticos rugoso e liso, com a formação da apoproteína no complexo de Golgi. A priori, forma-se a lipoproteína para ser transportada como quilomícrons ou lipoproteína de muito baixa densidade,

mais conhecida pela sigla VLDL (do inglês: Very Low Density Lipoprotein) (DOREAU & FERLAY, 1994).

2.3. Óleos de babaçu e buriti

2.3.1 Babaçu

O óleo babaçu é um produto obtido por meio do extrativismo das amêndoas do fruto da palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart.). Esta palmeira é encontrada na área entre a Amazônia e o cerrado brasileiro, desde o cerrado mato-grossense até o maranhense, sendo sua maior concentração na região de transição entre a caatinga nordestina e a Amazônia, região compreendida entre os estados do Maranhão e Piauí (ALBIERO et al., 2011).

O estado do Maranhão possui cerca de 65% da área nacional de ocorrência do babaçu, o que representa 30% da superfície do Estado (FERREIRA, 1999). A palmeira babaçu é de grande porte, chegando a alcançar 20 metros de altura, possui tronco cilíndrico e copa em formato de taça, seu fruto (coco babaçu) é uma drupa com elevado número de frutos por cacho, sendo estes em número de quatro, quando em habitat natural, podendo chegar até de 15 a 25 cachos. Os frutos têm formato elipsoidal, mais ou menos cilíndricos, pesando entre 90 a 280 gramas (FIGURA 1). (LORENZI, 2010, ALBEIRO, et al., 2011).

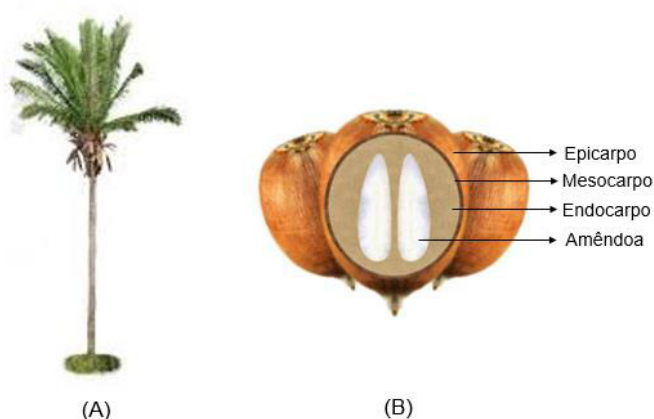


Figura 1. Palmeira babaçu (A) e coco babaçu com suas frações (B). Fonte: Própria do Autor

O coco babaçu é constituído pelo epicarpo, uma camada mais externa bastante rígida (alto teor de fibras), mesocarpo com 0,5 a 1,0 centímetros de espessura rico em amido, endocarpo de 2 a 3 centímetros de espessura com

características mais lenhosas e amêndoa de 2 a 8 por fruto, com 2,5 a 6 centímetros de comprimento e 1 a 2 centímetros de largura. A cor da casca do fruto é amarronzada e a cor da polpa é branca a bege, com elevado número (>100) de frutos por cacho (BARROS, 2011).

A extração do óleo babaçu é realizada com a prensagem do das amêndoas do coco babaçu, afim de reduzir o teor de óleo na torta a até cerca de 12 a 15% utilizando prensas. O restante é extraído por solvente; os equipamentos mais modernos chegam a extrair 98% do óleo, deixando um teor residual de 1% no farelo de babaçu e, em alguns casos de até 0,5% de óleo (MACHADO et al., 2006; FERREIRA et al., 2017).

O óleo babaçu é incolor, com vasta utilização industrial, tem por característica uma grande quantidade de ácidos graxos de cadeia carbônica curta e média (8 a 14 átomos de carbono), com grande quantidade de ácido láurico (C12:0), bem como um perfil mais saturadas, como pode ser observado no perfil apresentado pela Agência Nacional de Vigência Sanitária (ANVISA), expresso na Tabela 1.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos do óleo babaçu

Ácido graxo	Composição (%)
Ácido Cáprico (C8:0)	2,6 – 7,3
Ácido Caprílico (C10:0)	1,2 – 7,6
Ácido Láurico (C12:0)	40 – 55
Ácido Mirístico (C14:0)	11 – 27
Ácido Palmítico (C16:0)	5,2 – 11
Ácido Esteárico (C18:0)	1,8 – 7,4
Ácido Oléico (C18:1)	9,0 – 2,0
Ácido Linoléico (C18:2)	1,4 – 6,6

Fonte: ANVISA (2009).

2.3.2. Buriti

A palmeira Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma das palmeiras presentes em maior proporção na região amazônica do Brasil, que fornece materiais para uma variedade de aplicações, como frutos para produzir licores, vinhos e até raízes para uso medicinal (DURÃES et al., 2006). No entanto, é nativa do cerrado, porém pode ser encontrada desde o norte da América do Sul, na região Amazônica e leste Andino e no nordeste brasileiro, (SARAIVA, 2009).

A palmeira buriti pode chegar a 30 m de altura, apresenta um estipe liso medindo até 50 cm de diâmetro, coroa foliar com presença de folhas verdes e senescentes, tipo costapalmadas, bainha aberta, tamanho da folha até 6,0 m de comprimento e 250 segmentos (folíolos). Seu fruto, possui formato elipsóide-oblongos, com o epicarpo coberto por escamas córneas, mesocarpo carnoso, e o endocarpo fino, medindo 6,24 a 3,89 cm de diâmetro, com coloração marrom-avermelhada na maturidade (FIGURA 2). (MIRANDA & RABELO, 2008).

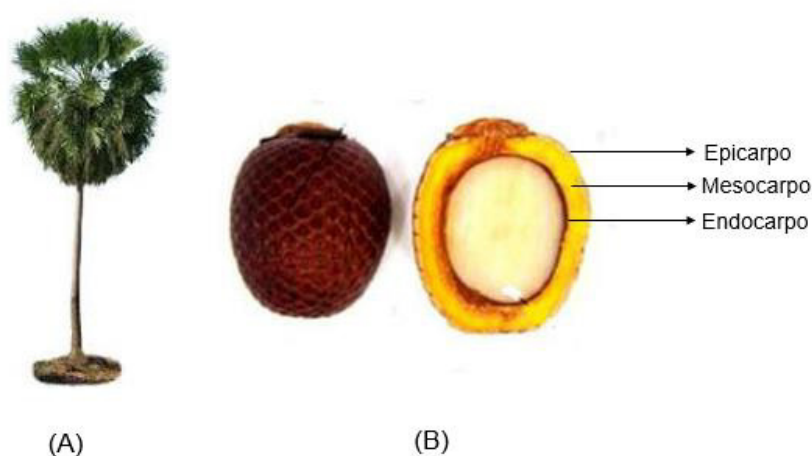


Figura 2. Palmeira Buriti (A) e fruto maduro (B). Fonte: Adaptado de CARVALHO, 2011)

O óleo de buriti é extraído especificamente do mesocarpo (polpa) (Figura 2). Possui alta concentração de tocoferóis e carotenóides (FERREIRA et al., 2017) e um perfil de AG mais insaturado, com AG de cadeia monoinsaturada e AG de cadeia longa, principalmente o ácido oleico (ALBUQUERQUE, et al., 2005; 2006; MACHADO et al., 2006; FERREIRA et al., 2017; MORAIS et al., 2017) (Tabela 2).

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos óleo buriti

Ácido graxo	Composição (%)
Ácido Palmítico (C16:0)	17,34-19,2
Ácido Mirístico (C14:0)	0,10
Ácido Esteárico (C18:0)	2,00
Ácido Oléico (C18:1)	73,3-78,73
Ácido Linoléico (C18:2 n-3)	2,4-3,93
Ácido Linolênico (C18:3 n-6)	2,20

Fonte: ALBUQUERQUE et al., (2005).

3. OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo identificar o perfil de ácidos graxos da digesta abomasal, estimar a taxa de biohidrogenação ruminal e avaliar a digestibilidade aparente de ácidos graxos em ovinos terminados em confinamento alimentados com dietas contendo óleos de babaçu ou buriti.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e período experimental

O experimento foi conduzido no Setor de Pequenos Ruminantes do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão em Chapadinha, MA, Brasil. O ensaio teve duração de 18 dias, sendo 15 dias destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais e 3 dias para amostragem do alimento ofertado, sobras e fezes. Após esse período, os ovinos foram mantidos em jejum de sólidos por 14 horas e abatidos.

4.2. Animais, manejo, dietas e coleta dos dados

Foram utilizados 21 ovinos castrados, $\frac{1}{2}$ Santa Inês $\times$ $\frac{1}{2}$ Dorper, com idade aproximada de cinco meses e peso médio de $26,50 \pm 4,1$ kg no início do período de adaptação. Os ovinos foram vermifugados por meio da aplicação via subcutânea de ivermectina 2%, e posteriormente distribuídos em baias metálicas individuais devidamente identificadas, com área de $1,45 \text{ m}^2$ providas de cochos, bebedouros e saleiros em uma instalação com área de 60 m^2 , pé direito 2,20 m, modelo de queda duas águas, constituída de telhas de cerâmica.

Os ovinos receberam água, sal mineral e alimento à vontade, sendo as dietas ofertadas sempre às 08:00 e às 16:00 horas do dia. As dietas (Tabela 3) foram formuladas com relação volumoso: concentrado 30:70, isonitrogenadas e isofibrosas, objetivando atender as exigências dos ovinos com potencial de ganho de peso de 200 g/dia (NRC, 2007). A análise química dos ingredientes das dietas está expressa na Tabela 4.

Os tratamentos consistiram em três dietas experimentais, sendo uma dieta controle, sem a inclusão de óleo (CON), uma dieta com a inclusão de 4% do óleo buriti (OBU) e uma dieta com a inclusão de 4% do óleo babaçu (OBA) com base na MS. A adição dos óleos aos concentrados das dietas foi realizada no momento da oferta, afim de evitar a rancificação dos ácidos graxos.

O perfil de ácidos graxos das dietas experimentais e dos ingredientes das dietas estão expressos na Tabela 5 e 6, respectivamente

Tabela 3. Composição centesimal e química das dietas experimentais

INGREDIENTES	DIETAS		
	CON	OBA	OBU
Feno de Tifton-85	30,00	30,00	30,00
Milho em grão moído	46,00	41,50	41,50
Farelo de soja	21,00	21,50	21,50
Óleo ¹	0,00	4,00	4,00
Calcário	0,50	0,50	0,50
Suplemento Mineral ²	2,50	2,50	2,50
Composição química em % da MS			
MS	90,68	91,09	91,09
MO	94,85	94,95	94,60
PB	17,55	17,33	17,33
FDNcp	40,48	39,63	39,63
FDAcp	22,97	22,57	22,57
EE	2,66	5,88	5,98
CHOT	74,00	70,14	70,14
CNF	33,52	30,51	30,51
EM	2,66	2,91	2,71

¹Inclusão de 4% de óleo de babaçu e buriti; ²Composição: Ca 13,4%, P 7,5%, Mg 1%, S 7%, Cl 21,8%, Na 14,5%, Mn 1100 mg.kg⁻¹, Fe 500 mg.kg⁻¹, Zn 4600 mg.kg⁻¹, Cu 300 mg.kg⁻¹, Co 40 mg.kg⁻¹, I 55 mg.kg⁻¹, Se 30 mg.kg⁻¹. Legenda: CON: Dieta Controle; OBA: Dieta com a inclusão de Óleo babaçu; OBU: Dieta com a Inclusão de Óleo buriti; MS: Matéria Seca; MO: Matéria Orgânica; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; EE: Extrato Etéreo; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; CHOT: Carboidratos totais; EM: Energia Metabolizável.

Tabela 4. Análise química dos ingredientes das dietas experimentais

Itens (%)	FT – 85	MM	FS	OBA	OBU	Calcário e Sal
MS	83,67	83,22	81,87	100,0	100,0	100,0
PB	7,19	9,73	51,81	0,0	0,0	0,0
FDN	84,99	10,91	18,32	0,0	0,0	0,0
FDA	50,57	3,14	12,76	0,0	0,0	0,0
EE	1,62	2,01	1,72	98,9	99,1	0,0

Legenda: FT – 85: Feno de Tifton -85; MM: Milho Moído; FS: Farelo de Soja; OBA: Óleo babaçu; OBU: Óleo buriti; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; EE: Extrato Etéreo.

Durante três dias no final do período de confinamento, foi realizado a amostragem da quantidade de alimento ofertado, sendo pesada (Welmy, BCW 6/15/30, Santa Bárbara D'oeste, SP, Brasil) e ajustado de acordo com as sobras do dia anterior, de modo obter sobras de até 10% para a garantia do consumo voluntário. Cerca de 10% das sobras destes dias foram amostrados por animal para posteriores determinações laboratoriais. Da mesma forma, procedeu-se à coleta total de fezes, com auxílio de bolsas de nylon ajustáveis para ovinos, acopladas aos ovinos a cada 24 horas.

Tabela 5. Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais, em g/100g da MS.

ÁCIDOS GRAXOS	CON	OBA	OBU
Ácido Caprílico (C8:0)	0,00	3,97	0,00
Ácido Cáprico (C10:0)	0,00	4,72	0,00
Ácido Láurico (C12:0)	0,00	45,49	0,03
Ácido Mirístico (C14:0)	0,08	14,97	0,08
Ácido Pentadecílico (C15:0)	0,00	0,00	0,03
Ácido Palmítico (C16:0)	18,71	8,64	17,73
Ácido Palmitoleico (C16:1)	0,00	0,00	0,13
Ácido Margárico (C17:0)	0,00	0,00	0,08
Ácido Esteárico (C18:0)	1,59	3,19	1,59
Ácido Oleico (C18:1 <i>cis</i> 9)	24,93	12,59	71,92
Ácido Vacênico (C18:1 <i>cis</i> 11)	0,66	0,05	1,11
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	49,04	5,28	5,27
Ácido Linolênico (C18:3 n-3)	3,27	0,29	1,27
Ácido Araquídico (C20:0)	0,46	0,83	0,12
Outros ¹	0,64	0,08	0,64
Ácidos Graxos Saturados (AGS)	22,48	81,89	19,82
Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM)	25,59	12,65	73,64
Ácidos Graxos Poliinsaturados (AGP)	52,31	5,57	6,54

Legenda: CON: Dieta Controle; OBA: Dieta com a inclusão de Óleo babaçu; OBU: Dieta com a Inclusão de Óleo buriti e outros¹: Somatório dos ácidos Ácido Gadoléico (C20:1), Ácido Behênico (C22:0), Ácido Tetracosanoico (C24:0) e Ácido Lignocérico (C24:0).

Visando facilitar o processo de coleta e o bem-estar animal, as amostras foram obtidas em dois períodos, às 08:00h e às 16:00h. As fezes foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas para posterior pesagem em balança eletrônica e armazenagem (amostras de, aproximadamente 15% do total produzido em um intervalo de 24 horas) em freezer à -10°C. Posteriormente, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, formando uma amostra composta por animal, para posteriores determinações do perfil de ácidos graxos.

No final do período de coleta de amostras, os ovinos foram submetidos ao jejum de sólidos por 14 horas e posteriormente abatidos de acordo com as normas estabelecidas pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (BRASIL, 2017). Após o abate dos animais foram coletadas amostras do conteúdo da digesta abomasal de cada animal, previamente identificadas, em seguida as amostras do conteúdo

abomasal foram armazenadas (-10°C) em recipientes plásticos previamente identificados para posterior preparo para análise de ácidos graxos.

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos dos ingredientes das dietas, g/100g.

Ácido graxo	FT – 85	MM	FS	OLBA	OLBU
Ácido Caprílico (C8:0)	0,00	0,00	0,00	4,28	0,00
Ácido Cáprico (C10:0)	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00
Ácido Láurico (C12:0)	0,00	0,00	0,00	49,02	0,02
Ácido Mirístico (C14:0)	1,02	0,02	0,08	16,16	0,08
Ácido Pentadecílico (C15:0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Ácido Palmítico (C16:0)	33,25	15,38	16,86	8,00	17,82
Ácido Palmitoleico (C16:1)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
Ácido Margárico (C17:0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
Ácido Esteárico (C18:0)	4,67	1,92	3,14	3,25	1,52
Ácido Oleico (C18:1 <i>cis</i> 9)	5,02	29,49	15,85	11,57	75,65
Ácido Vacênico (C18:1 <i>cis</i> 11)	0,00	0,55	1,28	0,00	1,14
Ácido Linoleico (C18:2 n-6)	16,63	50,75	56,11	1,66	1,65
Ácido Linolênico (C18:3 n-3)	32,63	0,45	0,23	0,32	1,09
Ácido Araquídico (C20:0)	1,82	0,97	5,82	0,85	0,09
Ácido Gadoleico (C20:1)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
Ácido Behênico (C22:0)	1,99	0,17	0,37	0,00	0,03
Ácido Tetracosanoico (C24:0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Ácido Lignocérico (C24:0)	2,92	0,25	0,22	0,03	0,05
Ácidos Graxos Saturados (AGS)	45,70	18,73	26,51	86,69	20,04
Ácidos Graxos Monoinsaturados (AGM)	5,02	30,05	17,13	11,57	77,45
Ácidos Graxos Poliinsaturados (AGP)	49,27	51,21	56,34	1,98	2,74

Legenda: FT – 85: Feno de Tifton -85; MM: Milho Moído; FS: Farelo de Soja; OLBA: Óleo de babaçu; OLBU: Óleo de buriti.

4.3. Preparo das amostras e análises laboratoriais

As amostras dos ingredientes das dietas, sobras do ofertado e fezes foram retiradas do freezer e pré-secas em estufa (SOLAB, SL-102/480, Piracicaba, SP, Brasil) com ventilação forçada de ar à 55°C por um período de 72 horas, e em seguida, moídas em moinho tipo Willey (SOLAB, SL - 31, Piracicaba, SP, Brasil), com peneiras de crivos de 1,0 mm para análise da composição química e para a análise do perfil de ácidos graxos. As amostras do conteúdo abomasal foram liofilizadas, maceradas e embaladas a vácuo (SINBO, DZ-280, Beijing, China) e armazenadas em freezer à -20 °C para a posterior análise do perfil de ácidos graxos.

4.3.1. Análises da composição química das amostras

A determinação dos teores de matéria seca (MS – Método 930.15), proteína bruta (PB – Método 968.06), matéria mineral (MM – Método 942.05) e extrato etéreo (EE – Método 954.05) foram de acordo o estabelecido pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2012). A matéria orgânica foi obtida por diferença entre o teor de MS e MM. Para análise do EE das fezes, foi utilizado o éter acidificado com ácido acético a 10% para remover os sais de ácidos graxos (MATTOS & PALMQUIST, 1974).

As análises de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Acido (FDA) seguiu a metodologia da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2012). Os Carboidratos Totais (CT) foram determinados conforme propostos por SNIFFEN et al., (1992), os Carboidratos Não Fibrosos (CNF) foram estimados pelo procedimento de cálculo proposto por HALL (2000) utilizando as equações 1 e 2 respectivamente.

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM) \quad (1)$$

$$CNF = 100 - [(\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%MM)] \quad (2)$$

Em que:

CNF: carboidratos não fibrosos

CT: carboidratos totais

%PB: percentual de proteína bruta

%FNDcp: percentual de FDNcp

%EE: percentual de extrato etéreo

%MM: percentual de matéria mineral

A Energia Metabolizável (EM) foi calculada com dados obtidos por GOMES (2018, dados não publicados), utilizando o método da National Research Council (NRC), seguindo-se a equação abaixo:

$$EM = 0,82 \times ED \quad (3)$$

Em que:

EM: energia metabolizável

ED: energia digestiva

4.3.2. Análises de identificação dos ácidos graxos

Para determinação dos ácidos graxos, foram pesadas amostras de 250 mg para os ingredientes da dieta, fezes e digesta abomasal dos ovinos utilizados no experimento, exceto os óleos que se utilizou 50 mg. As amostras foram inseridas em tubos de 16x160mm com rolhas de teflon. Adicionou-se 1 ml de tolueno seco para transesterificação de extração tal como descrito por SUKHIJA & PALMQUIST (1988). Em seguida, adicionou-se, no início da metilação, 1 ml de éster metílico (C19:0) (1 mg.ml^{-1} em n-hexano), considerado como padrão interno.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) foram transesterificados por reação com metóxido de sódio em metanol (0,5 M) a 50 °C durante 15 min seguido de reação com HCl em metanol (2,5 M) a 80 °C durante 20 min, posteriormente submetidos a uma corrente de nitrogênio a 37°C, utilizada para evaporar o hexano que contém os ésteres metílico. Adicionou-se carvão ativado nas amostras de fezes afim de reduzir a pigmentação. Especificamente, no caso das amostras das fezes e digesta abomasal, foi necessária a utilização de banho em ultrassom durante 10 min.

Os EMAG da dieta, ingredientes da dieta, digesta abomasal e fezes, foram analisados por cromatografia gasosa utilizando curvas de calibração por meio de um cromatógrafo de gás-liquido (Shimadzu 2010-Plus, Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com detector de ionização de chama, com coluna capilar, SP-2560 (100 m x 0.25 mm x 0.20 μm , Supelco, Bellefonte, PA, EUA). A Figura 3 esquematiza os componentes básicos do cromatógrafo utilizado para identificação dos AG.

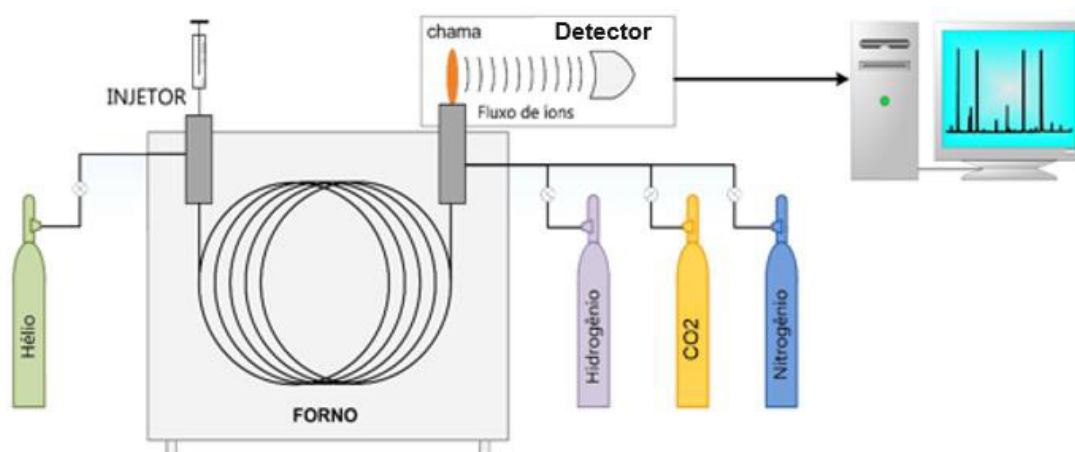


Figura 3. Componentes fundamentais de um cromatógrafo. Fonte: Própria do autor.

O injetor e o detector do cromatógrafo foram mantidos a 250°C e 280°C, respetivamente. Foi utilizado gás hélio como gás de arraste, com fluxo constante de 1 ml/min sendo injetada 1 µl de amostra, sendo o forno programado para iniciar a uma temperatura de 50 °C (que foi mantida durante 1 minuto), aumentando progressivamente a 50°C/min até a temperatura de 150°C (mantida durante 20 min), seguida de aumento a 1°C/min até aos 190°C e, finalmente, a 2°C/min até aos 220°C onde foi mantida durante 40 minutos.

Os registos e integrações dos cromatogramas foram obtidos utilizando o programa GCsolution Version 2.41.00 (2011, Shimadzu, Kyoto, Japão). A identificação de EMAG foi conseguida por análise da coluna capilar dos cromatogramas, por comparação dos tempos de retenção de EMAG com os de padrões autênticos de 37 compostos (Supelco Inc., Bellefont, PA, EUA) e por comparação com cromatogramas publicados (DELMONTE et al., 2011, 2012; ALVES & BESSA, 2014; ALVES et al., 2017).

4.4 Estimativa da biohidrogenação ruminal

A estimativa de biohidrogenação ruminal (%) para os ácidos oleico (C18:1 *cis* 9), linoleico (C18:2 n-6), linolênico (C18:3 n-3), assumindo que não há perdas de C18:0 nos compartimentos gástricos (FIEVEZ et al., 2007), foi obtida por meio da diminuição da concentração desses AG, proporcional à soma de AG C18:0, entre a dieta e digesta abomasal (OLIVEIRA et al., 2016) conforme a equação 4.

$$BH (\%) = (AG_{dieta} - AG_{abomaso}) / (AG_{dieta}) \times 100 \quad (4)$$

Em que;

BH: desaparecimento dos AG entre a dieta e o abomaso digesta;

AG_{dieta} : AG na dieta em relação ao somatório total de AGs C18;

$AG_{abomaso}$: AG no abomaso em relação ao somatório total de AGs C18.

A biohidrogenação completa (g/100g) foi estimada considerando o máximo de C18:0 na digesta abomasal, assumindo que houve biohidrogenação completa dos AG C18:0 da dieta (ALVES et al., 2017) por meio da equação 5.

$$BH_{completa} = C18_{abomasal} \times 100 / C18_{Máximo} \quad (5)$$

Em que:

$C18_{abomasal}$: total de ácido esteárico (C18:0) no abomaso;

$C18_{Máximo}$: (C18:1 *cis* 9 da dieta - C18:1 *cis* 9 do abomaso) + (C18:2 n-6 da dieta - C18:2 n-6 do abomaso) + (C18:3 n-3 da dieta - C18:3 n-3 do abomaso) + C18:0 dieta.

4.5. Digestibilidade aparente dos ácidos graxos

O consumo de ácidos graxos foi determinado pela multiplicação do consumo médio de MS, por animal, pela quantidade de ácidos graxos (mg/g) da dieta experimental a qual o animal inseria. A digestibilidade aparente dos ácidos graxos (%) foi determinada com base na equação 6.

$$D_{ap} = Ing\ AG - Exc\ AG / Ing\ AG \times 100 \quad (6)$$

Em que:

D_{ap} é a digestibilidade aparente do AG (em %);

Ing AG: a quantidade ingerida de AG;

Exc AG: a quantidade de AG excretada nas fezes.

As análises dos ingredientes das dietas foram realizadas no Laboratório de Análises do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, em Chapadinha, MA, Brasil e no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, em

Teresina, PI, Brasil. As análises laboratoriais do perfil de ácidos graxos dos ingredientes das dietas, perfil abomasal e das fezes foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. Todas as análises mencionadas foram realizadas durante maio de 2016 a janeiro de 2017.

4.6. Planejamento experimental e estatística

O delineamento experimental adotado foi o de blocos desbalanceados com três tratamentos e sete repetições, totalizando vinte e uma unidades experimentais. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro Wilk ($P < 0,05$) utilizando o PROC UNIVARIATE do SAS a fim de verificar a normalidade de distribuição. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento MIXED do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2002), com base no modelo estatístico:

$$Y_{ij}(k) = \mu + T_i + B_j + D_n + \text{erro}_{ij}(k);$$

Em que;

$Y_{ij}(k)$: é a variável dependente;

μ : é a média geral;

T_i : é o efeito da i -ésima dieta;

B_j : é o efeito do j -ésimo bloco;

D_n : é o efeito da interação da i -ésima dieta no j -ésimo bloco;

Erro $ij(k)$: é o erro experimental.

Quando não satisfeita à condição de normalidade de distribuição dos dados, estes foram transformados para Log10. A análise exploratória dos dados foi por meio de contrastes ortogonais. Os contrastes previamente descritos foram: dieta controle vs dietas com óleos (C vs O) e dieta com óleo babaçu vs dieta com óleo buriti (OBA vs OBU), sendo declarado efeito significativo quando $P < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inclusão dos óleos vegetais de babaçu e buriti nas dietas incidem, em ambos os casos, em um aumento substancial na diversidade de ácidos graxos (AG), em relação ao tratamento controle (CON). A dieta OBA apresenta maior concentração de AG com cadeia curta (até 12 átomos de carbono),

especialmente o ácido láurico (C12:0) com cerca de 45,49%, e maior percentual (81,89%) de AG saturados (AGS) (Tabela 5).

Por outro lado, OBU é constituído principalmente por AG de cadeia média e longa, maior que 15 átomos de carbono, com maiores concentrações dos ácidos oleico (C18:1 *cis* 9) e palmítico (C16:0), na ordem de 71,92 e 17,73%, respectivamente. Sendo assim, OBU apresenta maiores teores de AG insaturados, especialmente monoinsaturados (AGM) 73,64%. Estes resultados são atribuídos à inclusão dos óleos vegetais de babaçu e buriti nas dietas e advém da natureza dos AG destes óleos (Tabela 6).

A dieta controle, (CON) é constituída (Tabela 4), em sua maioria, por ácidos linoleico (C18:2 *n*-6), oleico (C18:1 *cis* 9) e palmítico (C16:0) com 49,04, 24,93 e 18,71%, respectivamente, sendo 52,31% de AG poliinsaturados (AGP), 25,59% AGM e 22,48% AGS. Estes resultados estão intimamente relacionados ao uso dos ingredientes: farelo de soja e milho em grão moído, pela natureza dos AG da soja e milho (Tabela 5).

Foram identificados uma ampla diversidade de ácidos graxos (AG) na digesta abomasal (Tabela 7). Esse comportamento está relacionado aos processos bioquímicos do rúmen, como a lipólise e a biohidrogenação ruminal (BHR), o que explica o surgimento dos AG C18:1 *trans* 6, C18:1 *trans* 7, C18:1 *trans* 8; C18:1 *trans* 9; C18:1 *trans* 10; C18:1 *trans* 11; C18:1 *trans* 12; C18:1 *trans* 15; C18:1 *cis* 12; C18:1 *cis* 13; C18:1 *trans* 16 *cis* 14; C18:1 *cis* 15; C18:2 *trans* 11 *cis* 15/ *trans* 10 *cis* 15 e oxo C18:0 por serem AG intermediários da BHR (ALVES et al., 2017).

Os AG de cadeia longa identificados, possivelmente, são AG dietéticos que escaparam da BHR (principalmente nas dietas OBA e OBU) ou surgiram por combinações entre os AG da dieta e os AG presentes na parede celular das bactérias presentes no rúmen. Este fato foi mais evidenciado nas amostras da digesta abomasal dos animais alimentados com a dieta CON, uma vez que apresentou o maior percentual de AG com mais de 20 carbonos (Tabela 7), mesmo contendo teores de tais AG em percentuais inferiores que as demais dietas (Tabela 5).

Este resultado é justificado pela maior exposição do substrato da dieta CON à ação dos microrganismos do rúmen, especialmente bactérias. A maior interação microrganismos x substrato, promoveu maiores interações entre os AG da parede celular bacteriana e os AG contidos nas partículas dos alimentos da dieta CON, uma vez que nessa dieta era necessária a colonização da partícula, diferentemente da dieta OBA e OBA, onde a fonte dos AG estava prontamente disponível.

Esta hipótese se torna mais evidente quando se observa os percentuais de AG de cadeia ramificada (AGCR) e os AG da série ISO e ANTEISO formados no abomaso (i-C14:0; i-C15:0; a-C15:0; i-C16:0; a-C17:0+C16:1 *cis* 9; i-C18:0) foram superiores nas dietas CON, pois ocorre pelas combinações entre os AG dietéticos com os AG da parede celular bacteriana, pela necessidade de manutenção da fluidez das membranas da célula bacteriana (BONNET et al., 2007). Como o reportado por outros pesquisadores (OLIVEIRA et al., 2016; COSTA et al., 2016; COSTA et al., 2017 e ALVES et al., 2017).

O percentual de AG saturados (AGS) na digesta abomasal na dieta CON não diferiu das demais, porém a dieta OBU foi maior em relação a OBA (Tabela 7), embora o percentual de AGS fornecido pela dieta OBU seja quatro vezes inferior a dieta OBA (Tabela 5). Este resultado está diretamente relacionado com a maior BHR completa em OBU, (Tabela 9) formando ácido esteárico (C18:0) (BESSA et al. 2015).

Além disso, a maior concentração de AG trans (AGTM) e AG intermediários da biohidrogenação (BI) em OBU quando comparado a dieta OBA, sugere uma biohidrogenação mais completa, resultando na produção de ácido esteárico (C18:0) e baixos percentuais intermediários (BI), caracterizados pela geometria *trans* (Tabela 7), o que ocorreu especialmente em virtude do maior percentual de ácidos graxos insaturados (Tabela 5).

A menor taxa de BHR em OBA é uma característica desejável na produção de ruminantes, implica em uma maior passagem de AG insaturados pelo rúmen e a formação de AG trans, promovendo maior fornecimento de benéficos à saúde humana para o leite e carne de ovinos, fator relacionado a

qualidade destes produtos, pois apesar a maior formação de AG trans em OBA houve passagem de ácidos graxos poliinsaturados (AGP) para o abomaso.

Tabela 7. Ácidos graxos da digesta abomasal de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de babaçu (OBA), buriti (OBA) e sem óleo (CON) em g/100g

ÁCIDO GRAXO	DIETAS			EPM	Contrates	
	CON	OBA	OBU		C1	C2
C10:0	0,00	0,15	0,004	0,017	0,0002	0,0005
C12:0	0,61	5,24	0,32	0,574	0,002	0,0014
C13:0	0,08	0,05	0,05	0,005	0,0075	0,8838
i-C14:0	0,26	0,15	0,17	0,013	0,0001	0,4363
C14:0	0,57	8,63	1,18	0,851	<0,001	<0,001
i-C15:0	0,80	0,32	0,44	0,050	<0,001	0,0778
a-C15:0	1,49	0,77	0,72	0,085	<0,001	0,5567
C15:0	0,80	0,32	0,44	0,065	0,0230	0,4356
i-C16:0	0,26	0,12	0,21	0,023	0,050	0,060
C16:0	17,35	20,17	17,12	0,381	0,091	<0,001
i-C17:0	0,37	0,23	0,185	0,023	0,0003	0,2072
a-C17:0+C16:1c9	0,45	0,32	0,26	0,026	0,0052	0,0171
C17:0	0,58	0,45	0,38	0,037	0,0601	0,3793
i-C18:0	0,06	0,01	0,07	0,010	0,5690	0,0083
C18:0	62,26	41,65	68,22	3,088	0,0421	0,0017
C18:1 t6/t7/t8	0,26	0,24	0,19	0,0240	0,2832	0,5257
C18:1 /t9	0,16	0,19	0,11	0,017	0,6603	0,1250
C18:1/t10	0,37	2,37	0,24	0,099	0,0008	0,0033
C18:1 /t11	1,80	0,60	0,62	0,240	0,0001	0,2457
C18:1/t12	0,28	0,18	0,18	0,018	0,0071	0,9969
C18:1c9	3,68	3,67	4,57	0,443	0,6675	0,3356
C18:1/t15	0,24	0,18	0,15	0,016	0,0020	0,3390
C18:1c11	0,30	0,54	0,26	0,510	0,2278	0,0864
C18:1c12	0,01	0,07	0,05	0,008	0,0013	0,3036
C18:1c13	0,02	0,02	0,01	0,002	0,6142	0,0361
C18:1/t16c14	0,33	0,14	0,22	0,018	0,0031	0,0042
C18:1c15	0,03	0,11	0,02	0,013	0,5296	0,0122
C18:2/t11c15/t10c15	0,01	0,03	0,01	0,004	0,0030	0,0069
C18:2 n- 6	2,33	3,62	1,68	0,320	0,4778	0,0305
C20:0	0,79	0,50	0,66	0,029	<0,001	0,0007
C20:1	0,04	0,19	0,04	0,040	0,2283	0,2507
C18:3 n-3	0,54	0,64	0,30	0,041	0,1954	0,0020
C22:0	0,40	0,26	0,21	0,018	<0,001	0,0028
C23:0	0,15	0,10	0,08	0,007	<0,001	0,0508
C24:0	0,57	0,38	0,30	0,026	<0,001	<0,001
C26:0	0,26	0,17	0,14	0,012	<0,001	0,0450
Oxo C180	0,20	0,55	0,55	0,069	0,0253	0,9911
AGS	85,35	78,45	88,58	1,620	0,4739	0,0420
AGCR	3,71	1,94	2,07	0,189	<0,001	0,4110
AGCM	4,16	4,43	4,93	0,447	0,6271	0,6103
AGTM	3,61	9,43	1,79	0,373	0,2667	0,0106
AGP	2,89	4,39	2,00	0,353	0,5303	0,0165
BI	3,89	5,13	2,34	0,404	0,7719	0,0056
T10/T11	0,22	5,25	0,71	0,215	0,0017	0,0207

¹AGS: Somatório dos Ácidos Graxos Saturados; AGCR: Somatório dos Ácidos Graxos Ramificados; AGCM: Somatório de dos Ácidos Graxos *cis* Monoinsaturados; AGTM: Somatório dos Ácidos Graxos

trans Monoinsaturados; AGP; Somatório dos Ácidos Graxos Poliinsaturados; BI: Somatório dos Ácidos Graxos Intermediários da Biohidrogenação Ruminal (C18:1 *trans* 6 *trans* 7 *trans* 8; C18:1 *trans* 9; C18:1 *trans* 10; C18:1 *trans* 11; C18:1 *trans* 12; C18:1 *trans* 15; C18:1 *cis* 12; C18:1 *cis* 13; C18:1 *trans* 16 *cis* 14; C18:1 *cis* 15; C18:2 *trans* 11 *cis* 15/ *trans* 10 *cis* 15 e oxo C18:0); T10/T11: Relação Proporcional entre o C18:1 *trans*10: C18:1 *trans* 11.

² CON: Dieta Controle; OBA: Dieta com a inclusão de Óleo babaçu; OBU: Dieta com a Inclusão de Óleo buriti;

³ Erro padrão da média;

⁴ C1: Dieta controle vs dietas com óleos; C2: Dieta com óleo babaçu vs dieta com óleo buriti.

A relação T10/T11 foi afetada pela adição os óleos vegetais, especialmente com a inclusão do óleo babaçu, haja vista que OBA apresentou a maior relação para o índice T10/T11, o que pode estar relacionada à maior saturação do óleo babaçu, que culminou em uma maior taxa de isomerização nesta dieta, proporcionando um alto percentual de C18:1 *trans* 10, nos ruminantes os *trans* 10 acumula-se nos tecidos e no leite pela ausência da enzima específica, sendo este AG prejudicial à saúde humana (MAPIYE et al., 2015).

Tabela 8. Consumo de ácidos graxos das dietas experimentais, em mg de AG/g ingerida da dieta

ÁCIDO GRAXO ¹	Dietas ²			EPM ³	Contrastes ⁴	
	CON	OBA	OBU		C1	C2
C8:0	0,00	1,60	0,00	0,0001	<0,001	<0,001
C10:0	0,00	1,91	0,00	0,0001	<0,001	<0,001
C12:0	0,06	18,40	0,05	0,0010	<0,001	<0,001
C14:0	0,02	6,07	0,04	0,0003	<0,001	<0,001
C15:0	0,00	0,00	0,01	0,0000	<0,001	<0,001
C16:0	0,47	3,48	7,26	0,0004	<0,001	<0,001
C16:1	0,00	0,00	0,05	0,0000	<0,001	<0,001
C17:0	0,00	0,00	0,03	0,0002	<0,001	<0,001
C18:0	0,06	1,29	0,65	0,0001	<0,001	<0,001
C18:1 <i>cis</i> 9	0,51	5,05	29,44	0,0016	<0,001	<0,001
C18:1 <i>cis</i> 11	0,01	0,01	0,45	0,0000	<0,001	<0,001
C18:2 n-6	1,32	2,13	2,14	0,0002	<0,001	0,941
C18:3 n-3	0,08	0,11	0,52	0,0000	<0,001	<0,001
C20:0	0,01	0,05	0,33	0,0000	<0,001	<0,001
C20:1	0,00	0,00	0,19	0,0000	<0,001	<0,001
C22:0	0,00	0,01	0,02	0,0000	<0,001	<0,001
C23:0	0,00	0,00	0,01	0,0001	<0,001	<0,001
C24:0	0,01	0,02	0,03	0,0000	<0,001	<0,001
AGS	0,66	33,14	8,18	0,0019	<0,001	<0,001
AGM	0,52	5,07	30,15	0,0016	<0,001	<0,001
AGP	1,49	2,25	2,66	0,0002	<0,001	0,061
TG	2,60	40,46	41,00	0,0034	<0,001	0,873

¹AGS: Somatório dos Ácidos Graxos Saturados; AGM: Somatório de dos Ácidos Graxos Monoinsaturados; AGP; Somatório dos Ácidos Graxos Poliinsaturados e TG: Ácidos Graxos totais.

² CON: Dieta Controle; OBA: Dieta com a inclusão de Óleo babaçu; OBU: Dieta com a Inclusão de Óleo buriti;

³ Erro padrão da média;

⁴ C1: Dieta controle vs dietas com óleos; C2: Dieta com óleo babaçu vs dieta com óleo buriti.

A inclusão dos óleos vegetais promove uma maior taxa de biohidrogenação ruminal (BHR) do ácido oleico (C18:1 *cis* 9) em torno de 91,44% em relação a dieta CON (83,62%) (Tabela 9). Este resultado está diretamente relacionado ao maior consumo desse AG pelos animais alimentados com as dietas contendo óleos (Tabela 8). Adicionalmente, o percentual de ácido oleico na dieta CON encontra-se aderido à parede celular das partículas de alimentos necessitando da adesão dos microrganismos do ecossistema ruminal para posterior hidrólise e BHR.

Tabela 9. Estimativa da Biohidrogenação Ruminal (BHR) dos ovinos alimentados com dietas contendo óleo de babaçu (OBA), buriti (OBU) e sem óleo (CON)

PARÂMETRO (%)	Dietas ¹			EPM ²	Contrastes ³	
	CON	OBA	OBU		C1	C2
BHR de C18:1 <i>cis</i> 9	83,627	93,248	89,643	1,37	0,007	0,124
BHR de C18:2 n-6	95,48	77,957	70,096	2,92	<0,001	0,095
BHR de C18:3 n-3	81,629	23, 575	74, 636	6,31	<0,001	<0,001
BHR completa	93,924	77,291	97,264	3,24	0,726	0,006

¹ CON: Dieta Controle; OBA: Dieta com a inclusão de Óleo babaçu; OBU: Dieta com a Inclusão de Óleo buriti;

² Erro padrão da média;

³ C1: Dieta controle vs dietas com óleos; C2: Dieta com óleo babaçu vs dieta com óleo buriti.

A adição dos óleos vegetais de babaçu e buriti reduziram as taxas de BHR dos ácidos linoleico (C18:2 n-6) e linolênico (C18:3 n-3) (Tabela 9). A BHR do ácido linoleico (C18:2 n-6) é superior na dieta CON, em virtude da maior concentração do substrato, C18:2 n-6, nas dietas com a inclusão de óleos (Tabela 8).

Em relação ao ácido linolênico (C18:3 n-3), a dieta OBA apresentou a menor taxa de BHR (23, 57%) em relação à OBU (74,63%) pela hipótese de que nesta dieta as bactérias ruminais concentram-se em isomerizar os AG pelo elevado teor de AGS em OBA (Tabela 5). Além disso, como a dieta OBA possui um elevado percentual de AGS, especialmente ácido láurico (C12:0), o metabolismo animal pode ter, possivelmente, poupado a ação sob o ácido linolênico, pela baixa concentração desse AG, considerando sua essencialidade no metabolismo (BONNET et al., 2007).

Adicionalmente a isso, a dieta OBA apresentou uma redução no pH ruminal (GOMES, 2018 - dados ainda não publicados), o que interfere diretamente o processo de BHR (MEDEIROS et al., 2015). A BHR do ácido linolênico em OBU pode ser favorecida pela elevada concentração do ácido linolênico no óleo buriti, que é cerca de quatro vezes superior no óleo babaçu (Tabela 6).

Agregado a isto, em OBA houve menor substrato no ambiente ruminal, possivelmente decorrente de um menor consumo de MS, o que pode estar relacionado ao efeito prejudicial na palatabilidade da dieta em razão da elevada concentração de ácido láurico (C12:0), na ordem de 454,9 g de C12:0/kg de OBA. Pesquisas realizadas em vacas leiteiras já identificaram recusa da dieta que continham 80 g C12:0/kg (DOHEM et al., 2004), e dietas contendo 100 g de C12:0/kg (STEELE & MOORE 1968).

Por outro lado, o fornecimento de C12:0 é importante por seu metabolismo contribuir para o aumento de AG poliinsaturados na carne (CHRISTENSEN et al., 1989). RINDSIG & SCHULTZ (1974) estimaram que ruminantes consomem (facilmente) até (400 g de C12:0 / dia sem comprometer o consumo de MS.

A dieta OBU apresentou maior taxa de BH completa (97,26%) em relação a dieta OBA (77,29%), relacionado a maior concentração de AG insaturados (AGM e AGP) dietéticos, ratificando a hipótese de que o elevado percentual de C18:0 na digesta abomasal esteja diretamente relacionada a BHR dos AG insaturados em OBU. No entanto, a dieta CON não diferiu de ambas, a qual apresentou 93,92% de BH completa devido ao elevado teor de AGP (52,31%) (Tabela 9), especialmente ácido linoleico (C18:2 n-6) (Tabela 5), sendo estes AG agregados a partículas de alimentos, por isso houve uma maior BHR completa em OBU, onde existia uma fonte prontamente disponível de AGP.

A digestibilidade aparente dos AG aumentou substancialmente com a inclusão dos óleos vegetais nas dietas, notadamente para os ácidos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0); oleico (C18:1 *cis* 9), e para a quantidade total de AG (TAG) (Tabela 10). Observou-se que a maior concentração de AG na dieta resultava em uma maior digestibilidade de AG. Com a inclusão dos óleos vegetais as dietas OBA e OBU, a quantidade destes AG aumentaram, em

virtude do perfil de AG dos óleos (Tabela 6). Este aumento substancial de AG decorrente da adição dos óleos vegetais implicou em uma maior digestibilidade.

Pela mesma razão, a digestibilidade de C16:0 e c18:1 *cis* 9 foram maiores em OBU, que apresenta 17,73 e 71,92%, respectivamente, deste AG. No entanto, OBA apresentou uma maior digestibilidade em relação à CON (Tabela 10). Embora a dieta CON possua, em termos percentuais, maiores teores que OBA (Tabela 5), o consumo, ou seja, o fornecimento ao rúmen em OBA foi maior (Tabela 8).

Tabela 10. Digestibilidade dos ácidos graxos de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de babaçu (OBA), buriti (OBU) e sem óleo (CON), em g/100g.

ÁCIDO GRAXO	Dietas			EPM	Contrastes	
	CON	OBA	OBU		C1	C2
C12:0	0,000	99,35	-314,21	20,14	<0,001	<0,001
C14:0	-6400,80	64,58	-414,77	68,32	<0,001	<0,001
C16:0	-33,23	66,15	72,10	8,31	<0,001	0,62
C18:0*	-1499,40	-152,95	-1470,70	278,88	0,062	<0,001
C18:1 <i>cis</i> 9	78,16	96,07	98,46	1,90	<0,001	0,391
C18:1 <i>cis</i> 11*	-71,87	-51,00	89,00	13,08	<0,001	<0,001
C18:2 n-6	84,91	95,64	93,06	2,35	<0,001	0,451
C18:3 n-3	62,86	71,09	93,43	3,30	<0,001	<0,001
C20:0*	-106,57	81,94	-109,12	24,44	<0,001	<0,001
C22:0	-219,22	-363,94	-128,43	42,87	0,615	<0,001
C24:0	-365,56	-286,31	-146,50	48,20	0,021	0,064
SC18	36,49	62,59	68,59	11,47	0,056	0,716
TAG	19,36	86,05	66,51	5,49	<0,001	0,024

*Dados transformados para Log10.

¹ SC18: Somatório dos Ácidos Graxos C18; TAG: Total de Ácidos Graxos.

² CON: Dieta Controle; OBA: Dieta com a inclusão de Óleo babaçu; OBU: Dieta com a Inclusão de Óleo buriti;

³ Erro padrão da média;

⁴ C1: Dieta controle vs dietas com óleos; C2: Dieta com óleo babaçu vs dieta com óleo buriti.

A digestibilidade de 18:0; C22:0 e C24:0 foram frequentemente negativas, o que implica em uma maior excreção destes AG, revelando a formação destes AG no trato gastrointestinal dos ovinos, pela BHR no caso de C18:0, por ser o produto final deste processo, pela síntese do novo realizado pelos AG da parede celular bacteriana em virtude das combinações dos AG dietéticos com AG da parede celular das bactérias gerando AG de cadeia longas, maiores que 16 carbonos) ou pela presença dos microrganismos do ambiente ruminal (proteína microbiana) nas fezes (Tabela 10).

Não houve diferença entre o somatório de AG C18:0 (SC18), porém a dieta OBA apresentou uma maior digestibilidade total dos ácidos graxos (TAG), este resultado pode ser justificado pela maior concentração de AG de cadeia curta e média nesta dieta, em virtude, especialmente, da inclusão do óleo babaçu, rico em ácidos octanoico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0).

Estes ácidos graxos são utilizados pelos enterócitos como fonte de energia, e por isso seu acesso não necessita da previa formação de micelas, ou seja, como não há necessidade de formar as micelas, otimiza-se tempo e energia. Logo, uma pequena parcela de AG de cadeia curta e média é perdida com o peristaltismo do intestino (CUVELIER et al., 2005).

6. CONCLUSÃO

A adição de óleo babaçu reduz a biohidrogenação ruminal completa de ácidos graxos, gerando uma maior concentração de ácidos graxos intermediários da biohidrogenação. Além disso, aumenta a digestibilidade total de ácidos graxos, fator interessante para a qualidade da carne ovina.

REFERÊNCIAS

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; GAMERO, C. A. Desenvolvimento e projeto de colhedora de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para agricultura familiar nas regiões de matas de transição da Amazônia. **Acta amazônica**. v.41, n.1, p. 57-68, 2011.

ALBUQUERQUE, M. L. S.; GUEDES, I.; JÚNIOR, P. A.; MORIERA, S. G. C.; NETO, N. M. B.; CORREIA, D. S.; ZÍLIO, S. C. Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. **Journal Brazil Chemistry**. v.16, p. 1113-1117. 2005. Doi:10.1590/S0103-50532005000700004.

ALDAI, N.; HERVAS, G.; BELENGUER, A.; FRUTOS, P.; MANTECON, A. R.; KRAMER, J.K. Evaluating the in vitro metabolism of docosahexaenoic acid in sheep rumen fluid. **Lipids**, v.47, p.821–825, 2012. Doi: 10.1007/s11745-012-3688-8.

ALVES, S. P.; ARAÚJO, M. C.; QUEIROGA, R. C.; MADRUGA, M. S.; PARENTE, M. O. M.; MEDEIROS, A. N.; BESSA, R. J. New insights on the metabolismo of ricinoleic acid in ruminants. **Journal Dairy Science**, v. 10, p. 1-15, 2017a.

ALVES, S. P.; BESSA, R. J. B.; The trans-10, cis-15 18:2: a Messing Intermediate of trans-10 Shifted Rumen Biohydrogenation Pathway?. **Lipids**, v.49, n. 6, p. 527-541, 2014. Doi: 10.1007/s11745-014-3897-4.

ALVES, S. P.; FRANCISCO, A.; COSTA, M.; SANTOS SILVA, J.; BESSA, R. J. B. Biohydrogenation patterns in digestive constents and plasma of lambs fed increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 157-172, 2017. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.01.018.

ALVES, S.P.; SANTOS-SILVA, J.; CABRITA, A.R.J.; FONSECA, A.J.M.; BESSA, R.J.B. Detailed dimethy lacetal and fatty acid composition of rumen content from lambs fed Lucerne or concentrate supplemented with soybean oil. **PLoS One**, v.8, p. 58-63, 2013. Doi:10.1371/journal.pone.0058386.

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Publicações. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/>. Acesso: 02 Ago 2017.

Association of Official Analytical Chemists. AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. 19 ed. v. 2. Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communities, 140 p. 2012.

BANKS, A. & HILDITCH, T.P. The glycerides structure of beef tallows. **Biochem.Jornaul**, v.25, p.1168-1182, 1931.

BARROS, I. C. **Avaliação Biofarmacotécnica de potencial excipiente farmacêutico: pó de mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.)**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Federal do Piauí, 2011.

BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.76, 3864–3881, 1993.

BAUCHART, D.; LEGAY-CARMIER, E.; DOREAU, M. Ruminal hydrolysis of dietary triglycerides in dairy cows fed lipid-supplemented diets. **Reproduction Nutrition Development**v. 30, p, 180-187, 1990.

BEAM, T.M.; JENKINS, T.C.; MOATE, P.J.; KOHN, R.A.; PALMQUIST, D.L.

Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 2564-2573, 2000.

BEAM,T.M.; JENKINS, T.C.; MOATE, P.J.; KOHN, R.A.; PALMQUIST, D.L. Effects of amount and source of fat on the race os lipolysis and biodydrogenation of fatty acids in ruminal contents. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p. 2540-2559, 2000.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; PETIT, H. V. Methane abatement strategies for cattle: Lipid supplementation of diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 87 p. 431-440, 2007.

BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Bioquímica**. 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2004. 1059p.

BESSA, R. J. B. **Utilização de óleo de soja como suplemento de Luzerna desidratada na alimentação de ovinos: efeitos sobre o ecossistema e metabolismo retículo-ruminal**, 2001. 322f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias), Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2001

BESSA, R. J. B., ALVES, S. P., SANTOS-SILVA, J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.177,p. 1325-1344, 2015. Doi: 10.1002/ejtl.201400468.

BHATT, R.S.; SAHOO, S. A.; KARIM, A. AGRAWAL, R. Effects of calcium soap of rice bran oil fatty acids supplementation alone and with DL- α – tocopherol acetate in lamb diets on performance, digestibility, ruminal parameters and meat quality. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, p. 578 – 589, 2015. Doi: 10.1111/jpn.12370

BLAXTER, K.L. & CZERKAWSKI, J.W. Modifications of the methane production of the sheep by supplementation of its diet. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 417-421, 1966.

BOECKAERT, C.; VLAEMINCK, B.; FIEVEZ, V.; MAIGNIEN, L.; DIJKSTRA, J.; BOON, N. Accumulation of trans C-18:1 fatty acids in the rumen after dietary algal supplementation Is associated with changes in the *Butyrivibrio* community **Applied and Environmental Microbiology**. V.74, p. 6923-6930, 2008.

BOERMAN, J. P.; FIRKINS, J. L.; PIERRE, S. T.; LOCK, A. L. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: A meta-analysis and meta regression. **Journal Dairy Science**, v. 98, p. 1-15, 2015. Doi: 10.3168/jds.2015-9592

BONNET, M. Y.; FAULCONNIER, C.; LEROUX, C.; JURIE, I.; CASSAR-MALEK, D.; BAUCHART, P.; BOULESTEIX, D.; PETHICK, J. F.; HOCQUETTE, E. Y.; CHILLIARD. C. 2007. Glucose-6-phosphate dehydrogenase and leptin are related to marbling differences among Limousin and Angus or Japanese x Angus steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.1882-2894, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2017. Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília.

CARREÑO, D.; HERVÁS, G.; TORAL, P.G.; BELENGUER, A.; FRUTOS, P. Ability of different types and doses of tannin extracts to modulate *in vitro* ruminal biohydrogenation in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 202, p.42–51, 2015. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.02.003

CARVALHO, C. O. **Comparação entre métodos de extração do óleo de *Mauritia flexuosa* L. F. (ARECACEAE – Buriti) para uso sustentável na reserva de desenvolvimento tupé: rendimento e atividade antimicrobiana.** 109 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Universidade do Estado do Amazonas, 2011.

CHRISTENSEN, E.; HAGVE, T.; GRONN, M.; CHRISTOPHERSEN, B. O. Beta-oxidation of medium chain (C8-C14) fatty acids studied in isolated liver cells. **Biochimica Biophysica Acta**, v.1004, 95-187, 1989. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2752017>. Acesso: 02. Jan. 2018.

COSTA, M.; ALVES, S. P.; FRANCISCO, A.; ALMEIDA, J.; ALFAIA, C. M.; MARTINS, S. V.; PRATES, J. A. M.; SANTOS-SILVA, J. DORAN, O.; BESSA, R. J. B. The reduction of starch in finishing diets supplemented with oil does not prevent the accumulation of trans-10 18:1 in lamb meat. **Journal of Animal Science**, v.95, p. 3745-3761, 2017. DOI: 10.2527/jas2017.1578

COSTA, M.C.; ALVES, S. P.; CABO, A.; GUERREIRO, O.; STIWELL, G.; DENTINHO, M. T.; BESSA, R. J. B. Modulation of *in vitro* rumen biohydrogenation by *Cistus Ladanifer* tannins compared with other tannin sources. **Journal Science of Food and Agriculture**, v.2, p.629-635, 2016. Doi:10.1002/jsfa.7777.

CUVELIER, C. J. F.; CABARAUX, I.; DUFRASNE, L.; ISTASSE, E. HORNICK, J. L. **Production, digestion et absorption des acides gras chez le ruminant.** v. 149, 2005. Disponível em: http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2005_149_1_05.pdf. Acesso: 12 Out 2017.

DAWSON, R. M. C. & KEMP, P. **Biohydrogenation of dietary fats in ruminants**. In: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant, ed. A. T. Phillipson, Oriel Press, Newcastle-upon-Tyne, pp. 504-18, 1970.

DELMONTE, P.; FARDIN, K.I.A.; KRAMER, J.K.G.; MOSSOBA, M.M.; SIDISKY, L.; RADER, J.I. Separation characteristics of fatty acid methyl esters using SLB-IL111, a new ionic liquid coated capillary gas chromatographic column. **Journal of Chromatography**, v.1218, p.545–554, 2011.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. **Métodos para Análise de Alimentos**. 1 ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p, 2012.

DOREAU, M.; LEGAY, F.; BAUCHART, D. Effect of source and level of supplemental fat on total and ruminal organic matter and nitrogen digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2233-2242, 1991.

DOHME, F.; MACHMULLER, A.; SUTTER, F. KREUZER, M. Digestive and metabolic utilization of lauric, myristic and stearic acid in cows, and associated effects on milk fat quality. **Archives of Animal Nutrition**, v. 58, 99-116, 2004. Doi: 10.1080/00039420410001667485.

DURÃES, J. A.; DRUMMOND, A. L.; PIMENTEL, T. A. P. F.; MURTA, M. M.; BICALHO, F.S.; MOREIRA, S. G. C.; SALES, M. J. A. Absorption and photoluminescence of Buriti oil/polystyrene and Buriti oil/poly (methyl methacrylate) blends. **European Polymer Journal**, v. 42, 3324-3332, 2006.

ELMEDDAH, Y., DOREAU, M. e MICHALET-DOREAU, B. Interaction of lipid supply and carbohydrates in the diet of sheep with digestibility and ruminal digestion. **Journal Agric.Sci.** , v.116, p.437-445, 1991.

EMBRAPA. **Buriti (*Mauritia flexuosa* L.)**. Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia. Porto Velho, 2005.

ESCOBAR, M.; VLAEMINCK, B.; JEYANATHAN, J.; THANH, L. P.; WALLACE, R. J. FIEVEZ, V. Effect of adsorbants on in vitro biohydrogenations of 22:6n-3 by mixed cultures of rumen microorganisms. **Animal**, v. 10, p. 1439-1447, 2016. Doi: 10.1017/S175173111600036

FAHY, E.; SUBRAMANIAM, S.; MURPHY, R.C.; NISHIJIMA, M.; RAETZ, C.R.; SPENER, F.; VAN MEER, G.; WAKELAM, M.J.; DENNIS, E.A. Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. **Journal Lipidica Res**, v. 50, p.9-14., 2009.

FERREIRA M. E. M. **Log-normal models and markovian for study of the abundance evolution in a babaçu forest**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 126 pp. 1999.

FERREIRA, E.M., PIRES, A.V., SUSIN, I., BIEHL, M.V., GENTIL, R.S., PARENTE, M.O.M., POLIZEL, D.M., RIBEIRO, C.V.D.M., DE ALMEIDA, E. Nutrient digestibility and ruminal fatty acid metabolism in lambs supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 30-39, 2016. Doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.09.007

FERREIRA, L. S.; SANTOS, M. R. P.; FIGUEIRA, C.; NAGATA, M. R.; REMÉDIOS, C. M. R.; SOUSA, F. F. Caracterização de óleos e resinas vegetais da Amazônia por espectroscopia de absorção. **Scientia Plena**, v.13, p. 01 -07, 2017. Doi: 10.14808/sci.plena.2017.012704.

FIEVEZ, V.; VLAEMINCK, B.; JENKINS, T.; ENJALBERT, F.; DOREAU, M. Assessing rumen biohydrogenation and its manipulation in vivo, in vitro and in situ. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 109, p. 740-756, 2007. Doi: 10.1002/ejtl.200700033

FRANCISCO, A.; ALVES, S. P.; PORTUGAL, P. V.; PIRES, V. M. R.; DENTINHO, M. T.; ALFAIA, C. M.; JERÓNIMO, E.; PRATES, J. A. M.; SANTOS-SILVA, J. BESSA, J. B. R. Effect of feeding with a tanniferous shrub (rockrose) and a vegetable oil blend on fatty acid composition of meat lipids. **Animal**, v.10, p.2061-2073. 2016. Doi: 10.1017/S1751731116001129.

FUKUDA, S.; SUZUKI, Y.; KOMORI, T.; KAWAMURA, K.; ASANUMA, N.; HINO, T. Purification and gene sequencing of conjugated linoleic acid reductase from a gastrointestinal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **Journal of Applied Microbiology**. v.103, p. 365-371, 2007. Doi:10.1111/j.1365-2672.2006.03247.x

GOMES, R. M. **Digestibilidade e parâmetros ruminais de ovinos recebendo dietas contendo óleo de buriti e babaçu.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal do Maranhão, 2018.

GRUMMER, R.R. Influence of prilled fat and calcium salt of palm oil fatty acids on ruminal fermentation and nutrient digestibility. **Journal Dairy Science**, v.71, p. 117-123, 1988.

GUERREIRO, O.; ALVES, S. P.; COSTA, M.; CABO, A.; DUARTE, M. F.; JERÓNIMO, E.; BESSA, R. J. B. Effects of extracts obtained from *Cistus LADANIFER* L. on in vitro rumen biohydrogenation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 219, p. 304-312, 2016. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.06.024.

HALL, M.B. **Neutral detergent-soluble carbohydrates.** Nutritional relevance and analysis. Gainesville: University of Florida, 2000. 76p.

HARFOOT, C. G. & HAZLEWOOD, G. P. **Lipid metabolism in the rumen.** In *The rumen microbial ecosystem*. Hobson, P.N. ed. London: Elsevier, p. 382-426, 1997.

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

HARPER, H.A.; RODWELL, V.W.; MAYES, P.A. **Manual de química fisiológica.** 5ed. São Paulo: Atheneu, 1982. 846p.

HAVEL, V. **The Power of the Powerless.** In Havel, Vaclav, et al., *The Power of the Powerless: Citizens Against the State in Central-Eastern Europe*, ed. John Keane. London: Hutchinson, 1985.

HEIPIEPER, H. J.; MEULENBELD, D. G.; VAN OIRSCHOT, Q.; DE BONT, J. A. Effect of environmental factors on the trans/cis ratio of unsaturated fatty acids in *Pseudomonas putida* S12. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 62, n. 8, p. 2773-2777, 1996.

HOCQUETTE, J.F & BAUCHARTE, E, D. Intestinal absorption, blood transport and hepatic and muscle metabolism of fatty acids in preruminant and ruminant animals. **Reproduction Nutrition Development Journal**, v.39, p. 27-48, 1999.

HOFFMAN, A.; STEINGASS, H.; SCHOLLENBERGER, M.; TERRY, H.; HARTUNG, K.; WEISS, E.; MOSENTIN, R. Effects of different forms and origins of oilseeds on dynamics of ruminal biohydrogenation of long-chain fatty acids *in vitro*. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 99, p. 1031–1038, 2015. Doi: 10.1111/jpn.12317.

HUGHES, P.E.; HUNTER, W.J.; TOVE, S .B. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. Purification and properties of cis-9, trans-11-octadecadienoate reductase. **The Journal of Biological Chemistry**. v. 257, p.3643-3649, 1982.

HUWS, S.A.; KIM, E.J.; LEE, M.R.F.; SCOTT, M.B.; TWEED, J.K.S.; PINLOCHE, E.; WALLACE, R.J.; SCOLLAN, N.D. As yet uncultured bacteria phylogenetically classified as *Prevotella*, *Lachnospiraceae* incertae sedis and unclassified *Bacteroidales*, *Clostridiales* and *Ruminococcaceae* may play a predominant role in ruminal biohydrogenation. **Environmental Microbiology**, v13, p.1500-1512, 2011. Doi: 10.1111/j.1462-2920.2011.02452.x.

ISHLAK, A.; GÜNAL, M.; ABUGHAZALEH, A. A. The effects of cinnamaldehyde, monensin and quebracho condensed tannin on rumen fermentation, biohydrogenation and bacteria in continuous culture system. **Animal Feed Science and Technology**, v.207, p.31–40, 2015. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.05.023.

JENKINS, T. C.; WALLACE, R. J.; MOATE, P. J.; MOSLEY, E. E.; Boardinvited Review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 397-412, 2008. Doi: 10.2527/jas.2007-0588

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

KATES, M. **Techniques of Lipidology: Isolation, Analysis and Identification of Lipids**. Elsevier Science, New York, 1986.

KEPLER, C.R & TOVE, S.B. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. III. Purification and proprieties of a linoleate delta12-cis, delta11-trans isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. **The Journal of Biological Chemistry**. v.242, p. 5686-5692, 1967.

KHALILI, H., VARVIKKO, T., TOIVOVEN, V., HISSA, K. SUVITIE, M. The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility, in cows given grass silage diets. **Agricultural and Food Science**, v.6, p.349-362, 1997.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2ªed. Santa Maria: Editora UFSM, 212 p. 2011.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 3ªed. Santa Maria: UFSM, 214p, 2012.

LASCANO, G. J.; ALENDE, M.; KOCH, L. E.; JENKINS, T. C. Changes in fermentation and biohydrogenation intermediates in continuous cultures fed low and high levels of fat with increasing rates of starch degradability. **Journal Dairy Science**, v.99, p.1-8, 2016. Doi: 10.3168/jds.2016-11032

LAVERROUX, F.; GLASSER, F.; GILLET, M.; JOLY, C.; DOREAU, M. Isomerization of vaccenic acid to *cis* and trans C18:1 isomers during biohidrogenation by rumen microbes. **Journal of Lipids**, v.46, p.843-850, 2011. Doi: 10.1007/s11745-011-3584-7.

LIAVONCHANKA, A.; RUDOLPH, M.G.; TITTMANN, K.; HAMBERG, M.; FEUSSNER, I. On the Mechanism of a Polyunsaturated Fatty Acid Double Bond Isomerase from *Propionibacterium acnes*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 284, p. 8005-8012, 2009. Doi:10.1074/jbc.M809060200

LOOR, J. J. K.; UEDA, A.; FERLAY Y.; CHILLIARD. M. DOREAU. Biohydrogenation, duodenal flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage:concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. **Journal Dairy Science**, V.87, p. 2472–2485, 2004. Doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73372-X

LOURENCO, M; RAMOS-MORALES, E.; WALLACE, R.J. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. **Animal**, v.4, p- 1008-1023, 2010.

MACHADO, G. C.; CHAVES, J. B. P.; ANTONIASSI, R. Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu. **Revista Cerne**, v. 53, p. 463-470, 2006.

MAIA, M. R. G. **Microorganisms and dietary factors affecting biohydrogenation and conjugated linoleic acid production in the rumen ecosystem**. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

MAIA, M.R.G.; CHAUDHARY, L.C.; FIGUERES, L.; WALLACE, R.J. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. **International Journal of General and Molecular Microbiology**, v.91, p. 303-314, 2007.

MANSO, T.; CASTRO, T.; MANTECON, A. R.; JIMENO, V. Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.127, p. 175–186, 2016.

MAPIYE, C. P.; VAHMANI, V.; MLAMBO, V.; MUCHENJE, K.; DZAMA, L. C.; HOFFMAN, E. R. The *trans*-octadecenoic fatty acid profile of beef: Implications for global food and nutrition security. **Food Research International**. Int. 76:99–1000. DOI:10.1016/j.foodres.2015.05.001

MATTOS, W.; PALMQUIST, D.L. increased polyunsaturated fatty acid yields in milk of cows fed protected fat. **Journal of Dairy Science**, v.57, p.1050-1054, 1974.

MEDEIROS, S. R; ALBERTINI, T.Z.; MARINO, C. T. Lipídios na nutrição de ruminantes. In: EMBRAPA. Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. 1ªed. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, Cap.5. p.63-76, 2015.

MIRANDA, I. P. D. A; RABELO, A. **Guia de Identificação de palmeiras de Porto de Trombetas – PA**. Editora INPA. 2008.

MIR, P. S.; MEARS, G.L.; MIR, Z. Vegetable oil in beef cattle diets. In: BEAUCHEMIN, K.A.; CREWS, D.H. (Ed.). Advances in beef cattle science. Lethbridge: **Lethbridge Research Centre**, v. 1, p. 88-104, 2001.

MORAIS, J. S.; BEZERRA, R. L.; SILVA, A. M. A.; ARAÚJO, M. J.; OLIVEIRA, R. L.; EDVAN, R. L.; TORREÃO, J. N. C.; LANNA, D. P. D. Production, composition, fatty acid profile and sensory analysis of goat milk in goats fed buriti oil. **Journal of Animal Science**, v.95, p. 395-406, 2017. Doi: 10.2527/jas2016.0746.

MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REAIS, R. A. **Aditivos**. In: BERCHIELLI, T.T. Nutrição de Ruminantes 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP. Cap. 18, p.565-599, 2011.

MOREIRA, N.X.; CURI, R.; MANCINI FILHO, J. Ácidos graxos: uma revisão. **Revista Nutrire**, v. 24, p.105-123, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids and new world camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger principles of biochemistry**. 5ed. New York: W.H. Freeman and Company, 2008.

ODONGO, N. E.; OR-RASHID, M. M.; KEBREAB, E.; FRANCE, J.; McBRIDE, B. W. Effect of supplementing myristic acid in dairy rations on ruminal methanogens and fatty acid profile in milk. **Journal Dairy Science**, v.90, p.1851-1858, 2007. Doi: 10.3168/jds.2006-541

OLIVIERA, M. A.; ALVES, S. P.; SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J. B. Effects of clays used as oil adsorptions in lamb diets on fatty acid composition of abomasal digesta and meat. **Animal Feed Science Technology**, v.213, p. 64 -73. 2016. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.01.006.

OLUBOBOKUN, J.A., LOERCH, S.C.; PALMQUIST, D.L. Effect of tallow calcium soap on feed intake and nutrient digestibility in ruminants. **Nutr. Rep. International**, v. 31, p.1075-1084, 1985.

PAILLARD, D.; MCKAIN, N.; RINCON, M.T.; SHINGFIELD, K.J.; GIVENS, D.I.; WALLACE, R.J. Quantification of ruminal *Clostridium proteoclasticum* by real-time PCR using a molecular beacon approach. **Journal of Applied Microbiology**, v.103, p. 1251-1261, 2007.

PALMIQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: **Nutrição de Ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. cap. 10, p. 287-310, 2006.

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

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo dos lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep. 616 p., 2011.

PIPEROVA, L.S.; SAMPUGNA, J.; TETER, B.B.; KALSCHEUR, K.F.; YURAWECZ, M.P.; KU, Y.; MOREHOUSE, K.M.; ERDMAN, R.A. Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9-containing CLA in lactating dairy cows. **The Journal of Nutrition**, v. 132, p. 1235-1241, 2002. Disponível em: <https://academic.oup.com/jn/article/132/6/1235/4687965>. Acesso: 20 Set 2017.

RESENDE, K. T. et al. Metabolismo de energia. IN: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, Cap. 11. p. 311-332, 2006.

SCOLLAN, N. D.; DHANOA, M. S.; CHOL, N. J.; MAEGN, W. J.; ENSER, M.; WOOD, J. D. Biohydrogenation and digestion of long chain fatty acids in steers fed different sources of lipid. **Journal of Agricultural Science**, v. 136, p. 345-355, 2001.

SHORLAND, F.B.; WEENINK, R.D.; JOHNS, A.T. Effect of the rumen on dietary fat. **Nature** 175: 1129-1130, 1955.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999. Doi: 10.1590/S0100-40421999000100016.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle

diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Madison, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

STOCKDALE, C. R.; WALKER, G. P.; WALES, W.J.; DALLEY, D. E.; BIRKETT, A.; SHEN, Z.; DOYLE, P.T. Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acids composition of milk. **Journal of Dairy Research**. v. 70, p. 267-276, 2003.

SUKHIJA, P.S., PALMQUIST, D. L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.36, p. 1202-1206, 1988. Doi: [10.1021/jf00084a019](https://doi.org/10.1021/jf00084a019)

SUTTON, J.D. **Digestion and product formation in the rumen from production rations**. In: Digestive physiology and metabolism in ruminants, ed. Ruckebusch, Y. & Thivend, P., MTP Press, Lancaster, p. 271-290, 1980.

VAN KEMPEN, G. J. M. & A. J. M. JANSMAN. Use of EC produced oil seeds in animal feeds. In: Recent Advances in Animal Nutrition. P. C. Garnsworthy and D. J. A. Cole, ed. Butterworths, London, p.31-56, 1994.

VAN NEVEL, C.J. e DEMEYER, D.I. Effect of methane inhibitors on the metabolism of rumen microbes in vitro. **Arch Tierernahr**, v.31, p.141-151, 1981.

VAN NEVEL, C.J. e DEMEYER, D.I. **Manipulation of rumen fermentation**. In: The rumen microbial ecosystem, ed. Hobson, P.N., Elsevier, New York, p. 387-443, 1988.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.476p.

XIANG, S.; YAO, X.; ZHANG, W.; ZHANG, K.; FANG, Y.; NISHINARI, K.; PHILLIPS, G.; JIANG, F. Gum arabic-stabilized conjugated linoleic acid emulsions: emulsion properties in relation to interfacial adsorption behaviors. **Food Hydrocolloids** v.48, p.110–116, 2015. Doi:10.1016/j.foodhyd.2015.01.033.

ZATTA, M. R.; MAEDA, M. E.; FLUCK, A. C. HILL, J. A. G., SILVEIRA, A. L. F. MACEDO, V. P.; CARVALHO, A. F. Suplementação com gordura

protegida de óleo de palma na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Eletrônica Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1- 13, 2017.