



**Universidade Federal do Pará
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental
Universidade Federal Rural da Amazônia
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

Eziquiel de Moraes

**Óleo de palma na alimentação de ovinos, degradabilidade ruminal e
digestibilidade aparente**

BELÉM
2014

Eziquiel de Moraes

Óleo de palma na alimentação de ovinos, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. André Guimarães Maciel e Silva

Co-orientação: Prof^a. Dr^a. Sandra Cristina de Ávila

BELÉM
2014

Eziquiel de Moraes

Óleo de palma na alimentação de ovinos, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental. Universidade Federal Rural da Amazônia. Área de concentração: Produção Animal.

Data da Aprovação: Belém – PA: 28/02/2014

Banca Examinadora:

Prof. Dr. André Guimarães Maciel e Silva
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. José de Brito Lourenço Junior
Universidade do Estado do Pará

As minhas filhas Amanda Elizabet e Ana Paula, a minha companheira Célia. Também os meus pais Elizabet e Vitomino, ao meu irmão Rodrigo e a minhas irmãs Raquel, Lúgia e Bruna.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha existência, sua presença constante em minhas oportunidades, saúde e força para vencer os desafios, pois sem Ele nada seria possível;

Aos meus pais, Elizabet e Vitomino de Moraes, por acreditarem em mim, pelo apoio em todos os momentos difíceis, por participarem das alegrias e torná-las ainda mais fortes, demonstrando suas satisfações pelas minhas conquistas. Obrigado pelo apoio, conselhos, segurança, companheirismo e amor;

De forma muito especial não poderia deixar de agradecer, a minha querida companheira, Célia Guimarães, “Celinha”, pelo amor e atenção dados, apoio em todos os momentos difíceis, estimulando e estando sempre ao meu lado, e a minhas filhas Amanda e Ana Paula, pela compreensão que tiveram nos momentos de ausências;

Ao meu irmão, Rodrigo de Moraes, “Digão”, pelo apoio, companheirismo e estímulo;

Ao professor Dr. André Guimarães Maciel e Silva, por sua orientação, contribuição e confiança, que em mim depositou, para a realização deste trabalho;

A professora Dra. Sandra Ávila, pela co-orientação, contribuição profissional, dedicação, atenção, apoio e amizade;

Aos alunos de iniciação científica Igor e Walciane, pelo auxílio nas análises;

A professora Dra. Luciara Celi da Silva Chaves e sua equipe pelo apoio com dos dados.

À Universidade Federal do Pará.

À Pós – Graduação em Ciência Animal.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA, na pessoa da Professora MSc. Célia Guimarães, pelo espaço físico e apoio logístico cedido para a realização deste trabalho;

À Faculdade de Medicina Veterinária – UFPA – Campus Castanhal.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de ensino, que muito contribuiu para a realização do presente trabalho.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho, meu muito obrigado.

RESUMO

Foram estudados os efeitos de inclusões crescentes de óleo de palma nos parâmetros de degradação ruminal *in situ* dos nutrientes, matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), da silagem de capim elefante e a digestibilidade aparente da MS, MO, PB, FDN, FDA e extrato etéreo (EE) das dietas experimentais em ovinos. Foram testados os seguintes tratamentos: inclusão de óleo de palma em 0, 25, 50, 75 e 100 g/kg MS da dieta total. As dietas constituíram de silagem de capim elefante e concentrado a base de milho, farelo de soja e mistura mineral, o óleo de palma foi misturado ao concentrado para facilitar a distribuição, mantendo-se uma relação volumoso:concentrado de 1:1, formuladas para serem isotérmicas, isofibrosas, porém não isoenergéticas oferecidas na razão de 1.5% do peso vivo (consumo restrito). Não foram observadas semelhanças significativas ($P>0.05$) nas variáveis de degradação ruminal avaliadas, até a inclusão de 75 g de óleo /kg MS. A matéria orgânica apresentou redução linear na digestibilidade aparente, efeito contrário ao observado para o EE que apresentou aumento linear na digestibilidade aparente, os demais nutrientes não tiveram suas digestibilidades afetadas pelas inclusões de óleo de palma à dieta, e indica que essa fonte lipídica pode ser utilizada em níveis superiores às recomendações para inclusão de gordura livre à dieta de ruminantes.

Palavras chave: Óleo de dendê. Dieta. Lipídeos. Ruminantes.

ABSTRACT

The effects of including increasing levels of palm oil on the *in situ* ruminal degradability parameters of nutrients, dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA) of elephant grass silage, and the apparent digestibility of DM, OM, CP, NDF, ADF, and ethereal extract (EE) in experimental ovine diets were studied. The following treatments were tested: including palm oil at 0, 25, 50, 75, and 100 g/kg DM of the total diet. The diets were made up of elephant grass silage and concentrate based on corn, soy meal, and mineral mix. The palm oil was mixed to the concentrate to facilitate its distribution, with a 1:1 roughage:concentrate ratio maintained with formulations that were isoproteic and isofibrous, but not isoenergetic, offered at a ratio of 1.5% of the live weight (restricted intake). No significant ($P>0.05$) similarities were found in the ruminal degradation variables assessed with the inclusion of up to 75 g oil/kg DM. The apparent digestibility of organic matter suffered a linear reduction, an effect contrary to what was observed for EE, whose apparent digestibility showed a linear increase. The digestibility of the other nutrients was not impacted by including palm oil in the diet, which suggests this lipid source can be used at levels above the recommendations for including free fat in ruminant diets.

Keywords: Palm oil. Diet. Lipids. Ruminants.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	LIPÍDEOS.....	11
2.2	LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES.....	11
2.2.1	Metabolismo e Efeito dos Lipídeos no Rúmen.....	13
2.3	POTENCIAL PRODUTIVO DO DENDÊ.....	16
2.4	ÓLEO DE DENDÊ.....	17
2.5	DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i>	20
2.6	DIGESTIBILIDADE APARENTE.....	22
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
3	ARTIGO-ÓLEO DE PALMA NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS: DEGRADABILIDADE RUMINAL E DIGESTIBILIDADE APARENTE.....	30
	INTRODUÇÃO	31
	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
	RESULTADOS.....	37
	DISCUSSÃO.....	41
	CONCLUSÃO.....	46
	AGRADECIMENTOS.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Avanços no melhoramento genético de ruminantes domésticos têm alavancado o potencial de produção por animal, com aumentos importantes na produção de leite e de carne. Essa melhora na capacidade de conversão possibilita elevação na produtividade e eficiência dos sistemas de produção, tornando-os mais competitivos e economicamente viáveis.

Contudo, o aumento na capacidade de conversão proporcionado pelo ganho genético torna-se um desafio para os nutricionistas, visto que para atender tamanhas exigências que acompanham a maior capacidade de produção é necessário, também, aumento na densidade energética da dieta.

O uso concentrados ricos em amido pode suprir essa demanda até certo ponto, porém quando em altas quantidades podem comprometer o funcionamento ruminal por predispor à diminuição do pH, indigestão, timpanismo, acidose e laminite, além de alterações nas concentrações molares de ácidos orgânicos, o que leva a queda no teor de gordura láctea e menor persistência da lactação, entre outros transtornos digestivos e metabólicos.

O uso de lipídeos na alimentação dos ruminantes, não só possibilita o aumento da densidade energética da dieta, traz também outros benefícios como menor incremento calórico ao animal, diminuição na produção de metano entérico, melhora no desempenho reprodutivo, entre outros. Entretanto, seu uso deve ser adotado com cautela, pois pode causar desordens no desenvolvimento dos microrganismos celulolíticos, diminuindo da taxa de degradação da fibra com conseqüente redução na ingestão de matéria seca pela redução na taxa de passagem.

O limite de inclusão de gorduras na alimentação de ruminantes descrito na literatura situa-se em torno de 6% de extrato etéreo na matéria seca (MS) total. Esta concentração pode variar de acordo com o perfil de ácidos graxos (AG) que compõe a fonte lipídica. De maneira geral, se observa que ácidos graxos de cadeia curta causam maiores efeitos negativos que os de cadeia longa e os insaturados causam maiores efeitos deletérios quando comparado com os saturados (VAN SOEST, 1994; LUCCI, 1997; KOZLOSKI, 2002).

Dentre as oleaginosas cultivadas no Brasil o dendê (*Elaeis guineenses* Jacq). tem se destacado devido a sua alta versatilidade, servindo de matéria prima para os mais diversos produtos, alimentícios ou não, destacando-se especialmente em produtividade superando em até cinco vezes a produção do óleo de soja, em tonelada por hectare, e ciclo produtivo ao redor dos 25 anos. Além disto, a dendeicultura vem sendo estimulada pelo governo federal. Em Maio de 2010, foi lançado o Programa Nacional de Óleo de Palma, que visa tornar o Brasil o maior produtor mundial nos próximos anos (TECNOLOGIA E CIÊNCIA 2010).

Uma das consequências dessa nova realidade será a maior disponibilidade de óleo de dendê, produto este que possivelmente apresenta características que permitam sua inclusão na dieta de ruminantes.

Segundo estudos realizados pela empresa Agropalma (comunicação pessoal), o óleo bruto possui em seu perfil ácidos graxos saturados e insaturados, porém, com altos teores de ácidos saturados, chegando a 41,6%. Com essa característica possivelmente este produto pode ser incluso na dieta dos ruminantes em maiores proporções que as normalmente recomendadas, entre 6 e 7% na MS total da dieta.

Há poucos trabalhos avaliando essa fonte lipídica na alimentação de ovinos. Raiol et al., (2012) avaliaram a digestibilidade aparente da MS em ovinos recebendo substituição do óleo bruto do dendê pelo resíduo do biodiesel do óleo do dendê, em até 5% da MS total na dieta, não observando diferença entre os tratamentos. De forma semelhante, mesmos tratamentos, Soares et al., (2012), avaliaram o efeito da substituição do óleo bruto de dendê pelo resíduo do biodiesel do óleo de dendê sobre o desempenho de ovinos em crescimento, em que foi observado melhores ganhos de peso e escores corporais para os animais que receberam as inclusões de resíduo do biodiesel.

Esses trabalhos demonstraram a possibilidade da utilização tanto do óleo bruto quanto do resíduo do biodiesel do óleo dendê como fonte lipídica na alimentação de ruminantes em até 5% na MS total. Contudo, não há trabalhos avaliando os efeitos da utilização do óleo bruto de dendê sobre a dinâmica ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes quando mais de 5% de óleo é incluso a dieta.

Em função do exposto, este trabalho visou avaliar os efeitos da inclusão do óleo bruto de palma sobre parâmetros de degradabilidade *in situ* e coeficientes de digestibilidade aparente, em ovinos alimentados com inclusões crescentes dessa fonte lipídica.

Para abordar tal temática optou-se por apresentar a dissertação no formato de artigo científico, sendo dividida em dois capítulos. O primeiro composto por um texto integrador, no qual é apresentado o “estado da arte” nessa temática e o segundo de um artigo científico submetido ao periódico *Animal Feed Science and Technology*, conforme normas da revista.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. LIPÍDEOS

Os lipídeos são estruturas orgânicas compostas basicamente por carbono, hidrogênio e oxigênio, em alguns casos, também, pode estar presente nitrogênio e fósforo. Na sua maioria apresentam-se na forma de triglicerídeo, formado pela união de três ácidos graxos e um glicerol. Caracterizam-se por apresentarem uma função química ácida, proporcionada pelo grupamento carboxílico (COOH), em uma das extremidades, e um grupo metil (CH₃), na outra extremidade, em cadeias que variam de dois a 24 carbonos ou mais. Podem apresentar-se na forma insaturada ou saturada, que é definida pela presença ou não de duplas ligações entre carbonos, esta apresentação implica em seu ponto de fusão, solubilidade, conteúdo energético, digestibilidade e propriedades metabólicas (BEORLEGUI; FERREIRA, 1990; BUTOLO, 2001).

As gorduras segundo sua origem são classificadas em animais, vegetais e mistas. Dentro das gorduras de origem animal temos as poliinsaturadas (origem marinha), insaturadas (das aves), moderadamente insaturadas (banha de suínos), saturadas (sebo de bovino e ovino) e misturas de todas as anteriores. Assim mesmo, dentro das gorduras vegetais, os óleos da semente de girassol e soja são mais insaturados que os de oliva, palma ou coco. Um terceiro grupo de lipídios de interesse crescente é o formado por subprodutos de diversas indústrias cuja matéria prima original é a gordura (MATEOS et al., 1996).

2.2. LIPÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Os lipídeos possuem 2,25 vezes mais energia que carboidratos e proteínas e assim aumentam significativamente a densidade energética da dieta. Na alimentação, em geral, desempenham importantes funções tais como favorecer a absorção das vitaminas lipossolúveis, fornecer ácidos graxos essenciais, melhorar a eficiência de ganho dos animais aumentando a gordura em seus produtos e diminuiu o tempo necessário para que o animal atinja o peso de abate (BERCHIELLI et al., 2006)

Na alimentação de ruminantes não é uma prática recente, Lucas e Looslie (1944) já descreviam benefícios da sua utilização na dieta de vacas leiteiras, com aumento na produção de leite.

A partir da década de 1970 o interesse pelo uso de gorduras na dieta de ruminantes ganhou força, devido ao aumento na capacidade produtiva vacas leiteiras, advindo do

melhoramento genético destes animais, que por sua vez requeriam maior energia para atender a produção (PALMQUIST; CONRAD, 1978).

Atualmente muitos estudos têm sido desenvolvidos visando utilização de gorduras na alimentação de ruminantes, e já há uma grande disponibilidade de informações a respeito da dinâmica e comportamental dos ácidos graxos nos pré-estômagos.

Vários são o benefícios observados com o uso de lipídeos na alimentação de ruminantes como diminuição do balanço energético negativo no pós-parto, menor incidência de cetose, maior persistência de lactação (NRC 2001), melhora nos índices reprodutivos tanto de vacas leiteiras como de corte (DIAS et al., 2009), melhor ganho de peso em animais em confinamento tanto bovinos como bubalinos, diminuição da conversão alimentar (OLIVEIRA et al., 2007), modificação do perfil de ácido graxo do leite (COPPOCK; WILKS, 1991; BAUMAN et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2004).

Ao contrario da fibra e carboidratos, os lipídeos não são fermentados no rúmen, e dessa forma não geram calor adicional dentro do órgão. Baldwin et al. (1980) explicam ainda que um leve aumento no consumo de ácidos graxos eleva a eficiência de utilização da energia, devido a deposição direta de ácidos graxos dietéticos nos tecidos corporais, não necessitando dos processos metabólicos para conversão de carboidratos ou ácidos graxos voláteis em ácidos graxos para deposição no tecido adiposo ou composição do leite, e assim com menor produção de calor metabólico.

Essa característica é interessante quando se trabalha com animais leiteiros de alta produção, que por sua vez, tem alta demanda energética, principalmente, na região dos trópicos, onde a temperatura média se mantém acima da faixa de conforto térmico destes animais. A adição de gordura à dieta possibilita, nesses casos, aumento da densidade energética, sem ainda, os transtornos digestivos e metabólicos do uso de grandes quantidades de grãos (MEDEIROS, 2007; PIRES, 2006).

O sebo bovino apresenta característica interessante, por ser quase que exclusivamente saturado, possibilitando incremento energético das dietas sem, no entanto, causar grandes transtornos a dinâmica ruminal. Porém a partir de março de 2004, seu uso na alimentação de ruminantes foi proibido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos (BRASIL, 2004), como forma preventiva ao aparecimento das encefalites espongiiformes transmissíveis (EET), onde está inclusa a encefalite espongiiforme bovina (EEB), conhecida como doença da vaca louca. A proibição ao uso do sebo bovino restringiu as opções de fontes de ácidos graxos para ruminantes somente para as de origem vegetal.

2.2.1 Metabolismo e efeito dos lipídeos no rúmen.

Nos ruminantes os lipídios dietéticos sofrem ação direta dos microrganismos no retículo-rúmen. As gorduras ao entrarem no rúmen passam basicamente por duas transformações a lipólise e a biohidrogenação. A lipólise é a primeira reação que ocorre e consiste na quebra da ligação éster das matrizes liberando glicerol, galactose e ácidos graxos livres (AGL), em geral a extensão do processo é maior que 85% (DOREAU; CHILLIARD, 1997; HARFOOT, 1981). O glicerol e a galactose são prontamente fermentados, enquanto as cadeias de AGL, na maioria insaturada, sofrem, então, o processo de biohidrogenação.

A biohidrogenação consiste na diminuição do número de duplas ligações (insaturações) presentes nas moléculas de ácidos graxos, pela incorporação de átomos de hidrogênio nas insaturações, sendo necessário, para isso, que as moléculas estejam na forma não esterificada. Segundo Jenkins (1993), o processo teria certa função de proteção aos microrganismos para com os efeitos tóxicos dos AGL insaturados. Em condições normais de alimentação a maior parte dos ácidos graxos insaturados ingeridos, linoleico e linolênico, são hidrogenados acima de 80% e 90%, respectivamente (PALMQUIST; MATTOS, 2006), sendo que a maior parte da biohidrogenação, acima de 80%, ocorre em associação com pequenas partículas alimentares e tem sido atribuído às enzimas extracelulares bacterianas associadas aos alimentos ou livres em suspensão no líquido ruminal (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997). São poucas as evidências indicando que protozoários e fungos ou lipases salivares tenham participação significativa nesse processo, sendo atribuída às bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Anaerovibrio lipolytica* e *Propionibacter* essa atividade (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Após o processo de biohidrogenação, as cadeias fluem, na sua maioria, para o abomaso e intestino delgado como os ácidos livres saturados onde são absorvidos nessa forma, pois não são fermentadas no rúmen e não contribuem com energia para o crescimento microbiano (LUCCI, 1997; MEDEIROS, 2007; BERCHIELLI et al., 2006).

O ácido graxo mais abundante nas forrageiras é o linolênico com uma cadeia de 18 carbonos e 3 duplas ligações (C18:3), nos cereais o mais presente é o linoleico (C18:2), enquanto nas graxas (sebos) animais ocorre predomínio do oleico (C18:1), sendo este último chamado de mono-insaturado e os de mais de poli-insaturados.

Apesar de aumentar a densidade energética da dieta, o uso de lipídeos pode causar desordens no funcionamento ruminal, como redução na degradação dos carboidratos fibrosos em até mais de 50% pela adição de menos de 10% de lipídeos à dieta (JENKINS;

PALMQUIST, 1984). Porém, em muitos casos o efeito negativo dessa redução tende a ser compensado pela maior densidade energética na dieta, e pela fermentação da fibra no intestino grosso, onde a concentração de lipídeos não é mais suficiente para prejudicar os microrganismos presentes nessa porção do trato digestivo, uma vez que os lipídeos ingeridos são em grande parte digeridos e absorvidos nas porções anteriores do trato gastrointestinal, especialmente no intestino delgado (JENKINS, 1993; MURPHY et al., 1987). Apesar da compensação na fermentação dos carboidratos fibrosos, com produção e absorção de ácidos graxos voláteis, a proteína microbiana sintetizada nessa porção do trato digestivo é perdida nas fezes tornando desvantajoso se trabalhar visando esse local para fermentação.

O potencial tóxico dos lipídeos às bactérias ruminais está relacionado ao perfil dos ácidos graxos incluído na dieta. Sabe-se que ácidos graxos de cadeia curta causam maiores efeitos negativos que os de cadeia longa e os insaturados causam maiores efeitos deletérios quando comparado com os saturados (NAGAJARA et al., 1997; LUCCI, 1997; PALMQUIST; JENKINS, 1980; ZINN, 1989). Neste aspecto o ácido linolênico é o que apresenta maior efeito inibitório bacteriano, por apresentar três duplas ligações em sua cadeia carbônica (CONTRERAS; MORO, 2010).

De maneira geral, observas-se que o limite dietético de lipídios gira em torno de 7%, níveis superiores podem interferir na degradação da fibra, e causar conseqüente redução no consumo voluntário e diminuição na digestibilidade dos nutrientes (SULLIVAN et al., 2004; VAN SOEST, 1994; PALMQUIST; JENKINS 1980).

Diversas são as formas pelas quais os lipídeos atuam negativamente sobre a degradação ruminal da fibra. Para Devendra e Lewis (1974), esses efeitos são devido a mecanismos que ocorrem simultaneamente no rúmen, como toxidez aos organismos fibrolíticos por interferência a permeabilidade da membrana celular; efeito tensoativo na membrana celular, inibindo a liberação das enzimas microbianas; envolvimento físico da fibra, que dificultam ou impedem a adesão celular e redução na formação de isoácidos necessários a sua degradação.

Berchielli et al., (2006) explicam ainda que os microrganismos ruminais mais sensíveis a adição de gorduras são os Gram (+), os metanogênicos e os protozoários. Apontam também que os ácidos graxos com maior toxicidade são os que apresentam natureza anfifílica, ou seja, aqueles solúveis tanto em solventes orgânicos quanto em água, característica vista principalmente em lipídeos com cadeias carbônicas entre 10 a 14 átomos, e os ácidos graxos poliinsaturados.

Os lipídeos podem ainda ter efeito negativo sobre a metanogênese. Tal efeito é atribuído a redução populacional de protozoários (UEDA et al., 2003), que mantem atividade simbiótica com as metanogênicas, e também por exercer ação deletéria sobre estas, e consumir H₂ pelo processo de biohidrogenação (MACHMÜLLER et al., 1998). O H₂ é fundamental para a síntese de metano pela *Arqueias*. De forma simplificada a formação do metano envolve o CO₂ e H₂, com captação de quatro moléculas de H₂ ($\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$). Segundo Newbold et al., (1995) mais de 37% do metano derivado do rúmen pode ser produzido por metanogênicas associadas a protozoários.

A fermentação é um processo oxidativo, durante o qual ocorre a formação de co-fatores reduzidos (NADH, NADPH e FADH). Para que o processo fermentativo não seja paralisado, esses co-fatores são re-oxidados (NAD⁺, NADP⁺ e FAD⁺), por meio de reações de desidrogenação, liberando hidrogênio no rúmen. Como processoceptor de elétrons, a metanogênese remove continuamente o hidrogênio do meio. Dessa forma, a formação de metano é essencial para o ótimo desempenho do ecossistema ruminal, pois o acúmulo de H₂ no rúmen leva a inibição da atividade desidrogenase, envolvida na re-oxidação dos co-fatores reduzidos, paralisando todos os processos fermentativos (MARTIN et al., 2009).

O CH₄ de origem entérica é um produto final do metabolismo das bactérias metanogênicas, que ocorre pela fermentação normal de carboidratos e proteínas no rúmen e intestino grosso de monogástricos e ruminantes, sendo eliminado nos ruminantes principalmente através da eructação. A efetividade da adição de lipídeos para reduzir emissões de metano depende de vários fatores, incluindo nível de suplementação, a fonte de lipídeo utilizada, a forma de fornecimento e o tipo de dieta (BEAUCHEMIN et al., 2008; FIEVEZ et al., 2003).

O CH₄ é um dos gases causadores do efeito estufa, juntamente com o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido nítrico (N₂O). Apesar de não estar presente na atmosfera nas mesmas concentrações que o gás carbônico, o metano merece atenção pelo seu potencial de retenção do calor que é até 25 vezes maior que o CO₂, alta estabilidade, com meia vida entre 9 a 15 anos e taxa de crescimento de emissão anual de 7% (IPCC, 2006).

O fornecimento de óleo vegetal na alimentação de bovinos tem obtido efeitos benéficos quanto à diminuindo na disponibilidade de hidrogênio para síntese de metano. Beauchemin et al. (2007), forneceram a novilhas Angus três fontes lipídicas (sebo, óleo de girassol e sementes de girassol), de forma que as dietas atingissem 5,9% de gordura dietética total, observaram que, comparadas a dieta controle, as dietas contendo óleo de soja e sebo reduziram em 14% a emissão de metano, enquanto que a dieta contendo semente de girassol

reduziu 33% a emissão do gás. A redução foi maior para o tratamento com sementes de girassol, possivelmente porque apresentou menor digestibilidade. A digestibilidade da FDN no trato total, quando comparadas às dietas controle, foi reduzida em 15% na dieta com sebo e 20% com semente de girassol. Os autores concluem que as três fontes lipídicas diminuíram a produção de metano, porém o óleo de girassol apresentou maior aplicabilidade prática devido aos mínimos efeitos na digestibilidade da fibra, aumento da ingestão de energia digestível e ganho de peso, além de diminuir a produção de metano.

2.3. POTENCIAL PRODUTIVO DO DENDÊ

No Brasil a produção de oleaginosas como soja, mamona, babaçu, girassol, coco, dendê, tanto para fins alimentícios quanto para não alimentício (nesse caso especialmente para produção de biocombustíveis), tem tomado força na última década. Em 2005, a Lei 11.097/2005, tornou obrigatória a inclusão de um percentual mínimo de biodiesel ao diesel, chegando a 5% em até oito anos, porém no início de 2010, o governo se antecipou e tornou, então, já obrigatória a inclusão de 5% de biodiesel ao diesel de petróleo. Neste cenário vem ocorrendo incentivo ao aumento da cultura de oleaginosas para esse fim (MACHADO et al., 2011).

Em maio de 2010, o governo brasileiro lançou o Programa Nacional de Óleo de Palma. O projeto visa tornar o Brasil o maior produtor mundial deste produto nos próximos anos. Dentre os estados brasileiros o Pará se destaca como maior produtor, com atuais 80 mil hectares da cultura, representando 90% da produção nacional. Com o incentivo já se prevê um aumento, no estado, para mais do dobro da atual área plantada em 2014 (TECNOLOGIA E CIÊNCIA 2010).

O dendezeiro, ou palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq), é uma palmeira originária da costa oriental da África, mais precisamente do Golfo da Guiné, introduzida no Brasil a partir do século XVI, muito provavelmente pelos negros escravizados.

A cultura do dendê se destacou dentre as outras oleaginosas cultivadas no Brasil, pela alta produtividade, perenidade da cultura e alta adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, principalmente as da região norte do país. A produção de óleo pode ser de até 5.000 litros/ha/ano, superior ao produzido pela soja, por exemplo, que em média é de 1.000 litros/ha/ano (KALTNER et al, 2006; MACHADO et al. 2011).

O óleo de palma ocupa, atualmente, a primeira posição entre os óleos vegetais mais produzidos e consumidos no mundo, são utilizados para os mais diversos fins desde alimentos

na forma de margarinas, sorvetes, frituras industriais, confeitaria entre outros, nas indústrias cosméticas e em produtos de limpeza, servindo também como lubrificante, e recentemente na produção de biocombustível (BECKER, 2010).

Em 2010 o Brasil possuía área entre 80 a 90 mil hectares de dendê, sendo o estado do Pará é responsável por cerca de 90% da produção nacional, que naquele ano girava em torno de 220 mil toneladas. No cenário mundial a produção brasileira representa apenas 0,5% com aproximadamente 47 milhões de toneladas/ano, o que atende apenas a metade da demanda pelo produto (BECKER, 2010).

A produção é considerada baixa diante do potencial que o país apresenta para o cultivo da palmeira e, sendo atualmente um dos poucos países com área potencialmente utilizável para ampliação da cultura. A expansão da cultura tem tomado força após o lançamento do Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo no Brasil, lançado pelo governo federal em maio de 2010, em Belém (GOVERNO..., 2010). Segundo Becker (2010), o governo paraense estima que em 2014 cerca de 210 mil hectares estejam plantados no estado.

O dendê é a oleaginosa da qual se extrai uma maior quantidade de óleo (GENTIL, 2012). Estudos realizados por Nogueira et al., (2006), já apontavam o grande potencial dessa cultura para a produção de óleo em relação a outras culturas de alto valor comercial (Tabela 1).

Tabela 1- Características das oleaginosas com potencial para uso de fins energéticos (óleo).

Espécie	Origem do óleo	Oferta regional	Meses de colheita/ano	Rendimento (t óleo/há)
Dendê/Palma	Amêndoa	Norte	12	3,0 - 6,0
Girassol	Grão	Centroeste/Sul	3	0,5 - 1,9
Mamona	Grão	Nordeste	3	0,5 - 0,9
Soja	Grão	Todas	3	0,2 - 0,4

Fonte: Nogueira et al., (2006).

Segundo projeções de Kaltner et al, (2006), dentre os óleos e gorduras produzidos, o dendê tem se destacado por ser o de maior evolução no volume de produção (litros/hectare/ano), enquanto que a soja, mamona e girassol produzem, em média, 1.000 litros/ha/ano, enquanto o dendê chega a produzir 5.000 litros/ha/ano.

2.4 ÓLEO DE DENDÊ

Do fruto do dendê (Figura 1) são extraído dois tipos de óleo: o óleo de palma ou óleo de dendê que é extraído da polpa (mesocarpo), utilizado para diferentes segmentos nas indústrias oleoquímicas, farmacêuticas, de sabões e cosméticos, e vem ganhando força como

matéria prima para produção de biodiesel, porém seu principal uso ainda é na alimentação humana, representando 80% do consumo da produção. Em média seu conteúdo representa 20% do peso do fruto. O segundo óleo proveniente da fruta é o óleo de palmiste, extraído da semente (endosperma), rico em ácido láurico com aplicações na indústria alimentícia na produção de chocolate onde pode substituir a manteiga de cacau, indústria cosmética, sabões e sabonetes finos, detergentes, lubrificantes, indústria oleoquímica (BRASIL, 2007).

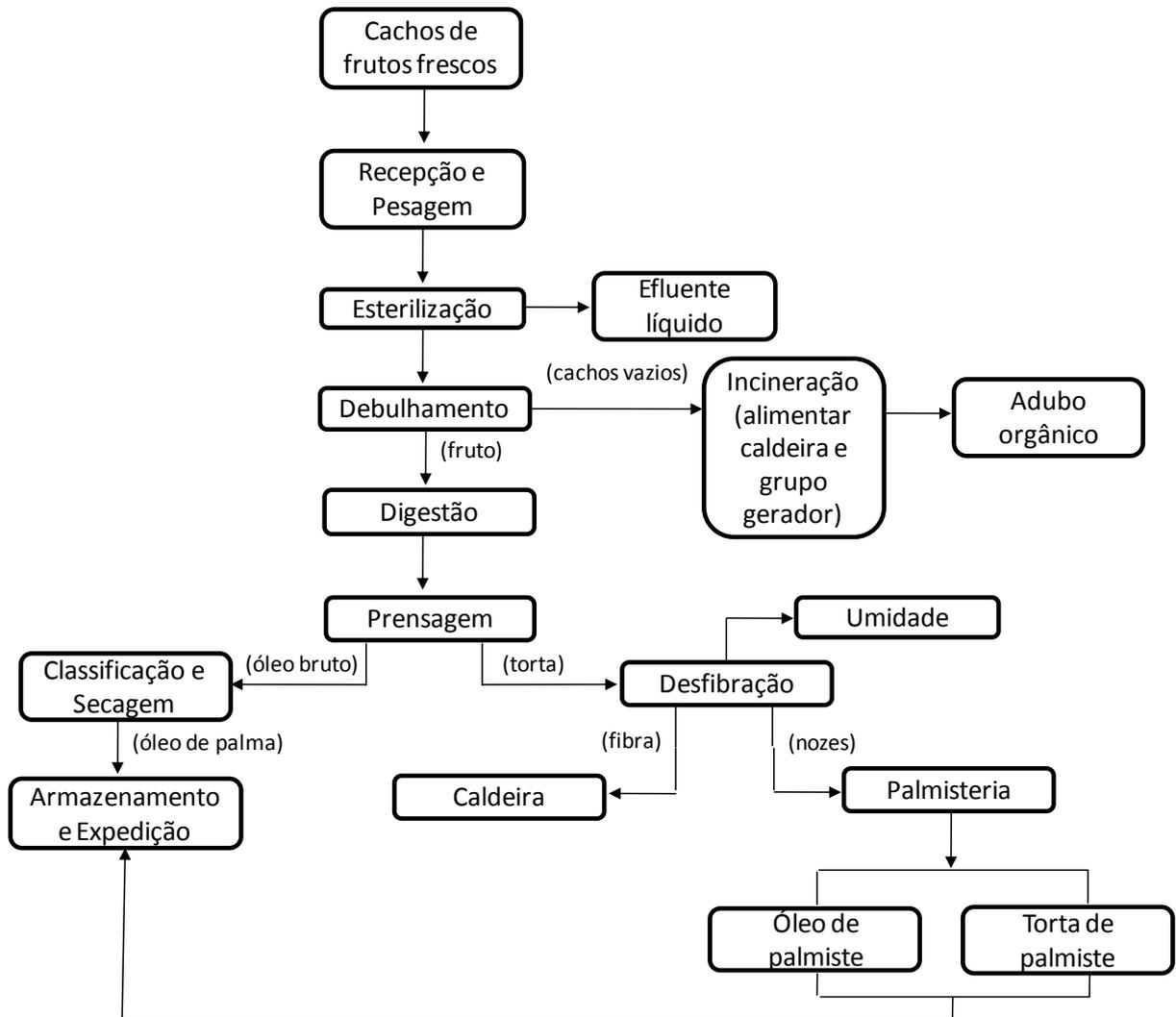
Figura 1- Fruto de dendê.



Fonte: Google/cifloresta.com.br

O processo de extração do azeite de dendê (Figura 2) ocorre através de processo físico (pelo calor e por pressão), não sendo empregados solventes químicos (PARENTE, 2003)

Figura 2- Processo de produção do óleo de dendê



Fonte: Parente (2003).

Quanto à composição química, o óleo de dendê caracteriza-se por ter um percentual aproximado de 90% de triglicerídeos e elevada acidez, devido aos ácidos graxos livres, entre 2% e 5%, com altos teores de cadeias saturadas que chega ser mais de 44,00%. Os demais componentes são monoglicerídeos e diglicerídeos. O principal ácido graxo presente no óleo bruto é o ácido oleico (18:1), com concentração próxima a 43,00% da composição total do produto, a proporções dos ácidos linoleico (18:2) e linolênico (18:3) ficam em torno de 11 e menos de 1% respectivamente (RAIOL et al., 2012).

2.5. DEGRADABILIDADE *IN SITU*

Conhecer o valor nutritivo de um alimento é o primeiro passo para que seja aproveitado com eficiência pelo animal.

Uma das maneiras de se avaliar alimentos para ruminantes é pelo estudo da sua digestão nos diversos compartimentos do trato digestório, especialmente no rúmen, onde ocorrem diversos processos de degradação do material ingerido, tal estudo torna-se importante quando se avalia diferentes nutrientes contidos no material avaliado (SILVA, 2008). Segundo Van Soest (1994), a avaliação da degradabilidade ruminal é uma ferramenta essencial para a nutrição de ruminantes, que são capazes de transformar proteína vegetal em proteína animal.

Várias técnicas possibilitam o cálculo de degradabilidade de alimentos para ruminantes (VAN SOEST, 1994). Dentre as mais confiáveis encontram-se as técnicas *in vitro* e *in situ* (EZEQUIEL; GALATE et al., 2007) que permitem avaliar a fermentação ruminal, como a desenvolvida por Tilley e Terry (1963), a de produção de gases (MENKE et al., 1979) ou alternativamente, com uso de enzimas (AUFRERE et al., 1991). A técnica desenvolvida por Ørskov e McDonald (1979), permite estimar a degradação no retículo-rúmen, através do uso de sacos em tempos distintos, sendo um método preciso, simples e rápido para determinar o valor nutritivo de um alimento (JOHNSON, 1966; MEHREZ ; ØRSKOV, 1977; ØRSKOV et al., 1980).

A degradabilidade ruminal *in situ* é uma técnica muito utilizada como etapa imprescindível nas avaliações de alimentos cujo objetivo é proporcionar o conhecimento das frações, taxas e extensões de degradação (EZEQUIEL; GALATE et al., 2007). Baseia-se na colocação de uma amostra do alimento teste em uma série de sacos de náilon (não degradáveis e porosos) com subsequente incubação no rúmen de animais previamente fistulados, o que dá acesso direto ao rúmen, sendo os sacos removidos em tempos definidos, lavados, secados e seus conteúdos preparados para posteriores análises (MEHREZ; ØRSKOV, 1977; NOCEK, 1988; SAMPAIO, 1988; SANTOS 1994; HUNTINGTON; GIVENS, 1995; SAMPAIO et al., 1995; BARBOSA, 1996; TEIXEIRA, 1997). Os resultados da técnica são obtidos por diferença de peso entre a quantidade colocada e a retirada, podendo-se chegar à degradabilidade ruminal do material em questão.

Para a aplicação da técnica *in situ* Nocek (1988), sugeriu que os sacos de náilon possuam porosidade entre 40 a 60 µm, tamanho da partícula de 5 mm para volumosos, relação peso da amostra por área de superfície do saco de 10 a 20 mg/cm², introdução dos sacos na

posição ventral do rúmen, em diferentes horários e retirada simultânea para diminuir o erro experimental.

Com relação ao tempo de incubação, como regra geral, para que o máximo potencial de degradação seja alcançado, Ørskov et al., (1980) recomendam para concentrados, de 12 a 36 horas de incubação, para forragens de alta qualidade, de 24 a 60 horas e de 48 a 72 para forragens de baixa qualidade. Já, Sampaio (1994) sugere, para o estudo da degradação de forrageiras, o intervalo maior, de 6 a 96 horas, e cita que três ou quatro tempos de incubação estimariam a equação da degradabilidade com a mesma eficiência que sete ou mais tempos, argumentando que maior número de tempos de incubação nesse intervalo, além de aumentar o trabalho experimental, poderia interferir no processo digestivo devido a constante manuseio do rúmen, o que ocasionaria elevação do erro experimental e estresse do animal.

Embora, a técnica *in situ* seja considerada por muitos pesquisadores (MEHREZ; ØRSKOV, 1977; ØRSKOV; MCDONALD, 1979; SETALA, 1983; SAMPATH; SIVARAMAN, 1985; SAMPAIO, 1988), como uma das técnicas mais apropriada para a determinação da degradabilidade ruminal dos alimentos por expor o material analisado às condições normalmente encontradas no rúmen, simplicidade de execução, apresentar resultados com rapidez e repetibilidade (MEHREZ; ØRSKOV, 1977; ØRSKOV et al., 1980; KRISTENSEN et al., 1982; MADSEN; HVELPLUND, 1985; SAMPAIO, 1988; BRODERICK et al., 1991; MICHALET-DOREAU; OULD-BACH, 1992; SANTOS, 1994; HUNTINGTON; GIVENS, 1995; BARBOSA, 1996; TEIXEIRA, 1997; MARTINS et al., 1999), algumas críticas foram feitas a técnica *in situ*.

De acordo com Broderick e Cochran (2000), a contaminação microbiana do resíduo subestima a degradabilidade da matéria seca, o desaparecimento de partículas do material não degradado superestima a degradação, o desaparecimento de nutrientes solúveis não degradados é classificado como material solúvel e interpretado como degradado, o que por sua vez superestima a extensão da degradabilidade, a separação física de digesta contaminante, ou seja, dos microorganismos ruminais, dentro e fora dos saquinhos, subestima a degradação possibilitando limitações à técnica.

Van Soest (1994) coloca ainda que embora na técnica *in situ* o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem, não há melhor forma de simulação do ambiente ruminal para um dado regime de alimentação, isto porque esta técnica permite o contato íntimo do alimento teste com o ambiente ruminal. Nos últimos anos, tem se verificado uma padronização da metodologia nos ensaios de degradação, principalmente no que se refere aos tempos de incubação, material de confecção dos sacos,

bem como a metodologia para a lavagem dos mesmos, tornando os resultados obtidos em diferentes instituições de pesquisa passíveis de comparações.

2.6. DIGESTIBILIDADE APARENTE

É de grande importância o conhecimento do valor nutritivo dos alimentos, assim como da utilização dos nutrientes, para alcançar o potencial máximo produtivo e reprodutivo dos animais (YAMAMOTO et al., 2005). O valor nutritivo de um alimento é determinado por dois componentes principais, digestibilidade e consumo alimentar. A determinação da digestibilidade tem sido o principal objetivo da experimentação *in vivo*, uma vez que esta variável quantifica a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos no trato gastrointestinal dos animais, sendo influenciada pela composição da dieta, pelo uso de aditivos ou outros compostos incluídos à dieta, como os lipídeos, tendo como princípio mensurações do consumo e da excreção fecal dos nutrientes.

Considerando o elevado consumo de alimentos pelos ruminantes e a proporcional excreção fecal, a coleta total de fezes por determinado período de tempo torna-se de difícil execução, o que levou à utilização de indicadores para a estimação da excreção fecal e da digestibilidade (MORAES, 2007).

O uso de indicadores externos ou internos em avaliações de digestibilidade de nutrientes dos alimentos não é recente. Foi desenvolvida considerando-se a impossibilidade de se coletar o total de fezes excretada. Nesta técnica, utiliza-se uma substância presente no alimento, que não seja digerida ou absorvida e que proporcionalmente possa ser determinada nas fezes (TEIXEIRA, 1997). A determinação da digestibilidade pelo método de indicadores não requer o manuseio de grandes quantidades de material, pois, para o cálculo de produção fecal leva-se em conta a quantidade do indicador fornecido ao animal e a sua concentração nas fezes (RODRIGUEZ et al., 2006). Porém, apesar de facilitar a avaliação de digestibilidade existem limitações no seu uso em ensaios metabólicos, a maior é a sua recuperação variável nas fezes. Já alguns indicadores externos não se comportam como as partículas do alimento e quando aderidos a sua porção fibrosa podem alterar algumas características químicas e físicas, como a gravidade específica e, inclusive, essa é uma de suas limitações (RODRIGUEZ et al., 2006).

Entre os indicadores internos utilizados em ensaios com ruminantes, destacam-se alguns componentes da fração fibrosa dos alimentos, como a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (LIPPKE et al., 1986). A digestibilidade determinada através deste

indicador baseia-se na determinação de sua concentração no alimento ingerido e nas fezes do animal, normalmente através da técnica *in situ* (ÍTAVO et al., 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUFRERE J, et al. Predicting in situ degradability of feed proteins in the rumen by two laboratory methods (solubility and enzymatic degradation.) **Animal Feed Science and Technology**, v. 33, p. 97-116, 1991.
- BALDWIN, R. et al. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **Journal of Animal Science**, v. 51, p. 1416-1428, 1980.
- BARBOSA, G. S. S. C. **Influência das condições experimentais sobre as estimativas de parâmetros do modelo de ØRSKOV para avaliação de digestibilidade em ruminantes**. 1996. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.
- BAUMAN, D. L. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 99, p. 937-942, 2000.
- BEAUCHEMIN K A, et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture** v. 48, 21-27, 2008.
- BEAUCHEMIN, K. A., et al. Use of condensed tannin extract from que-bracho trees to reduce methane emissions from cattle **Journal of Animal Science**. v. 85 p.1190–1196, 2007.
- BECKER, B. K. **Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (Dendê)?**, 2010. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6609>>. Acesso em: 19 Jul. 2012.
- BEORLEGUI, C. B.; FERREIRA, W. M. **Digestión y metabolismo de las grassas**. Madrid: Etsia, 1990. 37 p.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p.
- BRASIL. Lei n. 11. 097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis n. 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 14 jan. 2005.
- BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n° 8, de 25 de março de 2004. Proíbe em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal. **Diário Oficial da União**, 26 mar. 2004.
- BRASIL. Ministério Desenvolvimento Agrário. **Viabilidade de extração de óleo de dendê no estado do Pará**. Disponível em:<www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodisel/18_-_Dende.pdf> Acessado em: 23 jul 2012.
- BRODERICK, G. A.; COCHRAN, R. C. In vitro and in situ methods for estimating digestibility with reference to protein degradability. In: THEODOROU, M. K.; FRANCE, J. (ed.) **Feeding systems and feed evaluation models**. Wallingford: CAB International. p. 53-86, 2000.

BRODERICK, G. A.; WALLACE, R.J.; ØRSKOV, E.R. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWA SHIMA, R. (ed.) **Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminantes**. San Diego, Academic Press, p. 541-594, 1991.

BUTOLO, J. E. Utilização de ingredientes líquidos na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 295-334.

CONTRERAS, P. A.; MORO, M. **Rúmen: Morfofisiología, transtornos y modulación de la actividad fermentativa**. 3. ed. Valdivia: America, 2010. 135 p.

COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3826-3837, 1991.

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University, 1995. 288 p.

CURVELO, F. M., **Uma Imersão no tabuleiro da baiana: O estudo do óleo de palma bruto (*Elaeis guineenses*)** 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos, Nutrição e Saúde) – Universidade Federal da Bahia, Salvador). 2010.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between lipids and fibre in the sheep.2. digestibility studies. **Animal Production**, v. 19, p. 67-76, 1974.

DIAS, J. C. et al. Efeitos da suplementação lipídica no aumento da eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 33, n.2, p.95-104, 2009.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **British Journal of Nutrition**. 78 (Suppl.1): S15-S35. 1997

EZEQUIEL, J. M. B; GALATI, R. L. Técnicas *in vitro* e *in situ* para estimativa da digestibilidade ruminal de alimentos. In Simpósio INTERNACIONAL AVANÇOS EM TÉCNICAS DE PESQUISA EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2007. **Anais....** Pirassununga: USP, 2007. p.16-70.

FIEVEZ, V. F. et al. Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 104 p 41–58, 2003.

GENTIL, R. M; SERRA, J. C. V; CASTRO, R. B. Resíduos sólidos orgânicos provenientes da extração de oleaginosas para biodiesel e seus potenciais de uso. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**, n18, p 127-142, 2012.

GOVERNO lança programa de produção sustentável Amazônia. DIÁRIO COMÉRCIO INDÚSTRIA & SERVIÇOS – DCI 2010. Disponível em: <<http://www.dci.com.br/governo-lanca-programa-de-producao-sustentavel-amazonia-id220181.html>> Acesso em: 19 Jul de 2012.

HARFOOT, C. G. Lipid metabolism in the rumen. In: W. W. Christie, **Lipid Metabolism in Ruminant Animals**. Oxford, UK; Pergamon Press Ltd, p. 21-55 1981.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: P. N. Hobson C. S. Stewart, **The Rumen Microbial Ecosystem**. 2. ed. London: Blackie Academic, p. 523-632, 1997.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The in situ technique for studying the rumen degradation for feeds: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews** (Series B); v. 65, n. 2; p. 63-93; 1995.

IPCC – Inter governmental Panel on Climate Change. Emissions from live stock and manure management. In:..... IPCC **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. hayama: IGES, p. 747-846, 2006.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de feno de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1024-1032, 2002.

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

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

JOHNSON, R. R. The techniques and procedures for in vitro and in vivo rumen studies. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 25, n. 3, p. 855-875, 1966.

KALTNER, F. J. et al. “A Utilização de Óleo de Palma como Componente do Biodiesel na Amazônia”. Belém: Embrapa, 2006 (Comunicado Técnico, n. 103)

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2nd. ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2009. 216p

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Imprensa Universitária UFSM, 2002. 139 p.

KRISTENSEN, E. S.; MOLLER, P. D.; HVELPLUND, T. Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon-bag technique combined with outflow rate. **Acta Agriculture Scandive**, v. 32 p. 123-127, 1982.

LIPPKE, H.; ELLIS, W.C.; JACOBS, B.F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep and cattle on forage diets. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.403-412, 1986.

LUCAS, H.; LOOSLIE, J. The effect of fat upon the digestion of nutrients by dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 3, p. 3-21, 1944.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. 1. ed. São Paulo: Manoe Ltda, 1997. 169 p.

MACHADO, F. S. et al., **Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011. p. 92. (Documentos, n. 147).

- MACHMÜLLER, A. et al. Potential of various fatty feeds to reduce methane release from rumen fermentation *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.71, p.117-130, 1998.
- MADSEN, J.; HVELPLUND, T. Protein degradation in the rumen a comparison between *in vivo* nylon bag, *in vitro* and buffer measurement. **Acta Agricultural Scandive (Supplement)** v. 25 p. 103-124, 1985.
- MARTIN, C.; MORGAVI, D. P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbes to the farm scale. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 351-365, 2009
- MARTINS, A. S.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28 p. 1109-1117, 1999.
- MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G.; MEDEL, P. Utilizacion de grasas y productos lipidicos en alimentacion animal: grasas peras y mezclas. In: CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA; AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, 12, 1996; Madrid. **Fundacion Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal**. p. 41-57, 1996.
- MEDEIROS, S. R. **Uso de lipídios na dieta de ruminantes**. Macal Nutrição Animal, Campo Grande, 2007. (Informe Técnico).
- MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, p. 437-443, 1977.
- MENKE, K. H, RAAB, L., SALEWSKI, A., STEINGASS, H., FRITZ, D., AND SCHNEIDER, W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p. 217-222, 1979.
- MERTENS, R. R. Analysis of fiber in feeds and its uses in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ., p. 1-32, 1992.
- MORAES, S. A. **Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos**. 2007. 57 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2007.
- MURPHY, M.; et al. Rumen and total diet digestibilities in lactating cows fed diets containing full-fat rapeseed. **Journal of Dairy Science**., v. 70, p. 1572-1582, 1987
- NAGAJARA, T. G. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem**. 2. ed. London: Blackie Academic, 523-632 p. 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washinton, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- NEWBOLD, C. J.; LASSALAS, B.; JOUANY, J. P. The importance of methanogens associated with ciliate protozoa in ruminal methane production *in vitro*. **Letters in Applied Microbiology**, v. 21, p. 230-234, 1995.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, R. L. et al. Desempenho produtivo e custos com alimentação de novilhos bubalinos alimentados com dietas com diferentes fontes de lipídeos. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n.3, 2007.

OLIVEIRA, S. G. et al. Principais aspectos relacionados às alterações no perfil de ácidos graxos na gordura do leite de ruminantes. **Arquivos of Veterinary Science**, v. 9, p. 73-80, 2004

ØRSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. D.; MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. **Producción Animal Tropical**, v. 5 p. 213-233,1980.

ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according the rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.

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

PALMQUIST, D. L.; CONRAD, R. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. **Journal of Dairy Science**, v. 61, p. 890-901, 1978.

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

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Unigráfica, Brasil, 2003.

PIRES, M. F. A; **Manejo nutricional para evitar o estresse calórico**. Embrapa Gado de Leite 2006 (Comunicado técnico, n. 52)

RAIOL, L. C. B. et al. Nutrient intake and digestibility of the lipid residue of biodiesel from palm oil in sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 11, p. 2364-2368, 2012.

RODRIGUÉZ, N. M.; SALIBA, E. O. S.; JÚNIOR, R. G. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa – PB. **Anais...** Paraíba: SBZ, 2006.

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada in situ. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, Maringá, 1994. **Anais...** Maringá: SBZ/EDUEM, 1994. p. 81-88

SAMPAIO, I. B. M. **Experimental designs and modeling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. 1988. 214 f. Tese (Doutorado em Fisiologia)- University of Reading, 1988.

SAMPAIO, I. B. M.; PIKE, D. J.; OWEN, E. Optimal desing for studing dry matter degradation in the rumen. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v 47 n. 3 p. 373-383, 1995.

SAMPATH, K. T.; SILVARAMAN, E. *In situ* dry matter disappearance and protein degradability of certain cake in the rúmen of cattle. **Indian Journal Animal Nutrition**, v. 2 n.4 p. 141-148, 1985.

SANTOS, R. M. **Cinética da digestão ruminal de alguns alimentos concentrados e volumosos para vacas das raças Holandesa e Jersey**. 1994. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Lavras, ESALQ, 1994.

SETALA, B. K.; ERDMAN, R. A.; REEVES, J. B. The nylon bag technique in the determination of ruminal feed protein degradation. **Journal Science Agricultural Society Finland**, v. 55 p. 1-78, 1983.

SILVA, M. M. C et al. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteira. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, n.1. 2007.

SOARES, B. C. et al. Desempenho e características de carcaças de cordeiros suplementados com diferentes níveis de resíduo de biodiesel. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 64 no. 6, Belo Horizonte, 2012

SULLIVAN, H. M. et al. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, v.87, p. 665-671, 2004.

TECNOLOGIA E CIÊNCIA. **Governo lança Programa Nacional de Óleo de Palma**. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/noticias/governo-lanca-programa-nacional-de-oleo-de-palma-20100506.html>> Acesso em: 18 Jul. 2012.

TEIXEIRA, J. C. Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade In: SIMPÓSIO INTERNATIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997 **Anais...** Lavras, FAEPE, 1997. p.7-28.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Glassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

UEDA, K.; FERLAY, A.; CHABROT, J. et al. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestión in dairy cows fed diets with different forage: concentrate rations. **Jornal of Dairy Science**, v.86, p. 3999-4007, 2003.

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

YAMAMOTO, S. M. et al. Fontes de Óleo Vegetal na Dieta de Cordeiros em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.703-710, 2005.

ZINN, R. A. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 1038-1049, 1989.

3. Óleos de palma (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de ovinos: degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente¹

E. De Moraes^a, L. F. Sousa^b, J.D. Barbosa Neto^c, C.M.C. Guimarães^d, S.C. Avila^c, I. Borges^f, J.B. Lourenço Júnior^g, A.G.M. Silva^c

^aMestre pelo Programa Ciência Animal da Universidade Federal do Pará (UFPA); (eziquielmoraes@yahoo.com.br)

^bUniversidade Federal do Tocantins; ^cInstituto de Medicina Veterinária UFPA/Castanhal-PA; ^dInstituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal; ^fEscola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais;

^gUniversidade do Estado do Pará

RESUMO

Foram estudados os efeitos de inclusões crescentes de óleo de palma nos parâmetros de degradação ruminal *in situ* dos nutrientes, matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), da silagem de capim elefante e a digestibilidade aparente da MS, MO, PB, FDN, FDA e extrato etéreo (EE) das dietas experimentais em ovinos. Foram testados os seguintes tratamentos: inclusão de óleo de palma em 0, 25, 50, 75 e 100 g/kg MS da dieta total. As dietas constituíram de silagem de capim elefante e concentrado a base de milho, farelo de soja e mistura mineral, o óleo de palma foi misturado ao concentrado para facilitar a distribuição, mantendo-se uma relação volumoso:concentrado de 1:1, formuladas para serem isoprotéicas, isofibrosas, porém não isoenergéticas oferecidas na razão de 1.5% do peso vivo (consumo restrito). Não foram observadas semelhanças significativas ($P>0.05$) nas variáveis de degradação ruminal avaliadas, até a inclusão de 75 g de óleo /kg MS. A matéria orgânica apresentou redução linear na digestibilidade aparente, efeito contrário ao observado para o EE que apresentou aumento linear na digestibilidade aparente, os demais nutrientes não tiveram suas digestibilidades afetadas pelas inclusões de óleo de palma à dieta, e indica que essa fonte

¹ O presente artigo segue as normas da revista *Animal Feed Science and Technology*, a qual foi submetido.

lipídica pode ser utilizada em níveis superiores às recomendações para inclusão de gordura livre à dieta de ruminantes.

Palavras chave: Óleo de dendê, Dieta, Lipídeos, Ruminantes.

3.1 Introdução

Os lipídeos produzem 2.25 vezes mais energia que os carboidratos e constituem alternativa para aumentar a densidade energética das dietas dos ruminantes, sem os transtornos causados por altas quantidades de concentrado. Entretanto, seu uso deve ser adotado com cautela, pois podem comprometer o desenvolvimento dos microrganismos que tem na fibra sua principal fonte de substrato para fermentação. O limite dietético recomendado para inclusão de fontes de lipídios, comumente usados na dieta de ruminantes, em torno de 7%, níveis superiores interferem na degradação da fibra, e conseqüente redução no consumo voluntário e diminuição na digestibilidade dos nutrientes (Sullivan et al., 2004).

Dentre as oleaginosas, a palma (*Elaeis guineenses* Jacq) se destaca pela sua alta produção, que chega a 5 mil litros/ha/ano (Kaltner et al., 2006), e versatilidade de aplicação de seu produto, e utilizado na indústria alimentar, cosmética, produtos de limpeza, lubrificantes e, recentemente, na produção de biocombustível (Becker, 2010). Seu óleo caracteriza-se por apresentar aproximadamente 90% de triglicerídeos, com mais de 440 g/kg de gordura saturada (Raiol et al., 2012), assemelhando-se ao sebo bovino. O potencial tóxico dos lipídeos, em bactérias ruminais, está relacionado ao perfil dos ácidos graxos incluídos na dieta, e os de cadeia curta causam maiores efeitos negativos que os de cadeia longa, e os insaturados mais efeitos deletérios, quando comparados aos saturados (Palmquist e Jenkins, 1980). Pelas suas características, o óleo de palma, possivelmente, pode ser utilizado em maior proporção que outros óleos de origem vegetal, com aumento na densidade energética da dieta, sem os transtornos comumente observados.

Dessa forma, este trabalho visa avaliar os efeitos da inclusão de óleo de palma sobre a degradabilidade *in situ* e digestibilidade aparente, em ovinos alimentados com inclusões crescentes dessa fonte lipídica.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local experimental e laboratório

O experimento foi conduzido no Galpão de Experimentação Animal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA/Campus Castanhal, e as análises laboratoriais realizadas nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Pará – UFPA, ambos em Castanhal, Pará (1°17' S e 47°55' W).

3.2.2 Animais e instalações

Foram utilizadas dez ovelhas adultas, canuladas no rúmen, sem raça definida. Para aumentar o número de repetições, sem elevar a demanda por animais canulados, adotou-se repetição no tempo, no total de 20 unidades experimentais teóricas e quatro repetições por tratamento. Os procedimentos foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa com animais de experimentação (CEPAE-UFPA) número 120-13. Os animais foram mantidos em baias individuais, de 0.8 m x 1.5 m, providas de comedouros e bebedouros, com piso de cimento coberto por cama de serragem.

Todos os procedimentos experimentais foram aprovados e preenchidos de acordo com o Comitê de Ética em pesquisa com animais experimentais (CEPAE-UFPA 120-2013).

3.2.3 Tratamentos e dietas experimentais

Foram utilizados cinco tratamentos experimentais, com inclusões de óleo de palma, em 0, 25, 50, 75 e 100 g/kg da MS total da dieta, denominados, respectivamente, Palm0,

Palm25, Palm50, Palm75 e Palm100. As dietas foram compostas por silagem de capim-elefante (*Pannisetum purpureum*), cortado após 90 dias de rebrota, e concentrado a base de grão de milho moído, farelo de soja e mistura mineral (20 g/kg MS), onde foi incluído o óleo (Tabela 1), isoprotéicas e isofibrosas, mantendo-se relação volumoso:concentrado de 1:1, em base de MS, oferecidas a razão de 1.5% do peso vivo (consumo restrito), de modo a atender somente a manutenção dos animais, conforme NRC (2007), para ovinos. A alimentação foi disponibilizada em duas refeições iguais, às 7h e 18h. Antes do início das coletas de dados, os animais passaram por período de 21 dias de adaptação às dietas e condições experimentais.

Tabela 1

Dietas experimentais, composição da silagem, concentrados e dietas experimentais, em base da matéria seca.

Ingrediente da dieta	Dieta experimental					
	Palm0 ^a	Palm25	Palm50	Palm75	Palm100	
Silagem (g/kg MS)	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	
Milho moído (g/kg MS)	355.0	320.0	290.0	260.0	225.0	
Farelo de soja (g/kg MS)	125.0	135.0	140.0	145.0	155.0	
Óleo de palma (g/kg MS)	0.0	25.0	50.0	750.0	100.0	
Mistura mineral (g/kg MS)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Nutriente	Silagem	Concentrado experimental				
MS (g/kg fresco)	211.4	874.4	876.0	887.0	886.9	890.6
MO (g/kg MS)	907.8	940.2	929	924.3	931.5	935.6
PB (g/kg MS)	46.5	170.4	187.4	176.8	191.2	192.4
EE (g/kg MS)	26.1	50.9	116.4	154.8	200.9	224.2
CZS (g/kg MS)	92.2	59.8	71	75.7	68.5	64.4
aFDNom-FDN (g/kg MS)	757.2 ^b	179.6	177.2	174.5	158.3	170.9
FDAom-FDA (g/kg MS)	425.1	32.7	29.9	32.1	30.5	35.6

Lignina (sa) (g/kg MS)	74	4	3.8	3.5	3.3	5.3
Nutriente na dieta	Palm0	Palm25	Palm50	Palm75	Palm100	
MS (g/kg na dieta total)	542.9	543.7	549.2	549.2	551.0	
MO (g/kg MS)	924.0	918.4	916.0	919.6	921.7	
PB (g/kg MS)	108.4	116.9	111.7	118.8	119.5	
EE (g/kg MS)	38.5	71.2	90.5	113.5	125.2	
CZS (g/kg MS)	76.0	81.6	84.0	80.4	78.3	
aFDNom-FDN (g/kg MS)	468.4	467.2	465.9	457.8	464.1	
FDAom-FDA (g/kg MS)	228.9	227.5	228.6	227.8	230.4	
Lignina (sa) (g/kg MS)	39.0	38.9	38.7	38.6	39.6	

Níveis de garantia da mistura mineral por kg do produto, Cálcio 140 g; Fósforo 65 g; Magnésio 10 g; Enxofre 12 g; Sódio 130 g; Cobalto 80 mg; Ferro 1000 mg; Iodo 60 mg; Manganês 3.000 mg.

^a Os grupos Palm0, Palm25, Palm50, Palm75 e Palm100 correspondem a inclusão de 0.0, 25.0, 50.0 75.0 e 100.0 g de óleo de palma por kg de MS; ^b Processada sem uso de alfa amilase termo estável; MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; PB, proteína bruta; EE, extrato etéreo; CZS, cinzas; FDNom, fibra em detergente neutro livre de cinzas; FDAom, fibra em detergente ácido livre de cinzas; Lignina (sa), lignina ácido sulfúrico.

3.2.4 Degradabilidade *in situ*

A silagem foi previamente seca em estufa com ventilação forçada a 55 °C, por 72 horas, em seguida moída a 5 mm, em moinho de facas tipo Willey. Amostras duplicadas (4 g MS) foram pesadas e postas em sacos de náilon, porosidade 50 µm, de 12 x 5 cm, Nocek (1988), e incubadas no rúmen, nos tempos de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Posteriormente, os sacos foram retirados do rúmen, imediatamente imersos em água fria e lavados em água corrente, até ficar incolor, transferidos para estufa de ventilação forçada a 55 °C, onde permanecerem até peso constante, para obtenção das perdas nos tempos de incubação. O tempo zero de desaparecimento foi obtido por lavagem dos sacos, não incubados, de forma semelhante aos incubados.

Os efeitos dos tratamentos e tempos de incubação sobre as variáveis dependentes foram avaliados por meio do modelo de Ørskov e McDonald (1979): $P = a + b(1 - e^{-ct})$, em que p é o desaparecimento no tempo t , a é a fração solúvel, b , fração degradável, c é a taxa de degradação de b , e t é o tempo em horas, a degradabilidade efetiva foi estimada por meio da equação $DE = a + [(b \times c) / (c + k)]$, onde DE é a degradabilidade efetiva dos nutrientes, a , a fração rapidamente solúvel, b a fração potencialmente degradável, c , a taxa de degradação do parâmetro b , e k , a taxa de passagem do digerido fora do rúmen, considerada para taxas de $0,02 \text{ h}^{-1}$, valor médio para animais em manutenção (AFRC 1993). O tempo de colonização foi estimado segundo McDonald (1981), pela equação, $TC = - (1 / c) \times \{\ln [(a + b - S) / b]\}$, onde a , b e c são os mesmos parâmetros da equação anterior e S é a fração solúvel no tempo zero. Nas frações fibrosas FDN e FDA, a fração solúvel “S” foi considerada zero.

3.2.5 Digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, FDN, FDA, e EE foram determinados pela estimativa da produção fecal, através de indicador interno FDNi. Para determinação do FDNi, 1 g de amostra das fezes e dos alimentos (volumoso e concentrado) foram acondicionados em sacos de TNT (tecido não tecido 100 g/m^2), previamente identificados, lavados, secos e pesados, posteriormente incubados por 240 horas (Casali et al., 2008) no rúmen de bubalino portador de cânula ruminal permanente, mantido em pastejo e suplementado com torta de dendê, com 0,5% do peso vivo. Após incubação, os sacos foram lavados em água corrente, até ficar clara, em seguidas foram secos em estufa com ventilação forçada a $55 \text{ }^\circ\text{C}$, por 72 horas, seguindo-se a determinação das concentrações de FDNi, pela fervura em detergente neutro, durante uma hora (Van Soest et al., 1991), sem adição de alfa-amilase termo estável e sulfito de sódio. A fim de se determinar a contaminação do tecido dos saquinhos, dez unidades vazias foram incubadas, juntamente com as amostras, passando por

todos os processos. As produções fecais e coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados pelas equações: Produção fecal = Quantidade de indicador ingerido/Concentração do indicador na MS das fezes x 100 e Coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes = g nutriente ingerido - g do nutriente na MS fecal/g do nutriente ingerido x 100, respectivamente.

3.2.6 Análises químicas

Nas análises químicas dos resíduos de incubação, amostras das dietas e fezes, o material foi previamente moído em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1 mm. A MS, Cinzas, MO, PB e EE foram determinadas seguindo-se o processamento determinado pela AOAC (1995). A FDN, FDA, e ligninas em detergente ácido, foram obtidas pelo método sequencial Van Soest et al. (1991), com o uso de alfa-amilase termo estável, apenas para os concentrados e sem sulfito de sódio. O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDIN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), conforme Licitra et al. (1996), com resultados expressos livres de cinza e nitrogênio residual.

3.2.7 Delineamento experimental e análises estatística

Na degradabilidade *in situ* foi adotado delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, onde os tratamentos constituíam nas parcelas e tempos de incubação nas subparcelas. Os dados foram analisados por regressão não linear, adequando-se o modelo de Ørskov e McDonald (1979) aos dados experimentais, através do PROC NLIN do SAS[®], usando-se o método Gauss-Newton. O ensaio de digestibilidade aparente foi desenvolvido em delineamento inteiramente ao acaso. Os dados foram analisados pelo procedimento geral de modelos lineares, em delineamento experimental inteiramente casualizado, como $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$, onde μ é a média comum, T_i é o efeito do tratamento experimental e ε_{ij} é o erro aleatório. Os resultados da digestibilidade aparente foram

submetidos à análise de variância e de regressão por meio do teste de t “Student”, em nível de 5% de probabilidade. Os dados das médias dos parâmetros de degradação foram comparados pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, consideradas significativas quando $P < 0,05$.

3.3 Resultados

3.3.1 Desaparecimento *in situ*

Não houve interação entre inclusões de óleo e tempos de incubação. Os desaparecimentos da MS, MO, PB, FDN e FDA não foram afetadas ($P > 0,05$), com inclusão de óleo, em até 75 g/kg da MS, mas difere ($P < 0,05$) no tratamento com 100 g/kg MS, que causou redução nas médias de desaparecimento, com exceção da PB, que não foi afetada pelos níveis de inclusão. O desaparecimento, em função dos tempos de incubação, não foi afetado pela inclusão do óleo de palma à dieta, com aumento ($P < 0,05$) progressivo das degradações, até às 72 horas, que não diferiram das médias de 96 horas (Tabela 2).

Tabela 2

Médias de desaparecimento da MS, MO, PB, FDN e FDA, em função das inclusões de óleo e tempos de incubação.

Inclusão de óleo	MS	Desaparecimento (g/kg MS)			
		MO	PB	FDNom	FDAom
Palm0	312.0a	276.4a	431.5	244.8 ^a	212.5a
Palm25	311.4a	273.7a	480.8	241.6a	203.9a
Palm50	299.1a	263.6a	442.7	228.0a	203.5a
Palm75	294.4a	256.0a	481.1	226.1a	194.9a
Palm100	267.4b	225.5b	455.4	191.4b	160.2b
Tempo (horas)					
6	118.5e	67.7e	267.8e	31.3e	4.8e
12	162.6d	115.9d	368.4d	76.7d	47.3d

24	249.1c	208.4c	433.6c	158.9c	127.7c
48	360.0b	326.5b	496.4b	305.1b	276.0b
72	440.3a	412.6a	590.6a	385.3a	355.5a
96	450.6a	423.1a	594.8a	398.3a	364.5a
EPM	1.23	1.32	1.23	1.39	1.37

Valores com letras diferentes (a, b, c) nas colunas diferem entre si ($P < 0.05$) pelo teste de Tukey. EPM, erro padrão da média. Palm0, Palm25, Palm50, Palm75 e Palm100 correspondem a inclusão de 0.0, 25.0, 50.0 75.0 e 100.0 g de óleo de palma por kg de MS; MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; PB, proteína bruta; FDNom, fibra em detergente neutro livre de cinzas; FDAom, fibra em detergente ácido livre de cinzas.

3.3.2 Parâmetros de degradabilidade *in situ*

As frações solúveis e potencialmente degradáveis e as taxas de degradação da MS e MO foram semelhantes ($P > 0.05$), entre as dietas Palm0; Palm25; Palm50 e Palm75, e reduzidas na dieta Palm100, com exceção da taxa de degradação da MO, que não sofreu alteração ($P > 0.05$), mesmo nesse nível mais alto de inclusão. Os tempos de colonização foram aumentados significativamente ($P < 0.05$), apenas na dieta Palm100, o que refletiu em redução nas degradabilidades efetivas da MS e MO nessa dieta (Tabela 3). Para PB, a fração solúvel apresentou comportamento alternado, entre os níveis de inclusão, com maiores valores ($P < 0.05$) nas dietas Palm25 e Palm50, enquanto a fração lentamente degradável foi maior nas dietas Palm0 e Palm75. A taxa de degradação, assim como a degradabilidade efetiva da PB, apresentou padrões semelhantes, que aumentaram com a inclusão do óleo (Tabela 3).

Tabela 3

Parâmetros de degradação ruminal da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta da silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), em dietas com inclusão de óleo de palma bruto.

	Palm0	Palm25	Palm50	Palm75	Palm100	EPM
--	-------	--------	--------	--------	---------	-----

Parâmetro	Matéria seca					
<i>a</i> (%)	7.50a	7.59a	7.22ab	7.16ab	5.93b	0.30
<i>b</i> (%)	46.99a	45.07ab	44.73ab	45.81ab	43.58b	0.57
<i>c</i> (%)	0.021ab	0.023a	0.021ab	0.020ab	0.019b	0.0007
TC (h)	0.65b	0.54b	0.96b	1.08b	2.65a	0.17
DEMS 0.02 h ⁻¹	31.72a	31.59a	30.45ab	30.05ab	27.55b	0.75
Parâmetro	Matéria orgânica					
<i>a</i> (%)	3.19a	3.46a	2.85ab	2.99ab	1.49b	0.34
<i>b</i> (%)	49.66a	48.44ab	48.63ab	48.97ab	47.66b	0.33
<i>c</i> (%)	0.021	0.021	0.020	0.018	0.017	0.0007
TC (h)	1.45b	1.20b	1.89b	1.87b	3.94a	0.22
DEMO 0.02 h ⁻¹	28.35a	28.02a	27.13ab	26.41ab	23.64b	0.84
Parâmetro	Proteína bruta					
<i>a</i> (%)	20.19b	21.78a	20.47ab	20.24b	20.10b	0.31
<i>b</i> (%)	46.25a	38.67b	37.40b	42.75ab	39.01b	1.63
<i>c</i> (%)	0.020b	0.042a	0.035ab	0.038a	0.038a	0.0037
TC (h)	0.003e	0.974a	0.207b	0.031d	0.059c	0.00043
DEPB 0.02 h ⁻¹	43.58b	47.88a	44.34ab	48.21a	45.73ab	0.93

Valores com letras diferentes (a, b, c) nas linhas diferem entre si ($P < 0.05$) pelo teste de Tukey; EPM, erro padrão da média Palm0, Palm25, Palm50, Palm75 e Palm100 correspondem a inclusão de de 0.0, 25.0, 50.0 75.0 e 100.0 g de óleo de palma por kg de MS; *a*, fração rapidamente solúvel; *b* a fração potencialmente degradável; *c*, a taxa de degradação do parâmetro *b*; TC, tempo de colonização; DEMS, degradabilidade efetiva da matéria seca, DEMO, degradabilidade efetiva da matéria orgânica; DEPB, degradabilidade efetiva da proteína bruta.

Os parâmetros de degradação das frações fibrosas FDN e FDA tiveram comportamentos semelhantes. A fração lentamente degradável foi menor na dieta Palm50. A taxa constante de degradação, os tempos de colonização e a degradabilidade efetiva foram

reduzidos significativamente ($P < 0,05$), apenas na dieta com maior nível de inclusão (100 g/kg MS) (Tabela 4).

Tabela 4

Parâmetros de degradação *in situ* das frações fibrosas FDN e FDA, em dietas com inclusões de óleo de palma.

Parâmetro	Palm0	Palm25	Palm50	Palm75	Palm100	EPM
	FDNom-FDN					
<i>a</i> (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
<i>b</i> (%)	54.47a	54.55 ^a	52.94b	54.38ab	54.80a	0.33
<i>c</i> (%)	0.0165a	0.0153ab	0.0155ab	0.0145ab	0.0118b	0.0009
TC (h)	3.18b	3.44b	3.49b	3.63ab	4.42 ^a	0.92
DEFDN 0.02 h ⁻¹	24.65a	23.62 ^a	23.14ab	22.88ab	20.37b	0.71
Parâmetro	FDAom-FDA					
	<i>a</i> (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	-
<i>b</i> (%)	58.01ab	61.08a	53.50b	57.52ab	63.15 ^a	1.65
<i>c</i> (%)	0.0121ab	0.0107ab	0.0132a	0.011ab	0.0079b	0.00098
TC (h)	5.07b	5.45b	5.06b	5.66ab	7.14 ^a	0.38
DEFDA 0.02 h ⁻¹	21.92a	21.33a	21.32a	20.38ab	17.89b	0.71

Valores com letras diferentes (a, b, c) nas linhas são diferentes ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey; EPM, erro padrão da média. Palm0, Palm25, Palm50, Palm75 e Palm100 correspondem a inclusão de de 0.0, 25.0, 50.0 75.0 e 100.0 g de óleo de palma por kg de MS. *a*, fração rapidamente solúvel; *b* a fração potencialmente degradável; *c*, a taxa de degradação do parâmetro *b*; TC, tempo de colonização; DEF DN, degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro; DEFDA, degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido.

3.3.3 Digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade da MS, assim como da PB e frações fibrosas FDN e FDA, não foram afetados ($P > 0.05$) pelas inclusões do óleo de palma à dieta. A matéria

orgânica apresentou redução linear na digestibilidade aparente de 0.44%, para cada 10 g de inclusão de óleo, efeito contrário ao observado para o EE, que apresentou aumento linear de 0.96% na digestibilidade aparente, para cada 1% de inclusão de óleo de palma.

Tabela 5

Coefficientes de digestibilidade aparente em ovinos alimentados com inclusões de óleo de palma.

Variável	Quantidade digerida (g/kg MS)					ER	R ²	EPM
	Palm0	Palm25	Palm50	Palm75	Palm100			
MS	627.8	618.3	611.8	606.5	595.2	Ns	-	1.42
EE	778.1	795.7	805.3	827.1	882.4	Y=76.974+0.96X*	88.92	3.29
MO	658.7	647.8	630.0	625.4	614.8	Y=65.736-0.44X*	97.13	1.35
PB	576.1	616.2	619.0	630.7	615.3	Ns	-	2.75
FDNom	583.0	574.6	580.5	573.4	530.1	Ns	-	1.71
FDAom	555.4	545.6	538.7	543.6	519.3	Ns	-	1.49

*significativo a 5% de probabilidade; ER, equação de regressão; R², coeficiente de determinação; Ns, não significativo; EPM, erro padrão da média. Palm0, Palm25, Palm50, Palm75 e Palm100 correspondem a inclusão de 0.0, 25.0, 50.0 75.0 e 100.0 g de óleo de palma por kg de MS; MS, matéria seca; EE, extrato etéreo; MO, matéria orgânica; PB, proteína bruta; FDNom, fibra em detergente neutro livre de cinzas; FDAom, fibra em detergente ácido livre de cinzas.

3.4 Discussão

A inclusão de óleo de palma somente causou redução no desaparecimento dos nutrientes, quando alcançou nível de 100 g/kg (125.2 g de EE/kg de MS) (Tabelas 1 e 2), superiores as recomendações descritas por Van Soest (1994), Palmquist e Conrad (1980) e Devendra e Lewis (1974), pois o fornecimento de gordura, em níveis superiores a 7-8% de EE na dieta, pode provocar decréscimos na degradação ruminal dos nutrientes, em especial as frações fibrosas do alimento. Church (1988) aconselhou limitar as gorduras a menos de 5%,

no intuito de prevenir problemas de fermentação ruminal e relatou que as gorduras poli-insaturadas, principalmente o linoléico (18:2), são mais tóxicas para os micróbios do rúmen que as saturadas, por inibir em maior intensidade a biohidrogenação. De acordo com Van Nevel e Demeyer (1988), essa maior inibição por ácidos insaturados ocorre quando eles são incluídos em grandes quantidades á dieta.

Ao analisar o perfil dos ácidos graxos que compõe o óleo de palma são observadas características muito diferentes aos demais óleos de origem vegetal, pois chega a mais de 40% de ácidos graxos saturados, e concentração de apenas 11% de ácido linoléico e 43% de oléico (18:1) (Raiol et al., 2012), ou seja, alta concentração do ácido oleico, que contem apenas uma dupla ligação, o que permite rápida saturação e redução na ação deletéria sobre os microrganismos, possivelmente a justificativa de não haver redução no desaparecimento ruminal dos nutrientes, com concentração de 113,5 g de EE/kg de MS (Plam75).

A falta de efeito do óleo sobre o desaparecimento ruminal da PB pode estar ligada à menor sensibilidade dos microrganismos proteolíticos, à presença de lipídeos, como descrito por Palmquist et al. (1993), ou pelo aumento na eficiência de síntese microbiana, que frequentemente é provocada pela disposição de óleos vegetais no ambiente ruminal, pois há menor predação por protozoários, em função do efeito defaunante do lipídeo, e não por aumento de energia fermentescível no rúmen (Dewhurst et al., 2000).

O desaparecimento ruminal dos nutrientes, em função dos tempos de incubação, apresentou efeito normalmente observado em trabalhos *in situ*, com redução da taxa fracional de degradação, nos tempos de incubação, que não foram afetados pela presença do óleo de palma. Comparando-se esses resultados com os da literatura, observa-se que foram semelhantes aos descritos por Rêgo et al. (2010) e Santos et al. (2012), com silagem de capim elefante cortado entre 70 e 100 dias de crescimento, em dietas sem inclusão de lipídeos

As reduções nos parâmetros de degradação da MS e MO, na dieta Plam100, sugerem que inclusões superiores a 75 g de óleo podem ser prejudiciais na degradação ruminal, provavelmente em função do aumento do EE na dieta. Contudo, a dieta Palm75 atingiu 113.5 g de EE/kg MS, superior às recomendações máximas de inclusão de EE para ruminantes, em torno de 70 g/kg MS, conforme proposto por Van Soest (1994) e Palmquist e Conrad (1980), provavelmente em decorrência das características do óleo de palma, com alta concentração de ácidos graxos de cadeia saturada. Apesar dos parâmetros de degradação ser estatisticamente reduzidos na dieta Palm100, esse comportamento pode ser irrelevante, considerando-se que numericamente os resultados estão próximos, e é muito provável que essas reduções sejam superadas por maior aporte energético proporcionado pela inclusão de óleo desse tratamento.

Os resultados de degradabilidade efetiva (DE) são decorrência das taxas de degradação e influenciados por variações na fermentação ruminal, que quando adequadas favorecem a proliferação microbiana, com conseqüente maior degradação do alimento. Taxas de degradação da MS, abaixo de 2%/h, podem refletir não apenas no ambiente ruminal inadequado, mas baixa qualidade do alimento analisado (Sampaio, 1988). No presente trabalho, as taxas de degradação estiveram superiores, porém próximas a 2%/h, exceto na dieta com 100 g de inclusão de óleo (1,9%/h). Esse fato indica que o volumoso utilizado possuía baixa qualidade e, nesse caso, a inclusão de lipídeos poderia representar ganho importante de energia, apesar da pequena redução observada na dieta com maior nível de inclusão.

De acordo com Palmquist e Jenkins, (1980), Zinn, (1989) e Nagajara et al. (1997), as frações fibrosas são as mais afetadas pela inclusão de lipídeos à dieta, devido à ação tóxica dos ácidos graxos aos microrganismos fibrolíticos, sendo principalmente afetados por cadeias lipídicas insaturadas ou com menor tamanho, o que não é característica do óleo de palma. Possivelmente, tais particularidades do óleo de palma podem ter contribuído para que não

houvesse redução nas taxas de degradação, aumento nos tempos de colonização e redução da degradabilidade efetiva das frações fibrosas, quando até 75 g de óleo foram incluídos na dieta (113.4 g de EE/kg MS), o que somente ocorreu na dieta Palm100.

A baixa qualidade do volumoso utilizado no presente trabalho, também, pode ter colaborado para esses resultados, pois de acordo com Palmquist, (1996) e Mertens (1992), o efeito dos lipídeos sobre a fibra ocorre em função não só do tipo de ácido graxo incorporado na dieta, mas está relacionado à qualidade da fração fibrosa, com menor efeito sobre frações fibrosas de menor qualidade. Por outro lado, Palmquist e Conrad (1980) sugeriram que o efeito negativo dos lipídeos sobre a digestão da fibra é maior em dietas baixas em fibra, considerando-se que a degradabilidade da fibra e de seus constituintes é fortemente relacionada à adesão das bactérias às partículas alimentares. Outra possível explicação seria a formação de sais insolúveis (saponificação) que ocorre em $\text{pH} > 6$ (Palmquist et al., 1986), o que diminuiria os efeitos dos lipídeos sobre os microrganismos, pela formação de micelas em meio aquoso (Chalupa et al., 1984). Em todos os tratamentos do presente trabalho, o pH ruminal se manteve acima de 6,0.

Entretanto, esse fato pode ser visto de forma positiva, pois em muitos casos o volumoso disponível para alimentação dos animais tem qualidade razoável ou mesmo baixa, e dessa forma, a inclusão do óleo de palma contribuiria fortemente com aumento na densidade energética da dieta sem, no entanto, deprimir a degradação das frações fibrosas do alimento. Outro benefício a ser considerado é o fato dos ácidos graxos não sofrerem fermentação ruminal, o que diminui a produção de calor, além de serem incorporados diretamente ao tecido adiposo e/ou ao leite, dispensando as vias metabólicas, para produção de ácidos graxos, a partir de acetato, o que diminui o incremento calórico e a perda de energia associado e essa rota metabólica, como explicam Baldwin et al. (1980). Esse aspecto é de grande interesse para

sistemas de produção, em condições climáticas que proporcionam sobrecarga de calor do ambiente.

No tocante às degradabilidades efetivas, houve diminuição, de forma semelhante para as frações fibrosas, à medida que se aumentou a inclusão de óleo às dietas (Tabela 4). Contudo, as reduções observadas são pequenas e poderiam ser desprezadas, se for considerado aumento no aporte energético da dieta com inclusões de óleo, principalmente, em animais de média a alta produção, que têm elevadas demandas energéticas, e necessitam de alimentos concentrados, geralmente ricos em amido, que favorece transtornos no ambiente ruminal, como acidose, e nesses casos, a inclusão de óleo poderia reduzir a demanda de amido e minimizar essa possibilidade.

A digestibilidade aparente dos nutrientes não foi reduzida com inclusão do óleo de palma, com exceção da MO (Tabela 5), entretanto, a digestibilidade do EE da dieta Plam100 alcançou 882.4 g/kg, próximo ao máximo da digestibilidade do EE descrito por Palmquist et al. (1980), de 900 g/kg. A fração fibrosa do alimento é a mais afetada pela adição de gordura na dieta de ruminantes (Palmquist e Jenkins, 1980). Ao contrário do esperado, essas frações não tiveram suas digestibilidades afetadas pela inclusão do óleo de palma. Este fato pode estar ligado, além do perfil dos ácidos graxos, que pouco afetou a degradação ruminal, a alta digestão e absorção do EE, que culminou em sua elevada digestibilidade aparente e favoreceu nova fermentação das frações fibrosas (FDN e FDA) no intestino grosso, com baixas concentrações de EE, como proposto por Murphy et al. (1987) e Jenkins, (1993). Ademias, o fato das dietas conterem 50% da MS advinda do volumoso e sua baixa qualidade podem ter contribuído para que não houvesse diferenças nas digestibilidades das frações fibrosas (Jenkins e Palmquist, 1982; Palmquist e Conrad, 1980).

Os resultados deste trabalho corroboram com os descritos por Raiol et al. (2012), que não verificaram diferença na digestibilidade aparente, em cordeiros alimentados com inclusão

de 50 g de óleo de palma por kg de MS, assim como Malafaia et al. (1996) e Weisbjerg, Borsting e Hvelplund (1992), citados por Balieiro Neto e Molloti (2007), quando incluíram sebo na dieta de vacas. Vale considerar que o perfil de ácidos graxos do óleo de palma é mais semelhante ao sebo, que os demais óleos de origem vegetal, com até 44% de cadeias saturadas, o que pode ter contribuído para os resultados desta pesquisa.

Os resultados desta pesquisa são promissores, e indicam que o óleo bruto de palma apresenta grande potencial como fonte energética na alimentação de ruminantes. Não foi possível definir o nível máximo de inclusão em dietas para ovinos, onde a inclusão de até 100 g/kg da MS não foi suficiente para causar grandes transtornos na degradação dos nutrientes avaliados, o que indica a necessidade de novos estudos para determinar em que momento os efeitos prejudiciais passam a não ser compensados pelo aumento na densidade energética.

3.5 Conclusão

O óleo de palma bruto pode ser incluído em até 75 g/kg da matéria seca na dieta de ovinos, sem causar transtornos na degradação ruminal da fibra e na digestibilidade aparente dos nutrientes.

3.6 Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos, à Capes/Procad Novas Fronteiras, pelo apoio no financiamento da pesquisa, a Empresa Dentauá-PA, pela doação do óleo de palma, e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA/Campus Castanhal, através do Núcleo de Pesquisa e Difusão Tecnológica Agropecuária, pelo apoio logístico, infraestrutura e discentes bolsistas.

3.7 Referências

- Agricultural and Food Research Council (AFRC), 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants, Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 14th ed. Official Methods of Analysis of AOAC International, Washington DC, USA.
- Baldwin, R., Smith, N.E., Taylor, J. Sharp, M., 1980. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *J. Anim. Sci.* 51, 1416-1428.
- Balheiro Neto, G., Mellott, L., 2007. Efeitos de níveis de sebo sobre a degradabilidade *in situ* do farelo de soja e do feno de tifton {*Cynodon dactylon* (L.) pers.} em vacas secas. *Braz. J. Vet. Res. anim. Sci.* 44, 243-253.
- Becker, B.K., Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (Dendê)? Disponível em: <<http://confins.revues.org/6609>>. Acesso em: 19 Jul. 2013.
- Casali, A. O., Detmann, E., Valadares Filho, J. C., Pereira, J. C., Henriques, L. T., Freitas, G. S., Paulino, M. F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- Chalupa, W., Rickabaugh, B., Kronfeld, D.S., 1984. Rumen fermentation *in vitro* as influenced by long – chain fatty acids. *J. Dairy Sci.* 67, 1439 – 1444.
- Church, D.C. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, España: Acribia, 1988. 641p.
- Devendra, C., Lewis, D., 1974. The interaction between lipids and fibre in the sheep. 2. digestibility studies. *Anim. Prod.*, 19, 67-76.
- Dewhurst, R.J., Davies, D.R., Alegre, R.J. Microbial fornecimento de proteína do rúmen. *Anim. Feed Sci. Techn.*, v. 85, n. 1-2, p. 1-21, 2000.
- Jenkins T.C., 1993. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76, 3851-3863
- Jenkins, T.C., Palmquist, D.L., 1982. Effects of added fat and calcium on *in vivo* formation of insoluble fatty acid soaps and cell wall digestibility. *J. Animal Sci.* 55, 957-963.
- Kaltner, F.J. et al. 2006. “A Utilização de Óleo de Palma como Componente do Biodiesel na Amazônia”. Comunicado Técnico EMBRAPA n. 103. Belém.
- Licitra, G, Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Techn.* 57, 347-358.
- McDonald, J., 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agri. Sci.* 96, 251-252.
- Mertens, D.R., 1992. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais... Lavras, 1-32.

- Murphy, M., et al., 1987. Rumen and total diet digestibilities in lactating cows fed diets containing full-fat rapeseed. *J. Dairy Sci.*, v. 70, p. 1572-1582.
- Nagajara, T.G., Newbold, C.J., Van Nevel, C.J., Demeyer, D.I.; 1997. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. *The rumen microbial ecosystem*. segunda ed. London: Blackie Academic, 523-632.
- Nocek, J.E., 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.* 71, 2051-2069.
- NRC, 2007 *Nutrient requirements of small ruminants*. New York, National Academy of Sciences, 362.
- Ørskov, E.R., McDonald, P., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92, 499-503.
- Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M., 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76, 1753.
- Palmquist, D.L., Conrad, H.R., 1980. High fat rations for dairy cows: fallow and hydrolyzed blend fat at two intakes. *J. Dairy Sci.* 63, 391-395.
- Palmquist, D.L., Jenkins, T., Joyner, A., 1986. Effect of dietary fat and calcium source on insoluble soap formation in the rumen. *J. Dairy. Sci.* 69, 1020-1025.
- Palmquist, D.L., Jenkins, T.C., 1980. Fat in lactation rations: a review. *J. Dairy Sci.* 63, 1.
- Palmquist, D.L., 1996. Utilización de lípidos en dietas de ruminantes. In: *Curso de Especialización Fedna; Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. Madrid, Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal, 41-57.
- Raiol, L.C.B., Kuss, F., Silva, A.G.M., Soares, B.C.; Souza, K.D.S., Colodo, J.C.N., Lourenço Júnior, J.B., Ávila, S.C., 2012. Nutrient intake and digestibility of the lipid residue of biodiesel from palm oil in sheep. *Rev. Bras. Zoot.* 41, 2364-2368.
- Rêgo, A.C., Cândido, M.J.D., Pereira, E.S., Feitosa, J.V., Rêgo, M.M.T. 2010 Degradação de silagens de capim-elefante contendo subproduto do urucum. *Rev. Ciência Agron.* 41, 482-489.
- Sampaio, I.B.M., 1988. Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in the rumen and growth of ruminants, 114. (Thesis PhD) – University of Reading, Reading.
- Santos, S, Santos-Cruz, C.L., Rocha, J.B., Pires, A.J.V., Santos, I.P.A., Lima, T.R., Junqueira RS, 2012. Degradação ruminal da silagem de capim elefante com diferentes componentes de algaroba. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal Salvador*, 13, 123-136.
- Sullivan, H.M., Bernerd, J.K., Amos, H.E., Jenkins T.C., 2004. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. *J. Dairy Sci.*, 87, 665-671.
- Van Nevel, C., Demeyer, D.I. Manipulation of rumen fermentation. In: Hobson, H.D. (Ed.) *The rumen microbial ecosystem*. New York: Elsevier Science, 1988. p. 387-443

- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Segunda ed. Ithaca: Cornell University Press, 476.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, v.74, n.10, p.3583-3597.
- Zinn, R.A., 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. *J. Anim. Sci.* 67, 1038-1049.