



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO DA TORTA DE MACAÚBA (*Acrocomia
aculeata*) COMO VOLUMOSO PARA OVINOS**

EDUARDO GUIMARÃES BRANDÃO

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**BRASÍLIA – DF
Fevereiro – 2013**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO DA TORTA DE MACAÚBA (*Acrocomia
aculeata*) COMO VOLUMOSO PARA OVINOS**

EDUARDO GUIMARÃES BRANDÃO

Prof. Dr. SERGIO LUCIO SALOMON CABRAL FILHO
ORIENTADOR

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

BRASÍLIA – DF
Fevereiro - 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

AVALIAÇÃO DA TORTA DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) COMO VOLUMOSO PARA OVINOS

EDUARDO GUIMARÃES BRANDÃO

Matricula – 09/42651

Monografia de graduação apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção de grau de Médico Veterinário.

APROVADA POR:

Prof. Dr. SÉRGIO LÚCIO SALOMON CABRAL FILHO (Orientador)
Zootecnista / FAV-UnB

Dr. BRUNO STÉFANO LIMA DALLAGO (Examinador)
Médico Veterinário / FAV-UnB

Prof. Dr. CÁSSIO JOSÉ DA SILVA (Examinador)
Zootecnista / FAV-UnB

BRASÍLIA – DF
Fevereiro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

BRANDÃO, EDUARDO GUIMARÃES

Avaliação da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) como volumoso para ovinos / Eduardo Guimarães Brandão; orientação de Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho – Brasília, 2013.

38 p.: il.

Monografia de Graduação – Universidade de Brasília – UnB/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2013.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRANDAO, E. G. **Avaliação da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) na alimentação de ovinos.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV, Universidade de Brasília – UnB, 2013, 38 p. Trabalho Final de Graduação.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Eduardo Guimarães Brandão

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Avaliação da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) na alimentação de ovinos.

Grau: 3º **Ano:** 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Eduardo Guimarães Brandão

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Lúcio Salomon Cabral Filho, pela paciência e aos seus ensinamentos durante todos esses anos de estágio e orientação.

Aos estagiários e grandes amigos que me auxiliaram durante todo projeto.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa e do Centro de Manejo de ovinos (CMO) por me aguentarem os quatro anos de estágio e sempre estarem disponíveis quando precisei.

Aos responsáveis pelo Laboratório de Nutrição Animal pela força nas análises e pela paciência com as vidrarias quebradas.

Ao projeto PROPALMA – FINEP, por subsidiarem os experimentos com macaúba.

A todos os professores que tive durante os cinco anos de curso, que me ensinaram e me prepararam para ser um Médico Veterinário.

Ao meu pai por sempre acreditar e me incentivar, nos seus sonhos de leitor assíduo da “Globo Rural” e seus inventos na chácara que sempre me forçaram a me empenhar mais como veterinário.

A minha mãe por me amar incondicionalmente, e aguentar todos esses anos de macacões, calças jeans e botas sujas de odores dos mais peculiares.

A minha irmã que sempre esteve ao meu lado aguentando minhas loucuras e estresses da faculdade, mas mesmo assim me recebendo com um sorriso agradável “quase” todos os dias.

A minha avó materna (*in memorian*), a qual me lembro pouco mas que segundo histórias me ensinou, nos primeiros momentos da infância, a paixão pelos animais.

Ao meu avô materno (*in memorian*), que me ensinou as artes milenares com as criações na chácara, e que mesmo não ouvindo bem sempre possuía certo ar de serenidade.

Aos meus amigos da faculdade que sempre me ajudaram nas matérias difíceis e que me acompanharam na vida acadêmica e nas festas.

Aos meus amigos antigos que infelizmente devido à correria da faculdade ficaram um pouco distantes, mas que sempre estão por perto quando preciso.

E especialmente aos animais que me serviram de base de estudo e que participaram de toda minha vida dentro e fora da faculdade.

“Minha vida é andar
Por esse país
Pra ver se um dia
Descanso feliz
Guardando as recordações
Das terras por onde passei
Andando pelos sertões
E dos amigos que lá deixei...”

Luiz Gonzaga

RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira nativa das florestas tropicais, cujo fruto tem alto teor oleaginoso, que está sendo utilizada na produção de biodiesel, cujos coprodutos decorrentes da extração do óleo têm ampla utilização em dietas de ruminantes. Objetivou-se com este trabalho avaliar a digestibilidade aparente da torta de macaúba como volumoso e comparar seus valores aos da cana-de-açúcar a fim de demonstrar sua capacidade na incorporação de dietas de ovinos. Foram utilizados doze cordeiros mestiços da raça Santa Inês, sendo seis machos não castrados e seis fêmeas, com peso médio de $22,23 \pm 3,0$ kg. Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas em um delineamento ao acaso com três tratamentos e quatro repetições, sendo: M composto por torta de macaúba; CIN composto por cana *in natura*; CH composto por cana hidrolisada 1% como volumoso (50% da matéria seca), todos os tratamentos receberam os outros 50% da matéria seca na forma de um concentrado a base de farelo de soja e milho. O período experimental foi de 21 dias sendo 14 dias para adaptação dos animais e sete dias de coleta de dados. Foram colhidas amostras de sobras, fezes e urina para análises laboratoriais. O consumo da matéria seca da cana *in natura* foi o mais baixo. A digestibilidade aparente de quase todos os componentes nutritivos apresentaram semelhanças entre as dietas M e CH ($P > 0,05$). Apesar de possuir valores maiores de fibra em detergente neutro e ácido, 60,39% e 48,52%, respectivamente, a digestibilidade da fibra de macaúba foi de maneira similar ao da cana *in natura* e da cana hidrolisada, sendo intermediário entre elas. A dieta contendo macaúba apresentou maior digestibilidade da fração extrato etéreo ($P < 0,05$). Não houve diferença significativa na digestibilidade do fósforo e do balanço de nitrogênio entre os três tratamentos. Os valores de digestibilidade aparente da polpa de macaúba são semelhantes ao da cana hidrolisada e melhores que o da cana *in natura*, demonstrando a eficiência desse alimento como volumoso.

Palavras chave: digestibilidade aparente, biocombustível, hidróxido de cálcio, palmácea

ABSTRACT

Macaúba (*Acrocomia aculeata*) is a palm tree native to tropical forests, whose fruit has very high oil content, so that it has been employed in biodiesel production, and the by-products generated by the oil extraction process are widely used in ruminant diets. The aim of this study was to evaluate the apparent digestibility of macaúba cake as a roughage feed and to compare the results obtained with those obtained with sugarcane in order to demonstrate its potential as a sheep feedstuff. Twelve crossbred Santa Inês lambs, six non-castrated males and six females, with mean body weight of 22.23 ± 3.0 kg were used. The animals were kept in metabolic cages in a randomized design with three treatments and four repetitions: M - macaúba cake; CIN - fresh sugar cane; CH - 1% hydrolyzed sugarcane. These feedstuffs were offered as roughage feeds in the diets, accounting for 50 % of total dry matter offered, while the other 50% was offered as a concentrate formulated with soybean meal and corn grain. The experimental period was 21 days (14 days for adaptation and seven days of collection). Feed leftovers, urine and feces samples were collected for chemical analyses. The dry matter intake (DMI) of CIN was the lowest one ($P < 0.05$). The apparent digestibility of almost all nutritional components were similar for the treatments CH and M. Despite the elevated neutral detergent fiber and acid detergent fiber values, 60,39 % and 48,52, respectively, macaúba fiber digestibility was similar to CIN and CH, presenting intermediate values to them. The diet formulated with macaúba presented the highest ether extract digestibility ($P < 0.05$). There was no significant difference in phosphorus digestibility and nitrogen balance between the three treatments. The apparent digestibility values of macaúba pulp were similar to those of CH and higher than CIN, demonstrating its potential as roughage feed for sheep.

Keywords: apparent digestibility, biofuel, calcium hydroxide, palm tree.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	12
1.1 Macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>).....	12
1.1.1 Agroenergia.....	13
1.1.2 Alternativas para Alimentação Animal.....	15
1.2 Volumosos para Ruminantes.....	15
1.2.1 Cana-de-açúcar.....	16
1.2.2 Cana Hidrolisada.....	16
1.3 Análise de Alimentos.....	17
1.4 Técnica de Avaliação da Digestibilidade <i>in vivo</i>	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1 Localização e Caracterização do Experimento.....	20
2.2 Animais e Alimentos.....	20
2.3 Metodologia para Determinação da Digestibilidade <i>in vivo</i>	22
2.4 Análises Bromatológicas.....	22
2.4.1 Determinação da Matéria Seca (MS).....	22
2.4.2 Determinação da Matéria Mineral (MM).....	24
2.4.3 Determinação da Proteína bruta (PB).....	24
2.4.4 Determinação do Extrato Etéreo (EE).....	25
2.4.5 Determinação da Fibra Detergente Neutro (FDN).....	26
2.4.6 Determinação da Fibra Detergente Ácido (FDA).....	26
2.4.7 Determinação do Fósforo Inorgânico (Pi).....	27
2.4.8 Determinação do Nitrogênio da Urina (N).....	28
2.5 Análises Estatísticas.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: a) <i>Acrocomia aculeata</i> (Macaúba); b) Inflorescência; c) cacho de frutos; d) amêndoa.....	12
Figura 2: Ovinos confinados em gaiolas metabólicas.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição bromatológica (%) dos componentes e das dietas experimentais...21

Tabela 2: Quantidade (g) dos alimentos (matéria verde) nas dietas experimentais.....21

Tabela 3: Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio das dietas experimentais.....30

INTRODUÇÃO

O Brasil possui um rebanho ovino expressivo, que ultrapassa dezessete milhões de cabeças (FAO, 2010). Desse rebanho, 56,72 % encontra-se na região Nordeste, 28,11% na região Sul, 7,3 % na região Centro-Oeste, 4,5 % na região Sudeste e 3,37% na região Norte (IBGE, 2010).

O nível de produção esta se aperfeiçoando e trazendo com isso a necessidade de novas fontes de alimento que não competem com as do homem. Isso, aliado à questão de aproveitamento de subprodutos da indústria já existentes no mercado abrem portas para novas tecnologias de alimentos para os ruminantes.

Pesquisas sobre novas alternativas de alimentação para os ruminantes podem substituir de maneira eficaz os alimentos tradicionais, sendo que a viabilidade econômica para utilização desses subprodutos depende da disponibilidade regional dos mesmos.

Em face da demanda crescente por óleos vegetais para produção de biodiesel, as palmeiras cujos frutos contêm alto teor de óleo passaram a ter uma importância crescente. Dentre elas, destaca-se a macaúba (*Acrocomia aculeata*), que é abundante em áreas de cerrado (SILVA, 1994).

A palmeira macaúba apresenta grande potencial para a produção de óleo com vasta aplicação em setores industriais e energéticos, com vantagens sobre outras oleaginosas, principalmente com relação a sua maior rentabilidade agrícola e produção total de óleo (ROLIM, 1981).

Alem do óleo da polpa ter potencial para produção de biodiesel, o óleo da semente da macaúba tem propriedades cosméticas e pode ser utilizado na indústria farmacêutica. As plantas que apresentam os mais altos teores de óleo por fruto podem atingir níveis de produção de 1226 quilos por hectare. Do processo de extração de óleos são gerados também subprodutos, como carvão de alta qualidade para siderurgia, torta da polpa com 9% de proteína, que pode ser usada na alimentação animal ou queimada para geração de energia elétrica, e a torta da amêndoa, com 32% de proteína, que também pode ser usada na alimentação animal (WANDECK & JUST, 1988).

Vários trabalhos (BARRETO, 2008; AZEVEDO et al.,2012 ;SOBREIRA et al., 2012) o subtrato da macaúba como substituto do concentrado na alimentação dos ruminantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade aparente da torta de macaúba como volumoso e comparar seus valores aos da cana-de-açúcar a fim de demonstrar sua capacidade na incorporação de dietas de ovinos.

1. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

1.1 Macaúba (*Acrocomia aculeata*)

Acrocomia aculeata é uma palmeira nativa das florestas tropicais cujo estipe atinge de 10 a 15 m de altura e 20 a 30 cm de diâmetro. A região dos nós é coberta de espinhos escuros, pontiagudos com cerca de 10 cm de comprimento. Geralmente, o estipe é coberto pelas bases dos pecíolos, que permanecem aderidas a este por muitos anos. As folhas verdes, ordenadas em diferentes planos dando um aspecto plumoso à copa, são pinadas com comprimento variando de 4 a 5 m, apresentando aproximadamente 130 folíolos de cada lado e espinhos na região central (LORENZI et al., 1996; TEXEIRA, 1996, MIRANDA et al., 2001) (Figura 1).



Figura 1:a) *Acrocomia aculeata* (Macaúba); b) inflorescência; c) cacho de frutos; d) amêndoa
Fonte: www.cerradonline.blogspot.com.br

Entre as folhas destacam-se a espata de até 2 m comprimento, as inflorescências amarelas e os cachos de frutos de tom marrom-amarelado. As flores de coloração amarelo-claro são unissexuais e ambos os sexos aparecem numa mesma inflorescência. As flores femininas nascem na base da inflorescência e as masculinas no topo. Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm. O epicarpo (parte externa do fruto, com volume médio de 17% do total do fruto) rompe-se facilmente quando maduro. O mesocarpo (tecido organizado abaixo do epicarpo e sob o endocarpo,

mais conhecido como polpa e com volume médio de 52% do total do fruto) é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em carboidratos, de coloração amarelo ou esbranquiçado e comestível. O endocarpo (com volume médio de 31% do total do fruto) é fortemente aderido à polpa, com parede óssea enegrecida e a amêndoa oleaginosa, revestida de uma fina camada de tegumento. Cada fruto contém, geralmente, uma semente envolvida por endocarpo duro e escuro com aproximadamente 3 mm de espessura (BONDAR, 1964; SILVA, 1994; HENDERSON et al., 1995; SILVA, 1994; GRAY, 2005).

A frutificação ocorre durante todo o ano e os frutos amadurecem, principalmente, entre setembro e janeiro (LORENZI, 2006). Os principais polinizadores são coleópteros das famílias Curculionidae, Nitidulidae e Escarabaeidae. A inflorescência é visitada pelas abelhas do grupo *Trigonia*, que coletam o pólen das flores masculinas e polinizam as flores femininas (HENDERSON et al., 1995; SCARIOT, 1998). As sementes demoram de um a dois anos para germinar em condições naturais. Porém, por ocasião da escarificação do endocarpo e expostas a temperaturas maiores que 35°C, a germinação pode acontecer entre quatro e seis meses. As plântulas apresentam crescimento lento (GRAY, 2005).

Esta palmeira tem forte interação com a fauna, seus frutos integram a dieta de araras, capivaras, antas, emas entre outros animais, os quais são os dispersores das sementes (POTT; POTT, 1994).

Com ampla distribuição geográfica, ocorre em todo o Trópico Americano, o habitat da *Acrocomia aculeata* são áreas abertas e com alta incidência solar, sendo que esta palmeira se adapta a solos arenosos, baixas altitudes (100 a 1000 metros) e baixas precipitações ao longo do ano, mas com estação chuvosa bem definida (GRAY, 2005). No Brasil, é considerada a palmeira de maior disseminação, com ocorrência de populações naturais da macaúba em quase todo território, sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado (BONDAR, 1964; SILVA, 1994; HENDERSON et al., 1995). É considerada uma espécie pioneira, comum em áreas que sofreram intervenção antrópica recente, principalmente pastagens, sendo menos comum em matas nativas fechadas (MOTTA et al., 2002).

1.1.1 Agroenergia

Com a necessidade de novas fontes de energia sustentáveis baseadas na agroenergia, o setor de pesquisas vem buscando novos patamares de rendimento de óleo com maior concentração energética das espécies oleaginosas, passando do nível atual de

500 a 700 kg de óleo/ha obtido com as culturas tradicionais, em que se tem domínio tecnológico, como soja e mamona, para aproximadamente 5.000 kg de óleo/há com macaúba, proporcionando competitividade crescente ao biodiesel e promovendo a segurança energética nacional (BHERING, 2008).

As espécies perenes se apresentam, em longo prazo, como as de maior potencial para produção de biodiesel, considerando a alta produtividade de óleo e concentração energética (JUNQUEIRA, 2006). Os estudos de algumas espécies perenes como fonte de biodiesel estão sendo apurados pela Embrapa Agroenergia (JUNQUEIRA, 2006). As espécies que apresentam maior potencial são o dendê (*Elaeais guineensis Jaquim*); a macaúba (*Acrocomia aculeata (Jacq) Lood. ex Mart*); o pinhão-manso (*Jatropha curcas*); o pequi (*Caryocar brasiliense*); e o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). Tendo ênfase sobre condições edafo-climáticas distintas, incluindo biomas diversos, principalmente cerrado, caatinga e floresta amazônica.

Deste modo, há perspectivas reais da utilização da macaúba como matéria-prima para produção de biodiesel no Brasil. Onde esta palmácea se destaca pelo seu potencial para a produção de grandes quantidades de óleo por unidade de área.

O fruto é a parte mais importante da planta, cuja polpa é consumida *in natura* ou usada para extração de gordura comestível; a amêndoa fornece óleo claro com qualidades semelhantes ao da azeitona. Os frutos são formados por cerca de 17% de casca, 52% de polpa, 24% de endocarpo e 7% de amêndoa. Os teores de óleo são ligeiramente maiores na polpa (60%), em relação à amêndoa (55%). Assim como do dendê, são extraídos dois tipos de óleo da macaúba. Da amêndoa é retirado um óleo fino que representa em torno de 15% do total de óleo da planta, rico em ácido láurico (44%) e oléico (26%) (FCTMG, 1983), tendo potencial para utilizações nobres, na indústria alimentícia, farmacêutica, de cosméticos e também a de biocombustíveis para aviação, devido ao seu teor elevado de ácido láurico (CNPAAE, 2012).

O óleo extraído da polpa, com maior potencial para a fabricação de biodiesel, é dominado por ácido oléico (53%) e palmítico (19%) (FCTMG, 1983) e tem boas características para o processamento industrial, mas apresenta sérios problemas de perda de qualidade com o armazenamento. Assim como ocorre com o dendê, os frutos devem ser processados logo após a colheita, pois se degradam rapidamente, aumentando a acidez e prejudicando a produção do biocombustível.

Tem-se, ainda, como importante subproduto o carvão produzido a partir do endocarpo (casca rígida que envolve a amêndoa) (ALMEIDA et al., 1998). Ele tem um poder calorífico maior do que o do eucalipto, em virtude de sua composição química (maior teor de lignina) apresentando maiores rendimentos de carvão (SILVA et al., 1986).

1.1.2 Alternativas para Alimentação Animal

A busca de alternativas alimentares para os sistemas de produção animal é uma das mais promissoras áreas de pesquisas na nutrição animal. Cada vez mais interessa à sociedade como um todo evitar qualquer tipo de desperdício (alimentos, energia, tempo, recursos) e reduzir excessivos danos ambientais, tornando-se de suma importância à integração das atividades da agricultura com a produção animal, nos seus mais variados aspectos (SILVA, 2005).

Estudos de avaliação e utilização de novas alternativas tecnológicas, como subprodutos das agroindústrias e resíduos de colheitas podem trazer benefícios para a composição de dietas dos pequenos ruminantes, nas diferentes regiões do Brasil, garantindo, em muitos casos, a maior disponibilidade de alimentos e possível deslocamento da eficiência de produção (ARAÚJO & ALVES, 2005).

A torta da macaúba, resíduo da extração do óleo da polpa do fruto, pode ser um coproduto viável para a alimentação de ovinos, em razão da disponibilidade da palmeira (*Acrocomia aculeata (Jacq.)Lodd. Ex Mart.*). Análises químicas preliminares, realizadas nas tortas residuais do coco da macaúba, mostram que este coproduto poderia ser aproveitado na alimentação de ruminantes, principalmente pelo maior teor de gordura em comparação ao milho (BARRETO, 2008).

A torta de macaúba insere-se como uma vantagem competitiva comparada às outras tortas. O seu preço não sofre influência direta com a variação do preço dos grãos, como ocorre com tortas provenientes de outras oleaginosas (soja, amendoim, algodão) (COCAL, 2007).

1.2 Volumoso para Ruminantes

Diferentes tipos de alimentos volumosos podem ser utilizados na produção de ovinos, atualmente a terminação de ovinos em sistema de confinamento é uma tendência, pois diminui o ciclo de produção, melhora a qualidade da carcaça e diminui a mortalidade por verminose (CARDOSO et al., 2006). Os volumosos mais utilizados nesse tipo de sistema são a silagem de milho ou sorgo, o feno e a cana-de-açúcar. Esta última vem se destacando pelo menor custo de produção.

1.2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é um alimento caracterizado por apresentar dois componentes em maiores proporções: carboidratos solúveis e fibra em detergente neutro (FDN), sendo utilizada para várias categorias de bovinos, principalmente na recria (RODRIGUES et al., 1999). A utilização dos componentes da cana-de-açúcar é bastante diferente, isto é, enquanto os carboidratos solúveis são rapidamente fermentados no rúmen e de fácil aproveitamento pelo animal, o FDN é utilizado lentamente (PRESTON & LENG 1980).

O fornecimento de cana-de-açúcar como suplemento volumoso no período de estiagem é uma das práticas mais interessantes, considerando-se a disponibilidade de forragem neste período crítico. Entre todas as gramíneas tropicais, a cana-de-açúcar detém a produção máxima, com aproximadamente 86 toneladas de MS/ha/ano (FRANZOLIN NETO, 1989).

Os carboidratos estruturais da cana-de-açúcar são fonte potencial de energia de baixo custo para a alimentação desses animais. No entanto, tal potencial é limitado, em razão de sua baixa digestibilidade e taxa de degradação, com o conseqüente baixo consumo voluntário. Este fato se deve a qualidade da fibra, que é mais resistente ao ataque dos microrganismos ruminais, tendo grande potencial em causar repleção ruminal (MATOS, 1995). Outra limitação da cana é seu baixo teor de proteína bruta que pode ser corrigido com a adição de fontes de nitrogênio não proteico, a uréia corrigida com uma fonte de enxofre tem sido o mais utilizado.

1.2.2 Cana Hidrolisada

O consumo de alimentos é um aspecto fundamental na nutrição animal, uma vez que estabelece a ingestão de nutrientes e, portanto, determina a resposta do animal. Um ruminante alimentado à vontade só consegue ingerir quantidade limitada de cana-de-açúcar, uma vez que o consumo está diretamente relacionado ao conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN). Quanto maior o teor de fibra da cana-de-açúcar e menor a digestibilidade dessa fração, menor será o consumo desse volumoso, ou seja, a taxa de digestão da fibra da cana-de-açúcar no rúmen é muito baixa, e o acúmulo de fibra não degradada no rúmen limita o consumo.

Vários estudos (GARMO, 1986; ANDRADE, 2001; CARVALHO, 2006; KQWAS, 2007) têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcalis melhora a digestibilidade. O fenômeno mais associado ao tratamento alcalino de

volumosos é a solubilização parcial de hemicelulose, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose (BERGER, 1994). hidróxido de sódio (NaOH)

O é uma das substâncias alcalinas mais utilizada com esse propósito (PIRES, 2006). Apesar dos significantes benefícios da utilização do NaOH, na melhora do valor nutritivo de alimentos ricos em carboidratos estruturais, sua aplicação é limitada por ser considerado de elevado custo, nocivo ao homem, aos animais e ao meio ambiente.

A cal microprocessada, encontrada nas formas de cal virgem (óxido de cálcio - CaO) e cal hidratada (hidróxido de cálcio - Ca(OH)₂), surge como alternativa segura e de baixo custo ao hidróxido de sódio para o tratamento da cana-de-açúcar com o intuito de manter qualidades nutritivas desta forrageira por alguns dias sem a necessidade de cortes diários (OLIVEIRA et al., 2007).

A utilização dessa técnica fornece aos produtores melhor qualidade de vida, já que diminui a frequência de corte da forragem. Segundo Mota et al. (2010), a hidrólise com 0,5% de cal virgem ou cal hidratada mantém o valor nutricional da cana-de-açúcar, permitindo que a cana seja utilizada depois de até 60 horas de armazenamento, diminuindo o emprego de mão de obra e a necessidade de investimento em equipamentos.

1.3 Análises de Alimentos

A análise de alimentos é um dos fatores na nutrição animal que mais deve ser observada. Esta análise é feita para se conhecer a composição química e bromatológica dos alimentos. O método comumente utilizado desde 1864 para analisar os alimentos é o chamado Weende e as técnicas usadas atualmente são praticamente as mesmas com exceção da determinação do nitrogênio que é realizada pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990).

As análises mais comuns realizadas no laboratório são para determinar:

- Matéria Seca (MS);
- Cinza ou Matéria Mineral (MM);
- Proteína Bruta (PB);
- Extrato Etéreo ou gordura (EE);
- Fibra em Detergente Neutro (FDN);
- Fibra em Detergente Ácido (FDA);

Para separar melhor os componentes do alimento quanto aos aspectos químicos e nutricionais, foi proposto um modelo para analisar a parede celular por meio da fibra em detergente neutro (constituída por hemicelulose, celulose e lignina) e por meio da fibra em detergente ácido (constituída por celulose e lignina) (VAN SOEST, 1967).

Deste modo, atualmente existem métodos para obter informações suficientes sobre a composição dos alimentos, devido aos métodos de Weende e Van Soest. Com a análise do alimento pode-se determinar a quantidade do mesmo que pode ser utilizada para a formulação da dieta do animal, ou seja, o resultado de uma análise químico bromatológica torna-se uma importante ferramenta para o balanceamento correto da dieta dos animais, com maiores respostas em produção de lã, leite ou carne.

1.4 Técnica de Avaliação da Digestibilidade *in vivo*

De acordo com Berchielli, Garcia & Oliveira (2011), essa técnica consiste em obter de forma precisa a quantidade de alimento fornecido e a quantidade excretada em um determinado tempo proposto pelo experimento. Levando em conta que os animais já estejam adaptados à dieta, determinada por um período de adaptação.

Torna-se uma metodologia trabalhosa por necessitar de um maior número de animais (mínimo de quatro animais por tratamento), controle rigoroso da quantidade ingerida e excretada e instalações adequadas, mas é considerada a mais confiável.

Nesta técnica, o animal é colocado em gaiolas metabólicas que possibilitam liberdade de movimento, especialmente ao se levantar e deitar, alimentação individual e recipiente para coleta de urina e fezes separadamente. Na determinação, considera-se o alimento ingerido e os nutrientes recuperados nas fezes (coleta total de fezes), calculando-se a digestibilidade por diferença, podendo ser estudada a digestibilidade da matéria seca (DMS) e dos diferentes nutrientes (DN). Desta forma, temos que:

$$\text{DMS (\%)} = \frac{\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}}{\text{MS ingerida}} \times 100$$

$$\text{DN (\%)} = \frac{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ Nutriente}) - (\text{MS excretada} \times \% \text{ Nutriente})}{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ Nutriente})} \times 100$$

Em dietas com mais de um ingrediente, para a determinação da digestibilidade de um ingrediente isolado, pode-se utilizar do método da diferença (RYMER, 2000),

considerando que não haja efeito associativo entre os alimentos que constituem a dieta. A equação leva em conta o conhecimento prévio da digestibilidade dos outros componentes da dieta e, por diferença, obtém-se a digestibilidade do alimento teste que deve compreender a maior parte da dieta, sendo expressa:

$$\text{DMS} = \frac{\text{MS ingerida alimento teste} - (\text{MS excretada} - \text{MS excretada do alimento conhecido})}{\text{MS ingerida do alimento teste}}$$

A digestibilidade aparente obtida *in vivo* está em função da espécie animal (bovinos e ovinos), apesar desta ser uma variável de menor influência, e principalmente, da variação existente entre animais e do nível de consumo animal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Caracterização do Experimento

O experimento foi realizado no Centro de Manejo de Ovinos (CMO) na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, e as análises bromatológicas da torta de macaúba (*Acrocomia aculeata*), da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) *in natura* e hidrolisada, das sobras, do concentrado, fezes e urina foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal da FAV/FAL entre 01 março a 20 novembro 2012.

A macaúba utilizada foi procedente de uma cooperativa de produção de óleo localizada no município de Montes Claros - MG, sendo que a parte do fruto da macaubeira utilizado foi o endocarpo (apenas a polpa sem casca e sem amêndoa) em forma de blocos e posteriormente moído. A cana-de-açúcar foi cortada na própria Fazenda Água Limpa (FAL).

2.2 Animais e Alimentos

Foram utilizados doze cordeiros mestiços da raça Santa Inês, sendo seis machos não castrados e seis fêmeas, com idade média de oito meses e com peso médio de $22,23 \pm 3,0$ kg.

Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas (Figura 2) providas com bebedouro e comedouros, num delineamento ao acaso, em função do peso vivo, divididos em três tratamentos com quatro repetições (animais), onde cada tratamento possuía dois machos e duas fêmeas. O experimento teve duração de 21 dias, sendo os 14 primeiros dias destinados à adaptação dos animais as gaiolas e à dieta, e os sete dias restantes para coleta dos dados. Anteriormente, os animais foram vermifugados e realizado o corte e limpeza dos cascos.

A alimentação foi fornecida uma vez ao dia no período da manhã e ajustada de forma a manter as sobras em até 20% do oferecido. As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações da NRC (2007) (Tabela 1). As dietas foram constituídas de 50% da matéria seca de concentrado (62% de milho; 35% de farelo de soja; 2% de sal mineral), e outros 50% da matéria seca como volumoso contendo torta de macaúba, cana *in natura* e cana hidrolisada com cal hidratada (Ca(OH)_2) (Tabela 2).

Tabela 1. Composição bromatológica (%) dos componentes e das dietas experimentais com base na Matéria Seca

Alimentos/nutrientes	MS	PB	EE	FDN	FDA	MM	P
Concentrado	85,29	22,44	3,03	14,39	5,80	2,85	0,49
Torta de macaúba	89,57	8,19	5,83	60,39	48,52	4,08	0,23
Cana <i>In natura</i>	20,54	2,84	0,88	49,64	32,92	1,78	0,20
Cana hidrolisada	28,23	2,85	1,10	48,10	31,82	4,05	0,13
Dietas							
M	87,43	15,31	4,43	37,39	27,16	3,46	0,36
CIN	52,91	12,64	1,95	32,01	19,36	2,31	0,34
CH	56,76	12,64	2,06	31,24	18,81	3,45	0,31

M- dieta com torta de macaúba, CIN - dieta com cana *in natura*, CH - dieta com cana hidrolisada com 1% de Ca(OH)₂. Todas as dietas foram formuladas para a relação de 50% de volumoso e 50% de concentrado na matéria seca.

Tabela 2. Quantidade (g) dos alimentos (matéria verde) nas dietas experimentais

Dieta	M	CIN	CH
Macaúba	600	-	-
Cana <i>in natura</i>	-	2000	-
Cana hidrolisada	-	-	2000
Concentrado	600	600	600

M- dieta com torta de macaúba; CIN - dieta com cana *in natura*; CH - dieta com cana hidrolisada com 1% de Ca(OH)₂.



Figura 2: Ovinos confinados em gaiolas metabólicas

Fonte: acervo pessoa

A cana foi picada em picadeira estacionária diariamente, proporcionando tamanhos de partícula de aproximadamente 20 mm. Parte da cana era administrada *in natura*, e o restante era hidrolisada. Preparou-se a mistura da cal hidratada com água para cada 15 kg de cana-de-açúcar, mantendo-se as proporções de 1 kg de cal: 2 litros de água: 100 kg de cana. Em seguida a solução foi regada sobre a cana, e cuidadosamente o material foi homogeneizado. A cana hidrolisada foi fornecida até 48 h de armazenamento, sendo feita novo processo a cada dois dias.

2.3 Metodologia para Determinação da Digestibilidade *in vivo*

Após adaptação dos animais à dieta e à rotina do experimento, a partir do décimo quinto dia, foi colocado na gaiola metabólica um balde e saco plástico (25x10 cm), a fim de separar as fezes e urina dos animais.

Antes do fornecimento da dieta as sobras foram colhidas e pesadas em balança analítica, sendo uma amostra retirada e armazenada a -20°C, formando amostra compostas representando os dias de coleta.

As fezes foram pesadas diariamente em balança analítica e uma alíquota de 10 % foi colhida, misturando com as dos outros dias, e armazenada a -20°C. Sendo que após a retirada do saco plástico da gaiola, outro previamente identificado foi colocado no seu lugar.

A urina foi medida diariamente em uma proveta e uma alíquota de 10% foi retirada para formar a amostra composta por animal e armazenada a -20°C. Diariamente, 100 mL de ácido clorídrico 10% foram adicionados aos baldes coletores de urina, evitando-se assim perdas de nitrogênio volátil, sendo repostos imediatamente após a retirada do balde do dia.

No final do período de coletas, foi preparado um *pool* das amostras de cada animal, sendo congelados até posterior análises químico bromatológicas.

2.4 Análises Bromatológicas

2.4.1 Determinação da Matéria Seca (MS)

A determinação da Matéria Seca (MS) é o início da análise dos alimentos. As amostras foram acondicionadas em vasilhames de alumínio, previamente pesados, sendo que foram registrados os pesos das amostras verdes.

As amostras foram distribuídas de forma uniforme no vasilhame de alumínio a fim de expor o máximo de área à secagem. Então foram colocadas na estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 h para a realização da pré-secagem. Após este período as amostras foram retiradas da estufa e deixadas até a temperatura equilibrar com a do meio ambiente por duas a quatro horas. As amostras já com a temperatura equilibrada foram pesadas novamente para obter o peso da amostra pré-seca. Para calcular a porcentagem da matéria pré-seca, utilizou-se a equação:

$$ASA = (Ps \times 100) / Pv$$

Onde:

ASA = Porcentagem da matéria pré-seca;

Ps = Peso do material pré-seco;

Pv = Peso do material verde.

Então todas as amostras foram moídas em moinho tipo Willey. Após a moagem, colocou-se aproximadamente 2,0 gramas da amostra em cadinhos de porcelana, previamente tarados. Estes recipientes foram encaminhados para estufa com circulação forçada de ar a 105°C por 24 h e em seguida resfriados em dessecador, e pesados.

Para calcular a matéria seca definitiva, utilizou-se a equação:

$$MS = (P5 \times 100) / P3$$

Onde:

MS = Matéria seca definitiva;

P1 = Peso do recipiente vazio;

P2 = Peso do recipiente mais a amostra pré-seca moída;

P3 = P2 – P1 = Peso da amostra pré-seca moída;

P4 = Peso do recipiente mais a amostra seca;

P5 = P4 – P1 = Peso da amostra seca.

Dessa forma a umidade foi eliminada das amostras pela secagem em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60°C por 72 h (pré-secagem) e na estufa com circulação forçada de ar a 105°C por 24 h. E assim a matéria seca parcial (pré-secagem) ou total (secagem definitiva) é determinada gravimetricamente com o resíduo remanescente após a secagem.

2.4.2 Determinação da Matéria Mineral (MM)

Para determinar a matéria mineral ou cinzas, colocaram-se os recipientes (cadinhos) com amostra seca e moída em um forno mufla a 600°C por 4 h. Após o decaimento da temperatura, os cadinhos foram retirados da mufla e colocados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente. Em seguida, os cadinhos foram pesados em balança analítica e o material separado para futura determinação de fósforo.

Ressaltando que a matéria mineral refere-se ao resíduo inorgânico restante da queima da matéria orgânica, sem resquício de carvão. A sua determinação fundamentou-se na perda de peso ocorrida após a incineração do material em forno mufla a 600°C com a queima da matéria orgânica.

Para calcular a matéria mineral (MM), utilizou-se a equação:

$$\text{MM (\%)} = [(\text{peso do cadinho com as cinzas}) - (\text{peso do cadinho}) \times 100] / \text{peso das amostras}$$

2.4.3 Determinação da Proteína Bruta (PB)

Pesou-se 0,3 gramas de amostra pré-seca e moída e colocada em tubo de digestão. Adicionou-se a este tubo 1,0 grama de mistura digestora (10 partes de sulfato de sódio e uma parte de sulfato de cobre pentaidratado) e 5 mL de ácido sulfúrico. E então os tubos de digestão foram colocados em um bloco digestor à temperatura de 100 °C. E de forma gradativa, a temperatura do bloco digestor foi aumentada de 50 em 50°C até atingir 450°C. Os tubos foram deixados no bloco digestor até atingirem uma coloração verde claro. Após este processo os tubos ficaram cerca de uma hora esfriando e posteriormente foram colocados em suporte e cobertos.

Estes tubos de digestão foram, então, para a destilação. Na destilação ajustou-se um becker com 7,5 mL do indicador ácido bórico na saída do destilador. Colocou-se 10,5 mL de hidróxido de sódio no funil do aparelho e ligou-se o aquecedor, posteriormente abriu-se a torneira para deixar que o hidróxido de sódio escorra vagarosamente até reagir com a amostra advinda do bloco digestor. Fechou-se a torneira assim que escoou todo o hidróxido de sódio. Em seguida, esperou-se a formação de um volume de aproximadamente 60 mL no becker com o indicador ácido bórico. Retirou-se este becker para realização da titulação. A titulação da amostra destilada foi realizada com ácido clorídrico até que o indicador ácido bórico voltasse à coloração original. No momento que o indicador volta à coloração original anotou-se o volume de ácido clorídrico gasto na titulação.

Para calcular a porcentagem de nitrogênio presente na amostra titulada ou final, usa-se a equação:

$$N (\%) = (N \times F \times 0,014 \times V \times 100) / \text{peso da amostra seca}$$

Onde:

N = normalidade do HCl;

F = fator de diluição;

V = Volume de HCl gasto na titulação

Considerou-se que as proteínas contêm em média 16% de nitrogênio, desta maneira utilizou-se o fator 6,25 comumente usado para transformar a porcentagem de nitrogênio em proteína. Dessa forma se obtém a equação para determinar a proteína bruta (PB):

$$PB (\%) = (N \times F \times 0,014 \times V \times 6,25 \times 100) / \text{peso da amostra seca}$$

Onde:

N = normalidade do HCl;

F = fator de diluição;

V = Volume de HCl gasto na titulação

2.4.4. Determinação do Extrato Etéreo (EE)

Pelo método de Soxhlet, pesou-se aproximadamente 1,0 gramas de amostra pré-seca e moída. Esta amostra foi colocada em um papel filtro de 12,5 centímetros de diâmetro que foi dobrado em forma de cone. Este papel filtro já com 1,0 grama de amostra foi pendurado no cesto que vai para o extrator para a determinação de gordura.

Pesou-se o becker próprio para a determinação de extrato etéreo, após o becker ter sido seco em estufa de 105°C por um período de uma hora e resfriado no dessecador. Colocou-se aproximadamente 80 mL de éter etílico no becker e em seguida a amostra na cesta foi submersa no éter dentro do becker já no aparelho. Abriu-se a entrada de água para refrigeração do aparelho e então este foi ligado. Então se marcou um período de quatro horas após o início da fervura. Após quatro horas, fechou-se a saída do éter para recuperá-lo e em seguida retirou-se o becker de vidro com a amostra para determinar a gordura. Dessa forma deixou-se o becker por aproximadamente trinta minutos na estufa a 105°C para evaporar o éter restante. Em seguida esfriou-se o becker em dessecador e depois estes foram pesados. Para calcular a porcentagem de extrato etéreo (EE) utilizou-se a equação:

$$EE (\%) = [(P1 - P) \times 100] / \text{peso da amostra}$$

Onde:

P1 – Peso do becker mais a gordura;

P – Peso do becker.

2.4.5 Determinação da Fibra em Detergente Neutro (FDN)

A porção fibra em detergente neutro (FDN) engloba a hemicelulose, celulose e lignina. A amostra pré-seca e moída foi tratada com uma solução detergente que solubiliza o conteúdo celular e a parte não solubilizada é dita como o FDN. Pesou-se 0,5 gramas de amostra pré-seca e moída e o colocou em saquinho (11,0 x 5,5 cm) de papel TNT (tecido não tecido) feito de prolipopileno e viscose. O saquinho de TNT foi previamente lavado com detergente neutro e enxaguado por três vezes em água corrente, e imerso por uma hora em acetona, depois de retirada da acetona ele foi colocado na estufa de 65°C por 72 h, e posteriormente colocado na estufa 105°C por cerca 2 h, retirado e deixado em dessecador por no mínimo uma hora para esfriar até a temperatura ambiente. Em seguida os saquinhos de TNT foram pesados.

Após os saquinhos terem sido selados e pesados foram levados ao determinador de Fibra Modelo TE – 149. O aparelho extrai até 30 amostras por vez em uma temperatura de 90°C durante 30 min., e mais dois ciclos com água destilada de 30 min. Para retirada da solução detergente neutro.

Para preparo da solução detergente neutro usou-se: um litro de água destilada, 30,0 gramas de lauril sulfato de sódio, 10 mL de etileno glicol, 18,61 gramas de EDTA de sódio, 6,81 gramas de borato de sódio deca-hidratado e 4,56 gramas de fosfato de sódio anidro. A água destilada foi aquecida em um becker e posteriormente adicionou-se EDTA e borato de sódio em agitação, até que fossem dissolvidos. Em seguida, foram adicionados todos os reagentes, deixando por último o lauril. Ainda foi misturado a solução amilase, sendo 2 mL de amilase para 80 mL de solução neutra – detergente. Após total diluição a solução foi transferida para frascos de armazenagem de amostras.

Para calcular a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), usou-se a equação:

$$\text{FDN (\%)} = [(P_f - P_i) / \text{peso da amostra}] \times 100$$

Onde:

P_i = peso do saquinho vazio

P_f = peso do saquinho + amostra inicial (~0,5g)

2.4.6 Determinação da Fibra em Detergente Ácido (FDA)

A fibra detergente ácido (FDA) é a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen. Constituída na sua quase totalidade de lignina e celulose. A amostra tratada com solução ácido-detergente solubilizará a porção do

conteúdo celular (carboidratos solúveis, pectinas, proteínas, ácidos orgânicos) e a hemicelulose. O restante é denominado de FDA.

Os saquinhos provenientes do processo de FDN são levados ao determinador de Fibra Modelo TE – 149, utilizando a solução ácido-detergente. O aparelho extrai até 30 amostras por vez em uma temperatura de 90°C durante 30 min., e mais dois ciclos com água destilada de 30 min. Para retirada da solução detergente ácido.

Para preparo da solução detergente ácido usou-se: 972,3 mililitros de água deionizada, 27,7 mililitros de ácido sulfúrico concentrado e 20 gramas de brometo-cetiltrimetilamônio. Aqueceu-se a água deionizada em becker de 2000 mililitros no microondas e em seguida foi adicionado o brometo-cetil-trimetilamônio com agitação. Em capela, e em banho-frio adicionou-se o ácido sulfúrico utilizando um bastão de vidro para auxiliar. Esperou-se esfriar e a solução foi transferida para frasco de armazenamento de amostra.

Para calcular a porcentagem de fibra em detergente neutro (FDA), usou-se a equação:

$$\text{FDA (\%)} = [(\text{Pf} - \text{Pi}) / \text{peso da amostra}] \times 100$$

Onde:

Pi = peso do saquinho vazio

Pf = peso do saquinho + amostra inicial (~0,5g)

2.4.7 Determinação do Fósforo Inorgânico (Pi)

O método utilizado para determinação do fósforo foi o colorimetria, baseado na cor amarela do complexo formado por ácido fosfórico, ácido vanádico e ácido molíbdico. A coloração está com intensidade proporcional à concentração do fósforo na amostra, obtida pela oxidação por via seca da amostra (matéria mineral). Inicialmente, foi feita a digestão clorídrica onde a amostra incinerada (cinzas) é digerida com ácido clorídrico concentrado, filtrada e diluída para 100 mL com água deionizada.

Os cadinhos contendo as amostras incineradas, após determinação da matéria mineral, receberam quinze mililitros de uma solução clorídrica 2:1 (duas partes de água e uma parte de ácido clorídrico). Foram colocados em chapa aquecedora (200°C) até evaporação total da solução clorídrica. Em seguida, foi feita a filtragem para obter um extrato livre de impurezas sólidas a partir do qual foi feita a determinação do fósforo.

Em um suporte próprio, colocou-se o balão volumétrico de 100 mL, funil e papel filtro isento de fósforo (faixa azul com nove centímetros de diâmetro). A amostra digerida foi tombada dentro do funil com o papel de filtro. Lavou-se bem o cadinho com água

destilada para tirar o resíduo de amostra. Terminada a filtração, retirou-se o funil e o papel de filtro e completou-se o volume do balão até a marca com água destilada.

Após este procedimento, foram pipetados em tubos de ensaio 2,5 mL do extrato obtido na digestão clorídrica. Adicionou-se 2,5 mL de água deionizada em cada tubo e foram pipetados 2,0 mL de reagente misto em cada tubo. Para formar os foram pipetados em tubos de ensaio 5,0 mL de cada padrão e 2,0 mL de reagente misto em cada tubo, foram feitos duas repetições de cada padrão. Com as amostras e os padrões prontos colocou-se uma amostragem no espectrofotômetro e registrou-se o valor dado. A absorvância usada do espectrofotômetro foi de 420 NA.

Para preparo dos padrões colocou-se: 0; 5; 10; 15 e 20 mL de solução *stock* em balões volumétricos de 100 mililitros (utilizou-se 1 balão volumétrico para cada padrão). Então se adicionaram quatro mililitros de ácido sulfúrico 10N e foi completado o volume com água deionizada.

Para calcular o fósforo montou-se uma curva com os padrões sendo que para cada padrão e amostra teve-se uma leitura, da qual será descontada a leitura do branco ou padrão 0. Assim obteve-se:

- P1 = Padrão 0 = Leitura do padrão 0;
- P2 = Padrão 5 = Leitura do padrão 5 - Leitura do padrão 0;
- P3 = Padrão 10 = Leitura do padrão 10 - Leitura do padrão 0;
- P4 = Padrão 15 = Leitura do padrão 15 - Leitura do padrão 0;
- P5 = Padrão 20 = Leitura do padrão 20 - Leitura do padrão 0.

Para obter a porcentagem de fósforo de cada amostra, utilizou-se a seguinte equação:

$$P (\%) = [f \times (\text{leitura da amostra} - P1) \times \text{diluição} \times 40 \times 100] / 103 \times 103 \times \text{peso da amostra}$$

$$\text{Onde: } f = [(20/P2) + (40/P3) + (60/P4) + (80/P5)] / 4$$

2.4.8 Determinação do Nitrogênio na Urina (N)

Com auxílio de uma proveta foram coletados 5 mL de urina oriundas do *pool* preparado da coleta. Adicionou-se a este tubo 1,0 grama de mistura digestora (10 partes de sulfato de sódio e uma parte de sulfato de cobre pentaidratado) e 5 ml de ácido sulfúrico. E então os tubos de digestão foram colocados em um bloco digestor ligado a temperatura de 100°C. De forma gradativa, a temperatura do bloco digestor foi aumentada de 50 em 50°C até atingir 450°C. Os tubos foram deixados no bloco digestor até atingirem uma coloração

verde claro. Após este processo os tubos ficaram cerca de uma hora esfriando e posteriormente colocados no suporte e cobertos.

Estes tubos de digestão foram, então, para a destilação. Na destilação ajustou-se um becker com 7,5 mL do indicador ácido bórico na saída do destilador. Colocou-se 10,5 mililitros de hidróxido de sódio no funil do aparelho e ligou o aquecedor, posteriormente abriu-se a torneira para deixar que o hidróxido de sódio escorra vagarosamente até reagir com a amostra advinda do bloco digestor. Fechou-se a torneira assim que escorreu todo o hidróxido de sódio. Em seguida, esperou-se a formação de um volume de aproximadamente 60 mL no becker com o indicador ácido bórico. Retirou-se este becker para realização da titulação. A titulação da amostra destilada foi realizada com ácido clorídrico até que o indicador ácido bórico voltasse à coloração original. No momento que o indicador volta à coloração original anotou-se o volume de ácido clorídrico gasto na titulação.

Para calcular a porcentagem de nitrogênio presente na amostra titulada ou final, usa-se a equação:

$$N (\%) = (N \times F \times 0,014 \times V \times 100) / \text{peso da amostra}$$

Onde: N = normalidade do HCl;

F = fator de diluição;

V = Volume de HCl gasto na titulação

2.5 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS versão 9.0 (2002). Foram realizadas análises de variância pelo PROC GLM e após verificação da significância do teste F, as médias foram submetidas ao teste de Tukey com 95% de confiabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do consumo de matéria seca, da digestibilidade aparente da matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo, proteína bruta, fósforo e no balanço de nitrogênio das dietas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio das dietas experimentais

Tratamentos	M	CIN	CH	CV (%)	EPM
CMS(g)	1074,9 ^a ±23,68	764,4 ^b ±52,69	993,0 ^a ±139,4	9,23	87,12
DMS (%)	56,2 ^b ±3,78	49,4 ^c ±3,41	63,1 ^a ±2,87	6,01	3,38
DFDN (%)	22,4 ^{ab} ±6,05	11,8 ^b ±5,26	30,4 ^a ±7,04	28,63	6,16
DFDA (%)	16,8 ^{ab} ±6,5	11,1 ^b ±7,08	29,2 ^a ±7,51	37,01	7,04
DEE (%)	71,7 ^a ±6,21	51,1 ^b ±3,96	47,8 ^b ±9,76	12,41	7,06
DPB (%)	62,0 ^a ±2,99	54,4 ^b ±1,02	63,91 ^a ±3,22	4,33	2,6
DP (%)	58,9 ^a ±5,83	63,4 ^a ±8,29	67,2 ^a ±5,32	10,47	6,61
BN (%)	11,7 ^a ±2,43	9,3 ^a ±1,44	11,1 ^a ±1,87	18,24	1,95

a,b,c - Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, são diferentes pelo teste de Tukey com 95% de confiabilidade.

M – dieta com macaúba; CIN – dieta com cana *in natura*; CH – dieta com cana hidrolisada com 1% de Ca(OH)₂; CV(%) - coeficiente de variação; EPM - erro padrão da média; CMS - Consumo da matéria seca; DMS - digestibilidade aparente da matéria seca; DFDN - da fibra em detergente neutro; DFDA - da fibra em detergente ácido; DEE - do extrato etéreo; DPB - da proteína bruta; DP - do fósforo; BN - balanço de nitrogênio.

O consumo de matéria seca da cana *in natura* foi mais baixo ($P < 0,05$), o que pode ser explicado pela menor qualidade da fibra e perda de qualidade devido à fermentação no cocho. Pontes (2007) observou que houve queda no consumo da cana *in natura* após 24 horas de armazenamento, e quando houve adição de 0,5 ou 1% de cal na cana houve aumento médio de consumo.

Para quase todos os componentes nutritivos, exceto para o extrato etéreo, foram observados valores de digestibilidade semelhantes ($P > 0,05$) nas dietas que continham cana-de-açúcar hidrolisada e macaúba (CH e M) em relação à cana-de-açúcar *in natura* (CIN).

Oliveira et al. (2001) obtiveram média de 64,0% de digestibilidade da matéria seca (DMS) de seis variedades de cana-de-açúcar *in natura*, o que está acima dos 49,4% obtidos neste trabalho. Isso pode ter ocorrido devido às diferenças entre cultivares ou idade fenológica da cana-de-açúcar, que no presente experimento foi utilizada no período de março.

Apesar de possuir valores maiores de FDN e FDA, 60,39% e 48,52%, respectivamente (Tabela1), a digestibilidade da fibra da macaúba foi similar ao da cana *in natura* e hidrolisada, sendo intermediário entre elas. O processo de hidrólise foi eficiente na digestibilidade da cana hidrolisada, houve redução nos teores de FDN e FDA da cana hidrolisada em comparação à cana *in natura*. A redução nessas frações é resultado da solubilização parcial dos constituintes da parede celular, pois o efeito dos produtos alcalinos normalmente ocorre pela solubilização parcial da hemicelulose e pela expansão da celulose, o que facilita o ataque dos microrganismos do rúmen à parede celular (JACKSON, 1997).

A dieta contendo macaúba apresentou maior digestibilidade da fração extrato etéreo ($P < 0,05$), podendo ser uma boa opção para melhoria no desempenho e na qualidade de carcaça em cordeiros em terminação e ovelhas em lactação. Fonseca et al. (2012) demonstraram que a dieta contendo torta de macaúba pode fornecer os nutrientes necessários para que o cordeiro ganhe rendimento de carcaça satisfatório, bem como uma boa deposição de gordura. Onde a torta de macaúba pode ser incluída em dietas de confinamento em até 300 g/kg de volumoso, sendo 67,9 g/kg representado pelo extrato etéreo na matéria seca da dieta, sem afetar as medidas do corpo *in vivo* ou características de carcaça comparadas ao tratamento controle com silagem de sorgo. Sobreira et al. (2012) demonstraram que a utilização da casca e do coco de macaúba triturados podem ser utilizados para substituir até 40% do concentrado em um total de 2,5 kg/vaca/dia sem que haja efeito negativo sobre o desempenho em vacas mestiças lactantes produzindo em média 11 kg de leite/dia.

Rufino et al. (2011) em estudo sobre os efeitos do alto teor de extrato etéreo sobre os protozoários da microbiota ruminal de caprinos concluíram que a inclusão de torta de macaúba do nível de 5% da dieta não alterou a concentração média dos protozoários no líquido ruminal em comparação ao grupo controle (0% de inclusão), comprovando diversidade no ecossistema ruminal e sugerindo que esse subproduto pode ser uma alternativa segura para esses microrganismos ruminais.

Apesar do processo de hidrólise na cana ter diminuído a concentração de fósforo, não houve diferença de digestibilidade do fósforo entre as dietas ($P > 0,05$). A homeostase de fósforo (P) nos ruminantes é determinada basicamente pela secreção salivar de P (P endógeno) e pela excreção do excesso deste P através das fezes (SCOTF et al., 1985). As perdas endógenas fecais de P podem variar de acordo com a quantidade de P ingerido, com

a qualidade da dieta e com a individualidade animal (AFRC, 1991). Quanto maior o teor de fibra efetiva ingerida maior produção de saliva e excreção de P pelas fezes (BRAVO et al., 2003). Assim, os valores estatísticos obtidos podem ser explicados pelo fato das três dietas possuírem concentração de fósforo semelhante e os volumosos oferecidos teor de fibra considerável.

O balanço de nitrogênio não apresentou diferença ($P>0,05$) entre as três dietas, apesar da digestibilidade de proteína ter sido maior pra o tratamento com cana hidrolisada ($P<0,05$), podendo ter sido influenciadas por maiores perdas endógenas de nitrogênio. Segundo o ARC (1965), as perdas endógenas urinárias de nitrogênio são relativamente constantes e ocorrem em função do tamanho físico-corporal. Já o nitrogênio metabólico fecal é bastante variável em função da composição da dieta. Grande parte do nitrogênio metabólico fecal é derivado dos corpos microbianos que fogem à digestão intestinal acompanhando a matéria seca digerível (SWANSON, 1977). Outro fator interessante na perda endógena de nitrogênio é o gasto proteico nas perdas de pelo e secreções dérmicas, demonstrado no ARC (1980), o que pode ser condizente ao grupo de ovinos utilizados no experimento, sendo animais mestiços e alguns apresentando lã no dorso.

CONCLUSÕES

Os valores de digestibilidade aparente da polpa de macaúba são semelhantes ao da cana hidrolisada e melhores que o da cana *in natura*, demonstrando a eficiência desse alimento como volumoso para ovinos, sendo um alimento viável a ser utilizado em áreas de produção de biodiesel ou de fácil aquisição de subprodutos da macaúba.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (London, UK). Technical Committee on Response to Nutrients: **A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle**. Nutrition Abstracts and Reviews. Series II: Livestock Feeds and Feeding, Farnham Royal, v.61, n.9, p 573 - 612. 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). **The nutrient requirement of farm animals**. London, 1965.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). **The nutrient requirement of ruminants livestock**. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party. London, 1980, 351p.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado, espécies vegetais úteis**. Planaltina, DF: EMPRAPA-CPAC, 1998. 464 p.
- ANDRADE, J. B. de; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, G. **Valor nutritivo de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão-de-milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.36, p.1265-1268, 2001.
- ARAUJO, G. G. L.; ALVES, M. J. Uso de subprodutos na alimentação de caprinos e ovinos. In: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA EV-UFMG, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2005. 1 CD-ROM.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC, **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington D.C., 1141p, 1990.
- AZEVEDO, R. A. et. al. Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, vol. 47, n11, p. 1663-1668, 2012.
- BARRETO, S. M. P. **Avaliação dos níveis de inclusão da torta de macaúba (*Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) na alimentação de caprinos**. 2008. 102p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.
- BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição**. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. 2. ed., Jaboticabal: Funep, 2011, pag. 424-425.
- BERGER, L.L.; FAHEY JUNIOR, G.C.; BOURQUIN, L.D.; TITGEMEYER, E.C. **Modification of forage quality after harvest**. In: FAHEY JUNIOR, G.C. Forage quality, evaluation, and utilization. Wisconsin: ASA, 1994. p.922-966.
- BHERING, L. L.; LAVIOLA, B. G. ; MOLINARI, H. B. C. **Recursos Genéticos da Macaúba para a produção de óleos e produtos da bioenergia no Brasil**. In: II Simpósio Brasileiro de Recursos Genéticos, 2008, Brasília - DF. II Simpósio Brasileiro de Recursos genéticos, 2008. p. 386.

BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil**. São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, 1964. n.2; p. 50-554

BRAVO, D.; SAUVANT, D.; BOGAERT, C.; MESCHY, F. III: Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. **Reproduction and Nutrition Development**, v.43, p.285-300, 2003.

CARDOSO, A. R.; PIRES, C.C.; CARVALHO, S.; GALVANI, D. B.; JOCHIMS, F.; HASTENPFLUG, M.; WOMMER, T. P. Consumo de nutrientes e desempenho de cordeiros alimentados com dietas que contêm diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Ciência Rural**, v.36, p.215-221, 2006.

CARVALHO, G. G. P. de; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; MAGALHÃES, A. F.; FREIRE, M. A. L.; SILVA, F. F. da; SILVA, R. R.; CARVALHO, B. M. A. **Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de ureia**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.125-132, 2006.

COCAL-ENERGIA RESPONSÁVEL. **Cotações de farelo de macaúba**. 2007. Disponível em: <http://cocal.com.br/produtos/cotações-de-farelo-de-macauba/> Acesso em: 04 jan. 2013.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM AGROENERGIA EMBRAPA - CNPAE. **Macaúba no mercado de bioenergia**. 2012. Disponível em: <<http://www.cnpaembrapa.br/imprensa/noticias/macauba-no-mercado-de-bioenergia/>> Acesso em: 05 fev. 2013.

FONSECA, M. P. et al. Use of macaúba cake replacing corn on carcass characteristics and body measurements of Santa Inês lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.41, n.5, p.1231-1235, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAOSTAT**. Disponível em : <<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>>. Acesso em : 27 dez. 2012.

FRANZOLIN NETO, R.; ZANETTI, A. M.; HERLING, V. R. et al. **Efeito de diferentes níveis de dois compostos tamponantes sobre a digestibilidade de rações contendo bagaço de cana-de-açúcar hidrolisado como volumoso**. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.18, n.5, p.456-461, 1989.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (FCTMG). **Programa Energia – Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**: volume 1 – Estudo de oleaginosas nativas de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983. 152 p.

GARMO, T.H. **Treatment of straw with sodium, potassium and calcium hydroxide in laboratory scale**. Norway: Agricultural University of Norway, 1986. 60p. (Report, n.239).

GRAY, M. **Palm and Cycad Societies of Australia**. Austrália 2005. Disponível em: <<http://www.pacsoa.org.au/palms/Acrocomia/aculeata.html>>. Acesso em: 03 jan. 2103

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas** New Jersey: Princeton University, p.166-167, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da pecuária municipal - 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/default.shtm>>. Acesso em: 03 jan. 2013.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

JUNQUEIRA, N. T. **Fontes potenciais de matéria prima para produção de agroenergia**. Projeto de pesquisa. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados 2006. 290 p.

KAWAS, J. R.; GARCÍA-CASTILLO, R.; FIMBREZ-DURAZO, H.; GARZA-CAZARES, F.; HERNÁNDEZ-VIDAL, J.F.G.; OLIVARES-SÁENZ, E.; LU, C.D. Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of light-weight lambs fed finishing diets. **Small Ruminant Research**, v.67, p.149-156, 2007

LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart. - ARECACEAE: Bases para o extrativismo sustentável**. 2006. 156 f. Curitiba, 163p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1996. p. 1-20

MATOS, L. L. Perspectivas em alimentação e manejo de vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.147-155.

MIRANDA, I. P. A.; RABELO, A.; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de Palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT INPA, 2001. p. 7-10

MOTA, D. A. et al. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1186-1190, 2010.

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; OLIVEIRA Filho, A. T.; GOMES, J. B. V. **Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.7, p.1023-1031, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academic Press, 2007. 384p.

OLIVEIRA, B. Y. S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A. F. et al. Desempenho do bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumosos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...**

Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM. Nutrição de Ruminantes 6-0844.

OLIVEIRA, M. D. S.; ANDRADE, A. T.; BARBOSA, J. C. et al. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada ,in natura e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.41-50, 2007.

PIRES, A. J. V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G. G. P. de; SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F. **Bagço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, p.953-957, 2006.

PONTES, R. A. M. **Cana-de-açúcar in natura ou ensilada com óxido de cálcio e uréia em dietas de ovinos**. 2007, 54p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1994. 320p.

PRESTON, T. R.; LENG, R. A. 1980. **Utilization of tropical feeds by ruminants**. In: RUCKBUSH, T.; THIVELAND, P. Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Westport, AVI. p. 620-640.

RODRIGUES, A. de A.; BARBOSA. P. F. 1999. Efeito do teor proteico do concentrado no consumo de cana-de-açúcar com uréia e ganho de peso de novilhas em crescimento. **Rev. Bras. Zootec.**, 28(2): 421-424

ROLIM, A. A. B. Óleos vegetais: usos gerais. **Informe Agropecuário**; v.7, n. 82, p. 17-22, 1981.

RUFINO, L. M. A. et al. Efeitos da inclusão de torta de macaúba sobre população de protozoários ruminais de caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 40, n. 4, p. 899-903, 2011.

RYMER, C. **The Measurement of Forage Digestibility In Vivo**. In: GIVENS, D.I et al. (Eds.) *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford: CABI, 2000. P. 113-134.

SCARIOT, A. Seed dispersal and predation of the palm *Acrocomia aculeata*. **Principes**, Brasília, v.42, n.1, p.5-8, 1998.

SCOTF, D.; WHITELAW, F.G.; BUCHAN, W.; BRUCE, L.A. The effect of variation in phosphorus intake on salivary phosphorus secretion, nel intestinal phosphorus absorption and faecal endogenous excretion in sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.05, p.271-277, 1985.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, J. C. **Endocarpos de babaçu e macaúba, comparados à madeira de Eucalyptus grandis para a produção de carvão vegetal**.1986. 124p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba.

SILVA, J. C. **Macaúba**: fonte de matéria prima para os setores alimentícios, energético e industrial. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994. 41 p

SOBREIRA, H. F. et al. Casca e coco de macaúba adicionados ao concentrado para vacas mestiças lactantes em dietas à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, vol.2, n.1, p.113-117, 2012.

SWANSON, E. W. Factors for computing requirements of protein for maintenance of cattle. **Journal Dairy Science**, v.60, n.10, p.1583-93, 1977.

TEIXEIRA, E. *Acrocomia aculeata* In: TASSARO, H. **Frutas no Brasil**. São Paulo: Empresa das Artes, 1996, p.15.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to foragens. **Journal of Animal Science**, v. 26, n.1, p.119-128, 1967.