

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Produção Animal

Sarah Silva Santos

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FENOS DE RESÍDUOS DA
BANANICULTURA SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

Montes Claros
2020

SARAH SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FENOS DE RESÍDUOS DA
BANANICULTURA SUBMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE
SECAGEM**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal

Área de Concentração: Produção animal.

Orientadora: Luciana Castro Geraseev

Co-orientadora: Amália Saturnino Chaves

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dsc. Mário Henrique França Mourthé
(UFMG)

Prof. Dsc. Livia Vieira de Barros
(UFMG)

Prof. Dsc. Amália Saturnino Chaves
(UFJF)

Prof. Dsc. Luciana Castro Geraseev
Orientadora (UFMG)

Montes Claros 27 de fevereiro de 2020

Santos, Sarah Silva.

S237a
2020 Avaliação nutricional de fenos de resíduos da bananicultura submetidos a diferentes métodos de secagem / Sarah Silva Santos. Montes Claros, 2020.

81 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Animal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Luciana Castro Geraseev
Banca examinadora: Amália Saturnino Chaves, Lívia Vieira de Barros, Mário Henrique França Mourthé.

Inclui referências.

1. Nutrição -- Avaliação. 2. Feno como ração. 3. Ovino. I. Geraseev, Luciana Castro. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 636.084.4



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 27 dias do mês de fevereiro de 2020 às 1400 horas, sob a Presidência da Professora Luciana Castro Geraseev, D. Sc. (Orientadora/ICA-UFMG) e com a participação dos Professores Amália Saturnino Chaves, D. Sc. (Coorientadora/ICA-UFMG) Mário Henrique França Mourthé, D. Sc. (ICA/UFMG) e Livia Vieira de Barros, D. Sc. (ICA/UFMG), reuniu-se a Banca de defesa de dissertação de **SARAH SILVA SANTOS** aluna do Curso do Mestrado em Produção Animal. O resultado da defesa de dissertação intitulada

Avaliação nutricional de feno de resíduos da biomassa cultivada submetidos a diferentes métodos de secagem

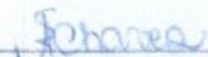
foi expresso pelo conceito "A" (nota 95), sendo a aluna considerada (aprovada/reprovada) aprovada. E, para constar, eu, Professora Luciana Castro Geraseev, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.


OBS: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 64 do regulamento do Curso do Mestrado em Produção Animal conforme apresentado a seguir.

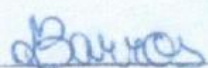
Art. 64 – Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do colegiado do Curso, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 27 de fevereiro de 2020.


Luciana Castro Geraseev
Orientadora


Amália Saturnino Chaves
Coorientadora


Mário Henrique França Mourthé
Membro


Livia Vieira de Barros
Membro

Dedico esta, bem como todas minhas demais conquistas, aos meus pais Geraldo e Beth e a minha irmã Stephanie.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser meu guia e fortaleza durante toda a realização desse trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro para realização desta pesquisa.

Aos meus pais, Geraldo e Beth, a quem dedico esta conquista, pelo amor incondicional, por terem sido meu exemplo e incentivo. Por estarem ao meu lado durante e torcerem por mim em todos os momentos. Sem vocês não seria possível.

A minha irmã Stephanie pelo carinho e apoio, que mesmo distante se fez presente.

Ao meu namorado, Guilherme, por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, sendo meu amigo e companheiro, tornando mais leve e fácil todas as jornadas.

A toda minha família pelos valores que me ensinaram, pela motivação e amor.

A minha avó Luiza, por todo carinho desde a minha chegada em Montes Claros.

A Professora Luciana, pela oportunidade de aprendizagem, confiança e amizade. Por não negar esforços para que esse trabalho fosse enfim concluído.

A professora Amália, pela amizade e orientação durante o trabalho.

A professora Neide, por estar sempre disponível para com amor e carinho cuidar dos animais do experimento.

Ao GENA, pelo importante suporte e pela ajuda durante todo o trabalho e pelo companheirismo. Foi essencial.

Ao Sérgio, por todo auxílio na realização das análises, por todo carinho e amizade.

A todos que ajudaram em todas as etapas do trabalho, que junto ao grupo GENA, fazem parte dessa conquista.

Aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado. Vocês tornaram mais leve essa jornada.

Ao João Pinto, por fornecer todo material de banana para execução desse trabalho.

A fazenda Santa Terezinha e ao Gabriel por fornecer os animais para o experimento.

Aos funcionários da fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias/UFMG por toda ajuda e disponibilidade.

Sem vocês esta conquista não seria possível, muito obrigada!

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inclusão dos resíduos da bananicultura submetidos a diferentes processos de secagem sobre o consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e parâmetros respirométricos em dietas de cordeiros em crescimento. Foram utilizados 20 cordeiros, com peso corporal médio de 20 kg, alojados em gaiolas metabólicas em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos: Feno *Cynodon* spp. como tratamento controle, fenos de pseudocaule de bananeira seco à sombra ou ao sol, e fenos de folha de bananeira seco à sombra ou ao sol. Foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes em gaiolas metabólicas e na sequência os animais foram transferidos para uma câmara respirométrica onde realizou-se a avaliação do consumo de oxigênio e produção de gás carbônico e metano (CH₄) dos animais mantidos *na manutenção e ad libitum* em sistema de respirometria de circuito aberto. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os consumos de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro não foram influenciados pelos tratamentos (P>0,05). Os fenos de pseudocaule em ambos métodos de secagem apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca (76,00%), matéria orgânica (76,75%) e fibra em detergente neutro (59,75%), possivelmente devido a presença de taninos nas folhas, já a digestibilidade aparente da proteína bruta não foi influenciada pelo tipo de feno ou método de secagem (P>0,05). Os consumos de energia digestível, metabolizável e líquida não foram influenciados pelo tipo de feno ou método de secagem. Para os parâmetros respirométricos os diferentes fenos e os métodos de secagem não

influenciaram nas trocas gasosas e produção de calor dos animais alimentados *ad libitum* ($P>0,05$). Já para os animais alimentados na manutenção houve variação na produção de CH_4 e coeficiente respiratório (CR). A perda de energia na forma de metano foi inferior para os animais alimentados com os fenos de folhas ($P<0,05$), possivelmente o tanino presente nas folhas tenha reduzido a produção de metano ruminal. O mesmo comportamento foi observado para o CR, sendo os menores valores observados para os fenos de folhas ($P<0,05$), reflexo, possivelmente, do menor teor de carboidratos não fibrosos nas dietas a base desses coprodutos.

Palavras chaves: Coproduto, Digestibilidade, Energia, *Musa* spp., Ovinos, Respirometria.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of including waste banana crop submitted to different drying processes on consumption, apparent digestibility of nutrients and respirometric parameters in diets of growing lambs. Twenty lambs were used, with an average body weight of 20 kg, housed in metabolic cages in a randomized block design, with five treatments: Hay *Cynodon* spp. as a control treatment, hay from banana leaves dried in the shade or in the sun, and hay from banana leaf dried in the shade or in the sun. The consumption and apparent digestibility of nutrients in metabolic cages were evaluated and the animals were subsequently transferred to a respirometric chamber where the assessment of oxygen consumption and production of carbon dioxide and methane (CH₄) of the animals in maintenance or *ad libitum* fed in open circuit respirometry system was measured. The data were analyzed in analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test at the level of 5% probability. The consumption of dry matter, organic matter, crude protein and neutral detergent fiber were not influenced by the treatments ($P>0.05$). The pseudostem hays in both drying methods showed higher digestibility coefficients of dry matter (76.00%), organic matter (76.75%) and neutral detergent fiber (59.75%), possibly due to the presence of tannins in leaves, the apparent digestibility of crude protein was not influenced by the type of hay or drying method ($P>0.05$). The consumption of digestible, metabolizable and liquid energy was not influenced by the type of hay or drying method. The different hays and drying methods did not influence the respirometric parameters, gas exchange and heat production of animals *ad libitum* fed ($P>0.05$). For the animals maintenance fed, there was variation in CH₄ production and respiratory coefficient (CR). The loss of energy in the form of

methane was lower for animals fed with leaf hay ($P < 0.05$), possibly the tannin present in the leaves reduced the production of ruminal methane. The same behavior was observed for CR, with the lowest values observed for leaf hays ($P < 0.05$), possibly reflecting the lower content of non-fibrous carbohydrates in the diets based on these by-product.

Key words: By-product, Digestibility, Energy, *Musa* spp., Sheep, Respirometry.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Composição bromatológica dos fenos <i>Cynodon</i> spp. (TIF), feno de pseudocaule seco ao sol (FPSL) ou à sombra (FPSM) e feno de folha seco ao sol (FFSL) ou à sombra (FFSM).....	44
Tabela 2-	Composição dos ingredientes e nutricional das dietas experimentais (% MS).....	45
Tabela 3-	Médias e coeficiente de variação (CV) de consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN) em g/dia ou g/UTM/dia de cordeiros alimentados com diferentes resíduos da bananicultura.....	49
Tabela 4-	Médias e coeficiente de variação (CV) da digestibilidade da matéria seca (DMS matéria orgânica (DMO) proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro (DFDN) de cordeiros alimentados com diferentes resíduos da bananicultura.....	50
Tabela 5-	Média e coeficiente de variação de consumo de energia digestível (CED), coeficiente de digestibilidade da energia (CDE), porcentagem de energia perdida nas fezes (FEZES), consumo de energia metabolizável (CEM), relação entre consumo de energia metabolizável e digestível (EM/ED), porcentagem de energia perdida na urina (URINA), porcentagem de energia perdida na forma de metano (METANO), consumo de energia líquida (CEL), porcentagem de energia perdida com o incremento calórico (IC) e	

porcentagem da energia ingerida que foi retida (ER) de ovinos alimentados com fenos de resíduos da bananicultura submetidos a diferentes métodos de secagem.....	54
Tabela 6- Consumo diário de oxigênio (O ₂), produção diária de dióxido de carbono (CO ₂) e de metano (CH ₄), produção diária de calor (PC) e coeficiente respiratório (CR) de ovinos alimentados com diferentes fenos mantidos a manutenção e <i>ad libitum</i>	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV -	Ácido Graxo Volátil
AOAC-	Association Of Official Analytical Chemists
ARC -	Agricultural Research Council
CDE -	Coeficiente de Digestibilidade da Energia
CFDN -	Consumo de Fibra em Detergente Neutro
CH ₄ -	Metano
CMO -	Consumo de Matéria Orgânica
CMS -	Consumo de Matéria Seca
CNF -	Carboidratos Não Fibrosos
CO ₂ -	Dióxido de Carbono
CPB -	Consumo de Proteína Bruta
CR -	Coeficiente Respiratório
CSIRO -	Common Wealth Scientific And Industrial Research Organization
CV -	Coeficiente de Variação
DFDN -	Digestibilidade da Fibra em Detergente Neutro
DMO -	Digestibilidade da Matéria Orgânica
DMS -	Digestibilidade da Matéria Seca
DPB -	Digestibilidade da Proteína Bruta
EB -	Energia Bruta
ED -	Energia Digestível
EL -	Energia Líquida
EM -	Energia Metabolizável
ER -	Energia Retida
FAO -	Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDA - Fibra em Detergente Acido

FDN - Fibra em Detergente Neutro

FFSL - Feno de Folha Seco Ao Sol

FFSM - Feno de Folha Seco À Sombra

FPSL - Feno de Pseudocaule Seco Ao Sol

FPSM - Feno de Pseudocaule Seco À Sombra

H₂ - Hidrogênio

H₂SO₄ - Ácido Sulfúrico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Incremento Calórico

MO - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

NH₃ - Amônia

NIDA - Nitrogênio Insolúvel em Detergente Acido

NIDN - Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro

NRC - National Research Council

O₂ - Oxigênio

PC - Produção de Calor

PB - Proteína Bruta

pH - Potencial Hidrogeniônico

TIF - *Cynodon* spp.

VO₂ - Consumo de Oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Panorama da produção de banana.....	17
2.2 Uso dos resíduos da bananicultura para alimentação de ruminantes .	18
2.3 Processo de fenação.....	19
2.4 Produção de Calor	21
2.5 Calorimetria.....	23
2.6 Formação e perda de metano entérico	25
3. REFERÊNCIAS	28
4. ARTIGOS.....	37
4.1 Artigo 1- Consumo e digestibilidade aparente de ovinos alimentados com resíduos da bananicultura	37
4.2 Artigo 2: Consumo de oxigênio, produção de metano e produção de calor de ovinos alimentados com fenos de resíduos da bananicultura	63
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos da bananicultura possuem potencial para alimentação animal, especialmente de ruminantes, entretanto de acordo com Coelho *et al.* (2001) grandes porcentagens dos resíduos da bananeira, principalmente folhas e pseudocaule, tendem a ser desperdiçadas e apenas uma pequena parcela dos resíduos, são utilizados na alimentação animal.

As folhas apresentam em média 10,04% de proteína bruta, 6,49% de extrato etéreo, 56,37% de nutrientes digestíveis totais e 71% de fibra em detergente neutro. O pseudocaule possui 3,42% de proteína bruta, 1,07% de extrato etéreo, 43,76% de nutrientes digestíveis totais e 78,83% de fibra em detergente neutro (GERASEEV *et al.*, 2013). O baixo teor proteico do pseudocaule implica na necessidade de suplementação desse nutriente. Além disso a presença de compostos fenólicos, como o tanino nas folhas podem influenciar na redução da produção de metano entérico (ADÃO; GLÓRIA, 2005).

A fenação é uma técnica de conservação de forragens versátil, pois desde que o feno seja armazenado adequadamente, pode ser utilizado por longos períodos com pequenas alterações no valor nutritivo atendendo o requerimento nutricional de diferentes categorias animais (REIS *et al.*, 2001).

Fatores como o tipo de secagem (ao sol ou a sombra) e número de viragens podem interferir na qualidade nutricional do feno obtido. Nascimento *et al.* (2000) avaliando a influência de seis métodos de secagem natural (ao sol e à sombra) para a produção de feno de alfafa (*Medicago sativa* L.)

constataram que havia uma diminuição na qualidade dos fenos quando eles permaneceram maior tempo sob o sol.

O tipo de feno e o método de secagem podem interferir na capacidade do animal em utilizar os nutrientes contidos na planta. Silveira Junior (2018) avaliando a degradabilidade *in situ* do feno de capim Tifton e do feno de pseudocaule de bananeira, observou que o resíduo é compatível com outros volumosos utilizados na alimentação de ruminantes, porém o autor considera o uso de suplementação proteica, devido ao baixo teor e baixa degradabilidade desse nutriente.

Apesar de ser uma alternativa volumosa e provavelmente reduzir a emissão de metano entérico, devido a presença de taninos, ainda são escassos trabalhos que avaliaram a digestibilidade dos nutrientes e conteúdo energético desses resíduos na alimentação de ruminantes. Assim, propõe-se neste estudo avaliar o efeito do fornecimento de fenos de resíduos da bananicultura (folha ou pseudocaule) submetidos a diferentes processos de secagem (sol ou sombra) sobre o metabolismo energético de cordeiros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama da produção de banana

A produção de bananas ocupa a primeira posição no ranking mundial de frutas, com aproximadamente 113,2 milhões de toneladas/ano e área de produção correspondente a 5,4 milhões hectares. Os continentes africano, americano e asiático são responsáveis pela maior produção da fruta, sendo a Índia, China, Indonésia e o Brasil os países com maior destaque no mundo (FAO, 2016).

O Brasil participa com 6% da produção mundial, com 6,7 milhões de toneladas/ano e área plantada de 469,7 mil hectares (FAO, 2016), sendo a região Norte com maior representatividade produtiva (cerca de 34%), seguida das regiões, Sudeste (33%), Sul (15%), Nordeste (13%) e Centro-Oeste (5%) (IBGE, 2017).

O estado de Minas Gerais é o quarto maior produtor, com área plantada de 41,5 mil hectares e produção de 685 mil toneladas/ano, atrás dos estados de São Paulo com 1.084 milhão de toneladas, Bahia com 866 mil toneladas e Santa Catarina com 712 mil toneladas/ano. A região norte de Minas Gerais é responsável por grande parte da produção estadual, sendo os municípios de Jaíba, Nova Porteirinha, Janaúba, Matias Cardoso e Verdelândia as seis cidades mais produtoras do estado, sendo município da Jaíba, considerado o terceiro mais produtivo do país (IBGE, 2017).

2.2 Uso dos resíduos da bananicultura para alimentação de ruminantes

As folhas e o pseudocaule são os principais resíduos oriundos da extração da banana, obtidos por meio das práticas de capina, controle cultural, desfolha, escoramento, ensacamento do cacho e corte da parte vegetativa após a realização da colheita (ALVES, 1999). Segundo Gonçalves Filho (2011) para cada tonelada de cacho colhido é gerado aproximadamente 3 toneladas de pseudocaule e 480 kg de folha.

O pseudocaule é considerado como um estipe, ou seja, é formado pelas bainhas das folhas sobrepostas com folhas dispostas em forma helicoidal e em conjunto, seguido de uma inflorescência e um cacho (COELHO *et al.*, 2001), podendo ser disponibilizados na alimentação animal na forma de feno, silagem ou no estado natural como fonte volumosa da dieta. A folha e o pseudocaule apresentam perfil bromatológico que possibilita o uso na alimentação animal. As folhas apresentam 10,04% de proteína bruta, 6,49% de extrato etéreo, 56,37% de nutrientes digestíveis totais e 71% de fibra em detergente neutro (GERASEEV *et al.*, 2013), entretanto a presença de compostos fenólicos podem restringir o uso na alimentação. As folhas apresentam aproximadamente 7,8 g/kg⁻¹ de taninos condensados, valor superior ao observado no pseudocaule de 3,9 g/kg⁻¹ (CARMO *et al.*, 2018). O pseudocaule possui 3,42% de proteína bruta, 1,07% de extrato etéreo, 43,76% de nutrientes digestíveis totais e 78,83% de fibra em detergente neutro (GERASEEV *et al.*, 2013), diante disso, o baixo teor proteico desse resíduo implica na necessidade de suplementação desse nutriente.

Carmo *et al.* (2018) afirmam ser viável a adição de fenos de folha e pseudocaule de banana em substituição ao feno de *Cynodon* spp. ao avaliarem

o consumo e a digestibilidade de nutrientes de cordeiros. Os autores observaram que os resíduos não impactaram significativamente sobre o consumo de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos e carboidratos totais, cujas médias foram de 1.086,8, 1.000,1, 182,7, 374,3, 194,7, 390,2 e 771,6 g/dia, respectivamente. Entretanto, houve redução na digestibilidade da FDN com a inclusão de 400 g kg⁻¹ de feno de folhas.

Carmo *et al.* (2016) avaliando características de carcaças e composição tecidual de cordeiros alimentados com fenos de pseudocaule e folha de bananeira, observaram que os tratamentos contendo pseudocaule promoveram maior desenvolvimento dos ovinos devido a menor concentração de lignina e taninos condensados desse resíduo. Silveira Junior (2018) também observou que o feno de pseudocaule é compatível com outros volumosos tropicais, como o Tifton, entretanto o autor afirma que seu uso deve ser acompanhado de suplementação proteica, devido ao baixo teor proteico e baixa digestibilidade desse nutriente.

Geraseev *et al.* (2013) analisando a viabilidade econômica da substituição do feno de *Cynodon* spp. por fenos de resíduos da bananicultura baseando-se na receita líquida, taxa de retorno e lucratividade, observou que o uso de 40% de feno de folha da bananeira promove maior viabilidade econômica em dietas de cordeiros.

2.3 Processo de fenação

A fenação ocorre por meio da desidratação do alimento com alto teor de umidade até atingir teor de MS que impeça a respiração celular e atividade de

microrganismos indesejáveis evitando a deterioração da forragem e permitindo a conservação do produto por maior período (EVAGELISTA; LIMA, 2013). O tamanho de partícula, espessura do colmo, teor de umidade, volume produzido, radiação solar, tempo de secagem e número de viragens estão associados a qualidade do produto obtido e preservação dos nutrientes (JOBIM *et al.*, 2001).

Os resíduos da bananicultura são normalmente fornecidos na forma de feno, submetidos a longos períodos de secagem, para obtenção do produto. Segundo Oliveira *et al.* (2014) para a confecção do feno de pseudocaule o material deve ser descamado e posteriormente exposto ao sol por 24 horas passando por uma pré-murcha para a remoção do excesso de umidade e posteriormente processado na picadeira e exposto ao processo de secagem.

A escolha do método de secagem é um fator importante para a qualidade do produto, isso porque a secagem ao sol promove a desidratação mais rápida, porém o excesso de calor favorece a oxidação de carboidratos não estruturais, aumento de componentes fibrosos e degradação proteica. Já a secagem a sombra ocorre lentamente, sendo necessário maior número de viragens e uma camada mais fina de material para secagem além de poder causar perda de carboidratos solúveis, proteínas e lipídios (ROTZ; ABRAMS, 1988)

Neres *et al.* (2010) trabalhando com quatro manejos no processo de secagem para a produção de feno de alfafa, observaram que o material exposto ao sol por longo período e o maior número de viragens pode reduzir a qualidade do feno quando avaliados os parâmetros de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, nitrogênio insolúvel em detergente neutro e lignina. Nascimento *et al.* (2000) também observaram redução nos teores PB, FDN e

FDA, possivelmente devido a diminuição da relação folha/caule com o emurhecimento ao sol, pois até perder 80% do peso, a sua relação folha/caule representou 41% daquela do material original. O material seco a sombra, no entanto, não apresentou redução da composição bromatológica, mas ocorreu desenvolvimento de fungos, ocasionado pelo excesso de umidade, resultando em depreciação da qualidade do produto.

2.4 Produção de Calor

A termogênese é o calor gerado no interior do organismo animal por meio da oxidação dos nutrientes e a energia liberada pelo metabolismo basal. O animal produz calor quando é capaz de metabolizar o alimento e transferir a energia contida para atender os seus requerimentos fisiológicos, geralmente relacionados com batimentos cardíacos, atividade endócrina, consumo de alimento, movimento muscular e produção de metano (MEDEIROS; VIEIRA, 1997). Segundo Brosh (2007) entre os principais fatores que interferem no gasto de energia estão: condições ambientais, produção de calor, nível de consumo alimentar, eficiência de utilização de energia para manutenção e produção.

A energia contida nos alimentos é representada por diferentes classificações: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). A EB é a energia total contida no alimento, porém essa energia não é disponibilizada totalmente para o animal pois ocorrem perdas durante o processo de metabolização. A ED corresponde a energia bruta do alimento descontando-se as perdas de energia pelas fezes (WEISS, 1993). A EM leva em consideração, além das perdas de energia pelas

fezes, as perdas por meio da urina e gases. Além das perdas citadas anteriormente, o valor de EL considera a perda de energia na forma de calor durante os processos de digestão, absorção, metabolismo e fermentação do alimento consumido. Essa energia gasta é chamada de incremento calórico. Após todos os processos de oxidação dos nutrientes, parte da energia é destinada para suprir o metabolismo basal dos animais e a restante destinada aos processos de produção (WARPECHOWSKI, 2005).

Segundo Lawrence; Fowler (1997) a produção de calor é corresponde ao calor gerado por animais alimentados, através da mastigação, digestão e absorção dos alimentos, ou seja, quando a taxa de energia metabolizável em termo neutralidade é exatamente o saldo da taxa de perda de calor. Para Castro Blue *et al.* (2007) ao calcular o equilíbrio energético do animal, a produção de calor representa um componente substancial do balanço de energia dos ruminantes.

Essa produção de calor pode ser determinada por diferentes métodos como por exemplo: técnica de abate comparativo, que determina a retenção de proteína, gordura e energia dos animais antes e após o abate. Essa técnica é pouco utilizada, pois inviabiliza repetições dos dados, diminuindo a margem de erros, além de serem executadas por maior tempo (CORBERT; BALL, 2002). A técnica de balanço de carbono e nitrogênio, baseia-se na determinação do calor gerado entre a ingestão de energia metabolizável e a quantidade de energia a partir dos teores de energia e proteína. Apesar de não mensurar o consumo de oxigênio, existe necessidade de utilizar analisadores de CH₄ e CO₂ e realizar coletas de fezes, urinas e sobras, o que dificulta a execução da técnica (LUJÁN, 2015). Outro método, é a calorimetria, que a partir do

consumo de O₂ e produção de CO₂ e CH₄ mensura os gastos energéticos dos animais. Atualmente é considerado o método mais adequado, pois apesar do alto custo de implantação, a técnica é capaz de mensurar de maneira acurada a produção de calor sem o abate ou longos períodos experimentais.

2.5 Calorimetria

A calorimetria é uma técnica desenvolvida para mensurar a produção de calor, ou seja, estimar a energia dissipada através oxidação de compostos orgânicos (RODRIGUEZ *et al.*, 2007), podendo ser avaliada de maneira direta ou indireta. A calorimetria direta mede a transferência de calor do organismo para o meio ambiente (SIMONSON; DEFRONZO, 1990), onde através de uma câmara calorimétrica é possível determinar a dissipação de calor do animal (radiação, convecção, condução e evaporação), através dos parâmetros de temperatura da água circulante (FERRANNINI, 1988).

A calorimetria indireta mede a produção de energia a partir das trocas gasosas do organismo com o meio ambiente, considerando que todo oxigênio (O₂) consumido é destinado a processos metabólicos, ou seja, oxidação dos nutrientes degradáveis, e todo gás carbônico produzido (oriundo da oxidação de substratos) é proveniente da respiração. A partir dessas variáveis torna-se possível calcular a quantidade total de energia produzida (SIMONSON; DEFRONZO, 1990).

A mensuração do O₂ gasto nos processos de oxidação, pode ser realizada por métodos distintos com equipamentos de circuito aberto ou fechado, através do uso de câmaras respirométricas, máscara facial, capuz de cabeça e entre outros. Apesar de serem executados de maneiras diferentes,

ambos os métodos consideram o consumo de O_2 para estimar a taxa metabólica do animal. Isso porque a quantidade de calor produzida para cada litro de O_2 utilizado, permanece constante independentemente do tipo de alimento consumido (FERREIRA, 2016).

Segundo YAMADA *et al.* (1989) os sistemas de circuito fechado analisam a produção de energia dentro de um ambiente fechado contendo oxigênio, onde através da quantidade de oxigênio consumido e quantidade de gás carbônico produzido é determinada a produção de calor. São ambientes artificiais e podem não expressar de forma correta o calor produzido. Já nos calorímetros de circuito aberto, as extremidades do sistema se comunicam com o meio ambiente. O ar inspirado é mantido separado do ar expirado por meio de um sistema de válvulas, e as alterações nos teores de O_2 , CH_4 e CO_2 são mensuradas (NRC, 1996).

Possas (2013) utilizando calorimetria indireta em sistemas de câmara respirométrica de circuito aberto, observaram parâmetros de consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono e calor de ovinos alimentados com silagens de três híbridos de milho (BRS 1035, BRS 1031 e BRS 1001) colhidos em três estádios de maturidade (pastoso, farináceo e farináceo-duro). O consumo diário de O_2 e a produção de CO_2 variaram de 23,0 a 32,06 L/UTM e 21,05 a 27,43 L/UTM, respectivamente. Para as silagens do híbrido BRS 1001, o consumo de O_2 e a produção de CO_2 foram superiores para os animais alimentados com as silagens colhidas no estádio farináceo-duro.

Velasco (2011) utilizando técnicas de calorimetria indireta para determinar a produção de calor de ovinos, não observou diferença estatística ($P > 0,05$) para o consumo de oxigênio (L/UTM) e para produção de dióxido de carbono

(L/UTM) de carneiros alimentados com capim *Brachiaria decumbens* verde nas diferentes idades avaliadas. Os valores de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono médios foram de 20,91 e 20,98 L/UTM respectivamente.

A relação entre o volume de dióxido de carbono produzido e volume de oxigênio consumido, trata-se do coeficiente respiratório e pode ser empregada para conhecer o tipo de substrato que está sendo oxidado pelo indivíduo em estudo. Os carboidratos e os lipídios são oxidados por completo até reduzirem a CO₂ e água. A digestão de alimentos proteicos, produz dióxido de carbono, água e liberam nitrogênio que é excretado pela urina. Os coeficientes respiratórios de carboidratos, proteína e gorduras são 1,0; 0,8 e 0,7, respectivamente (DIENER, 1997).

Ribas (2010) em estudo respirométrico com ovinos alimentados com híbridos de sorgo encontrou valores de CR entre 0,9 e 1,0 que são considerados normais para animais em manutenção tendo carboidratos como principais substratos energéticos. Para Castro (2008) o nível de consumo alimentar teve efeito sobre o CR superior a 1,0 observado em ovinos alimentados com silagem de capim Tanzânia colhido com 63, 84 e 107 dias. A variação foi de 1,03 a 1,14 possivelmente devido ao consumo estabelecido de volumoso *ad libitum*.

2.6 Formação e perda de metano entérico

O metano (CH₄) é formado por atividade das *Archeas* metanogênicas a partir da captação do hidrogênio presente no ambiente ruminal. O processo de fermentação dos nutrientes no rúmen ocorre por reações oxidativas através da

formação dos cofatores reduzidos NADH, NADPH e FADH que posteriormente são reoxidados por reações de desidrogenação (KOZLOSKI, 2002).

A metanogênese por sua vez ocorre a partir da remoção de quatro H₂ e um CO₂ presente no ambiente ruminal e através da redução de moléculas de formato. A redução da concentração de hidrogênio a partir da metanogênese garante melhor atividade ruminal, pois o acúmulo de H₂ pode levar a redução excessiva do pH e causar inibição da atividade das enzimas desidrogenases, que são responsáveis pelo processo de reoxidação dos cofatores reduzidos (JANSSEN; KIRS, 2008).

Apesar de auxiliar no melhor desempenho do rúmen, a formação do CH₄ durante a metanogênese pode ser avaliada como uma ineficiência metabólica, pois cerca de 2 a 12% da energia bruta oriunda dos alimentos é eructada na forma desse gás (JOHNSON; JOHNSON, 1995).

A concentração de metano produzido tem relação com a dieta fornecida e perfil de ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos, pois alimentos ricos em carboidratos fibrosos proporcionam maior produção de acetato e butirato liberando mais hidrogênio, e favorecendo a metanogênese. Entretanto dietas ricas em carboidratos não fibrosos promovem uma relação inversa entre o metano e o propionato, pois ocorre maior utilização de hidrogênio no rúmen reduzindo a metanogênese (MOSS *et al.*, 2000).

Doreau *et al.* (2011) observou produção de 6,9% de metano para dietas com alto percentual de carboidratos fibrosos e produção de 3,2% para dietas com alto teor de carboidratos não fibrosos, possivelmente relacionado ao perfil de AGV formados em ambas as dietas. Beauchemin; McGinn (2005) também observaram redução nas concentrações de CH₄ produzido em dietas contendo

maior percentual de cevada (38%) e milho (64%) quando comparadas com dietas fibrosas. Os autores correlacionaram a redução do metano ao perfil individual de AGV, pois quanto maior a proporção de propionato menor foi produção de metano.

A presença de compostos fenólicos, como o tanino, é outro fator que pode reduzir a produção de metano. Apesar de estar associado à diminuição do consumo voluntário e desempenho dos animais, quando consumido em pequenas concentrações pode atuar diretamente na metanogênese inibindo o desenvolvimento e ação das *Archeas* metanogênicas, além de reduzir a formação de hidrogênio livre (WOODWARD *et al.*, 2001).

Carulla *et al.* (2005), utilizando extrato de *Acacia mearnsii* com objetivo de aumentar o teor de taninos condensados em dietas a base de *Lolium perenne*, *Lolium perene* com trevo vermelho e *Lolium. perene* com alfafa para ovinos, observaram que a suplementação do extrato reduziu 13% em média a emissão de CH₄, a concentração de NH₃ e a excreção de nitrogênio urinário. Puchala *et al.* (2012) ao avaliarem caprinos alimentados com forragens, contendo taninos condensados, *Sericea lespedeza*, sorgo forrageiro e alfafa observaram menor produção de CH₄ com o uso da *S. lespedeza* (11,1, 17,6 e 18,8g CH₄/kg).

3. REFERÊNCIAS

ADÃO, R. C.; GLÓRIA, M. B. A. Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of Prata'banana (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*). **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 705-711, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.020>

ALVES, E. J. A **cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1999. 585 p.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. **Journal of animal science**, v. 83, n. 3, p. 653-661, 2005.

BROSH, A. Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review¹. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 85, n. 5, p.1213-1227, 2007. Oxford University Press (OUP). Doi: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-298>.

CARMO, T. D.; BARBOSA, P. M.; GERASEEV, L. C.; COSTA, D. S.; SELES, G. M.; DUARTE, E. R. Intake and digestibility of lamb fed diets containing banana crop residues. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 53, n. 2, p.197-205, fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200008>.

CARMO, T. D.; FRANÇA, X. A. A.; GERASEEV, L. C.; VIEGAS, C. R.; COSTA NETO, P. P.; DUARTE, E. R.; BAHIENSE, R. N. Carcass characteristics and tissue composition of commercial cuts of lambs fed with banana crop residues.

Semina: Ciências Agrárias, v. 37, n. 1, p. 393-404, 2016.

CARULLA, J. E.; KREUZER, M.; MACHMÜLLER, A.; HESS, H. D. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 56, n. 9, p. 961-970, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1071/AR05022>

CASTRO BULLE, F. C. P.; PAULINO, P. V.; SANCHES, A. C.; SAINZ, R. D. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science, Savoy**, v. 85, p. 928-936, 2007.

CASTRO, G.H.F. **Silagem de capim tanzânia (*Panicum maximum* cv Tanzânia) em diferentes idades**. 2008. 125 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

COELHO, R. R. P; MATA, M.; BRAGA, M. E. D. Alterações dos componentes nutricionais do pseudocaule da bananeira quando processado visando sua transformação em palmito. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 3, n. 1, p. 21-30, 2001.

CORBETT, J.L.; BALL, A.J. Nutrition for maintenance. In: Sheep Nutrition. Ed: FREER, M.; DOVE, H. **CAB International**: Wallingford, 2002. 385p.

DIENER, J. R. C. 1997. **Calorimetria indireta. Revista da Associação Médica Brasileira** 43:245-53.

DOREAU, M.; VAN DER WERF H. M. G.; MICOL, D.; DUBROEUCQ, H.; AGABRIEL, J.; ROCHETTE, Y.; MARTIN, C. Enteric methane production and greenhouse gases balance of diets differing in concentrate in the fattening phase of a beef production system. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 8, p. 2518-2528, 2011.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. Produção de feno. **Informe Agropecuário**, 34(277), 43-52. 2013

FERRANNINI, E. The theoretical bases of indirect calorimetry: A review. **Metabolism**, [s.l.], v. 37, n. 3, p.287-301, mar. 1988. Elsevier BV. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0026-0495\(88\)90110-2](http://dx.doi.org/10.1016/0026-0495(88)90110-2).

FERREIRA, P. F. C. **Application of an open circuit indirect calorimetry system for gaseous exchange measurements in small ruminant nutrition**. 2016. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado, Universitat Politècnica Devalència, València, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-
FAO. **Market and Policy Analyses of Raw Materials, Horticulture and
Tropical (RAMHOT) Products Team. Banana Market Review and Banana
Statistics 2014- 2015.** Rome, 2016.

GERASEEV, L. C.; MOREIRA, S. J. M.; ALVES, D. D.; AGUIAR, A. C. R.;
MONÇÃO, F. P.; SANTOS, A. C. R.; SANTANA, C. J. L.; VIEGAS, C. R.
Viabilidade econômica da utilização dos resíduos da bananicultura na
alimentação de cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Saúde e
Produção Animal**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.734-744, dez. 2013. FapUNIFESP
(SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402013000400017>.

GONÇALVES FILHO, L.C. **Utilização do pseudocaule de bananeira como
substrato da fermentação alcoólica: avaliação de diferentes processos de
despolimerização.** 2011. 98f. Dissertação (Mestrado) Universidade da Região
de Joinville, Joinville 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.
Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro, v. 44, p.1-49, 2017.

JANSSEN, P. H.; KIRS, M. Structure of the archaeal community of the
rumen. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 74, n. 12, p. 3619-3625, 2008.

JOBIM, C. C.; LOMBARDI, L.; GONÇALVES, G. D.; CECATO, U., DOS
SANTOS; G. T.; DO CANTO, M. W. Desidratação de cultivares de *Cynodon*

spp. durante o processo de fenação. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 795-799, 2001. Doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000300005>

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, E. Methane emissions from cattle. **Journal of animal science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995. Doi: <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>

KOZLOSKI, G.V. Bioquímica dos ruminantes. 1 ed. Santa Maria: UFSM, 2002. 140p.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V.R. Growth of farm animals. CAB International. 1997, 321p. Doi: doi.org/10.1079/9780851994840.0000

LUJÁN, M. C. L. **Development of a mobile open-circuit system based on indirect calorimetry for energetic metabolism studies in small ruminants.** 2015. 173 f. Tese (Doutorado), Universitat Politècnica Devalència, Valencia, 2015.

MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal.** Ministério da Educação e Cultura. UFRRJ, 1997

MOSS, A. R. Methane production by ruminants – Literature review of I. Dietary manipulation to reduce methane production and II. Laboratory procedures for estimating methane potential of diets. **Nutrition abstracts and reviews** (series B), v.64, p.785-806, 1994.

NASCIMENTO, J. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, A. C.; ARRIGONI, M. B. Influência do método de fenação e tempo de armazenamento sobre a composição bromatológica e ocorrência de fungos no feno de alfafa (*Medicago sativa*, L. cv. Flórida 77). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.669-677, 2000

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic Press, 1996.

NERES, M. A.; CASTAGNARA, D. D.; MESQUITA, E. E.; ZAMBOM, M. A.; SOUZA, L. C. D.; OLIVEIRA, P. S. R. D.; JOBIM, C. C. Production of alfalfa hay under different drying methods. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1676- 1683, 2010. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000800008>

OLIVEIRA, L. N.; CABRAL FILHO, S. L. S.; GERASEEV, L. C.; DUARTE, E. R.; ABDALLA, A. L. Chemical composition, degradability and methane emission potential of banana crop residues for ruminants. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 17, n. 2, p. 197-206, 2014.

PÔSSAS F. P. **Valor nutritivo das silagens de três genótipos de milho em três estádios de maturação**. 2013 126f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

PUCHALA, R.; MIN, B.R.; GOETSCH, A.L.; SAHLU, T. The effect of a condensed tannin containing forage on methane emission by goats. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 182-186, 2005. Doi: 10.2527/2005.831182x

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; PEDREIRA, M. S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, v. 1, p. 1-39, 2001

RIBAS, M. N. **Avaliação agrônômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes BMR - portadores de nervura marrom**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado)- Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais. 2010

RODRIGUEZ N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C. A calorimetry system for metabolism trials. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 59, n. 2, p.495-500, abr. 2007. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352007000200033>.

ROTZ, C. A.; ABRAMS, S. M. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest and storage. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 2, p. 350-0355, 1988.

SILVEIRA JÚNIOR, J. A. **Utilização de feno de pseudocaule de bananeira (Musa spp.) na alimentação de ovinos confinados**. 2018. 101 f. Tese

(Doutorado) - Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. 2018.

SIMONSON, D. C.; DEFRONZO, R. A. Indirect calorimetry: methodological and interpretative problems. **American Journal Of Physiology-endocrinology And Metabolism**, [s.l.], v. 258, n. 3, p.399-412, mar. 1990. American Physiological Society. Doi: <http://dx.doi.org/10.1152/ajpendo.1990.258.3.e399>.

VELASCO, F. O. **Valor nutricional da *Brachiaria decumbens* em três idades**. 2011. 106 f. Tese (doutorado). Universidade federal de minas gerais. Belo horizonte. 2013

WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WEISS, W. P. Predicting Energy Values of Feeds. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 76, n. 6, p.1802-1811, jun. 1993. Doi: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(93\)77512-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(93)77512-8).

WOODWARD, S.L.; WAGHORN, G.C.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R. Early indications that feeding lotus will reduce methane emissions from ruminants. In:

New Zealand Society Of Animal Production, 2001, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide: ACIAR, 2001. p.23-26.

YAMADA, T. M.; LIMA GONÇALVES, E.; WAITZBERG, D. L. Modelo de calorímetro indireto experimental. **Acta cir. bras**, v. 4, n. 1, p. 30-5, 1989.

4. ARTIGOS

4.1 ARTIGO 1- Consumo energético e digestibilidade aparente de ovinos alimentados com resíduos da bananicultura

(Artigo escrito de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB)

1 **Consumo energético e digestibilidade aparente de ovinos alimentados com resíduos**
2 **da bananicultura**

3

4 Sarah Silva Santos¹, Luciana Castro Geraseev¹

5

6 ⁽¹⁾ Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Regional de Montes Claros. Avenida
7 Universitária, 1.000– Bairro Universitário- Montes Claros, MG, CEP: 39.404-547
8 Montes Claros, MG, Brasil. E-mail: sarah.silva2@outlook.com, lgeraseev@gmail.com.

9

10 Resumo- Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inclusão dos resíduos da
11 bananicultura submetidos a diferentes processos de secagem sobre o consumo de energia
12 e digestibilidade aparente dos nutrientes em dietas de cordeiros em crescimento. Foram
13 utilizados 20 cordeiros, com peso corporal médio de 20 kg, alojados em gaiolas
14 metabólicas em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos: feno
15 *Cynodon* spp. como tratamento controle, fenos de pseudocaule de bananeira secos ao sol
16 ou à sombra e fenos de folha de bananeira secos à sombra ou ao sol. Os animais foram
17 mantidos em gaiolas metabólicas para avaliação do consumo e digestibilidade dos
18 nutrientes e depois transferidos para câmara respirométrica para mensuração da produção
19 de metano. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas
20 pelo teste Scott- Knott ao nível de 5% de probabilidade. Não foram observadas
21 diferenças ($P>0,05$) nos tratamentos para os consumos de matéria seca, matéria orgânica,
22 proteína bruta e fibra em detergente neutro. O feno de pseudocaule apresentou maiores
23 coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (76,00%), matéria orgânica
24 (76,75%) e fibra em detergente neutro (59,75%), já a digestibilidade aparente da proteína
25 bruta não foi influenciada pelo tipo de feno ou método de secagem. Os consumos de

26 energia digestível, metabolizável e líquida não foram influenciados pelo tipo de feno ou
27 método de secagem. Apesar da maior digestibilidade do feno de pseudocaule seco à
28 sombra, houve maior perda de energia na forma de metano com a utilização deste
29 resíduo, resultando em consumo de energia semelhante. A inclusão dos fenos de resíduos
30 da bananicultura submetidos a diferentes métodos de secagem não influencia o consumo
31 de nutrientes dos animais, entretanto o feno de pseudocaule seco à sombra proporciona
32 maior aproveitamento da matéria seca e fração fibrosa, sem alterar, contudo, o aporte
33 energético para o animal.

34 **Termos para indexação:** Alimentação Alternativa. Coproduto. Folhas. *Musa* spp.,
35 Pseudocaule.

36

37 **Energetic intake and apparent digestibility of sheep fed with waste banana crop**

38 Abstract- The objective of this work was to evaluate the effect of inclusion of waste
39 banana crop submitted to different drying processes on the energetic intake and apparent
40 digestibility of nutrients in diets of growing lambs. Twenty lambs were used, with an
41 average body weight of 20 kg, housed in metabolic cages in a randomized block design,
42 with five treatments: hay *Cynodon* spp. as a control treatment, sun dried or shaded
43 banana pseudostem hay and shaded or sun dried banana leaf hay. The animals were kept
44 in metabolic cages to assess nutrient consumption and digestibility and then transferred
45 to a respirometric chamber to measure methane production. The data were subjected to
46 analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test at the level of 5%
47 probability. There were no differences ($P>0.05$) in the treatments for the intake of dry
48 matter, organic matter, crude protein and neutral detergent fiber. The pseudostem hay
49 showed higher coefficients of apparent digestibility of dry matter (76.00%), organic
50 matter (76.75%) and neutral detergent fiber (59.75%), whereas the apparent digestibility

51 of crude protein was not influenced by the type of hay or drying method. The intake of
52 digestible, metabolizable and liquid energy was not influenced by the type of hay or
53 drying method. Despite the greater digestibility of dry pseudostem hay in the shade,
54 there was a greater loss of energy in the form of methane with the use of this residue,
55 resulting in similar energy intake. The inclusion of hay from waste banana crop at
56 different drying methods does not influence the nutrient intake of the animals, however
57 the dry pseudostem hay in the shade provides greater use of dry matter and fibrous
58 fraction, without changing, however, the energy supply for the animal.

59 **Index terms:** Alternative Food. Co-product. Sheets. *Musa* spp., Pseudocaule.

60

Introdução

61

62 O Brasil é responsável por 6% da produção mundial de banana, cerca de 6,7
63 milhões de toneladas são produzidas por ano sendo São Paulo, Bahia, Santa Catarina e
64 Minas Gerais os estados com maior representatividade produtiva (FAO, 2016). A
65 produção da fruta, gera também uma grande quantidade de resíduos, que normalmente
66 são inutilizados pelo produtor. Segundo Gonçalves Filho (2011) para cada tonelada de
67 cacho colhido são gerados aproximadamente 3 toneladas de pseudocaule e 480 kg de
68 folha.

69 A folha e o pseudocaule são resíduos da bananicultura que apresentam perfil
70 bromatológico viável para o uso na alimentação animal. As folhas apresentam 10,04%
71 de proteína bruta, 6,49% de extrato etéreo, 56,37% de nutrientes digestíveis totais e
72 71% de fibra em detergente neutro (GERASEEV et al., 2013), entretanto a grande
73 quantidade de tanino presente nas folhas pode restringir o uso na alimentação. Segundo
74 Carmo et al. (2018) os fenos de pseudocaule e folha apresentam, respectivamente 3,9 e
75 7,8 g/kg⁻¹ de taninos condensados. O pseudocaule possui 3,42% de proteína bruta, 1,07%
76 de extrato etéreo, 43,76% de nutrientes digestíveis totais e 78,83% de fibra em
77 detergente neutro (GERASEEV et al., 2013).

78 A folha ou o pseudocaule podem ser fornecidos na forma de feno, visando a
79 possibilidade do armazenamento do alimento sem perda da qualidade nutricional. Por
80 isso, determinar se a secagem irá ocorrer ao sol ou à sombra é importante, uma vez que
81 a secagem ao sol promove a desidratação mais rápida, porém o excesso de calor
82 favorece a oxidação de carboidratos não estruturais, aumento de componentes fibrosos e
83 degradação proteica. Já à secagem à sombra ocorre lentamente, sendo necessário maior
84 número de viragens e uma camada mais fina de material para secagem além de poder
85 causar perda de carboidratos solúveis, proteínas e lipídios (ROTZ; ABRAMS, 1988).

86 Poucos estudos avaliaram o efeito do método de secagem durante a fenação de
87 resíduos. Barbosa (2019) avaliando parâmetros sanguíneos de ovinos alimentados com
88 coprodutos da bananicultura submetidos a dois métodos de secagem, observou que o
89 feno de pseudocaule e folha da bananicultura desidratados ao sol ou à sombra
90 apresentaram variáveis de hemograma e bioquímica sérica dentro da normalidade,
91 indicando que esses coprodutos poderiam ser utilizados na composição das dietas desses
92 animais.

93 O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos por meio de ensaios de
94 digestibilidade aparente podem determinar o fornecimento de energia ao longo do
95 processo de digestão e auxiliar na predição do desempenho dos animais. Com isso,
96 objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inclusão dos resíduos da
97 bananicultura submetidos a diferentes processos de secagem sobre o consumo de
98 energia e digestibilidade aparente de nutrientes em cordeiros.

99

100

Material e Métodos

101

102

103

Os procedimentos adotados com os animais nesta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais sob o protocolo número 270/2016.

104

105

106

O experimento foi conduzido nas dependências do setor de Ovinocultura, no laboratório de Respirométrica (LACA) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, no período de abril 2018 a março de 2019.

107

108

109

110

Foram utilizados 20 ovinos Santa Inês x Dorper, machos não castrados, com aproximadamente 20 kg de peso corporal médio, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso. Os blocos foram definidos em função do peso e idade dos animais. Foram avaliados cinco tratamentos: feno de *Cynodon* spp. (TIF), feno de folha de bananeira seco

111 ao sol (FFSL) ou à sombra (FFSM); feno de pseudocaule da bananeira seco ao sol (FPSL)
112 ou à sombra (FPSM).

113 O feno *Cynodon* spp. foi obtido no comércio local, já as folhas e os pseudocaules
114 foram adquiridos em uma fazenda próxima ao município de Montes Claros. Para
115 produção do feno o pseudocaule foi cortado em blocos e processado em um
116 desintegrador. As folhas foram previamente separadas e posteriormente
117 processadas. Depois de picadas, as folhas e os pseudocaules foram homogeneizados
118 separadamente e secos sob o sol ou sombra. A secagem à sombra ocorreu em um galpão
119 arejado e ventilado livre da incidência solar. Posteriormente foram realizadas análises
120 bromatológicas dos fenos para balanceamento das dietas (tabela 1).

121

122 **Tabela 1.** Composição bromatológica dos fenos *Cynodon* spp. (TIF), feno de
 123 pseudocaule seco ao sol (FPSL) ou à sombra (FPSM) e feno de folha seco ao sol (FFSL)
 124 ou à sombra (FFSM)

	MS (%)	PB (%)	MM (%)	FDN (%)	FDA (%)	EE (%)	CNF (%)
TIF	90.85	7.76	4.36	64.75	38.03	1.51	21.62
FPSL	88.90	4.95	14.41	62.71	45.32	0.45	17.94
FPSM	82.88	4.45	11.92	58.75	45.79	0.62	22.22
FFSL	89.16	10.04	12.26	69.92	48.69	5.57	2.97
FFSM	90.19	10.27	12.45	61.93	44.06	4.72	11.23

125 MS: Matéria seca. PB: Proteína bruta. MM: Matéria Mineral. FDN: Fibra em Detergente
 126 Neutro. FDA: Fibra Detergente Ácido. EE: Extrato Etéreo. CNF: Carboidrato Não
 127 Fibroso

128

129 As dietas experimentais foram elaboradas com os diferentes tipos de fenos e uma
 130 mistura concentrada contendo farelo de soja, milho, suplemento mineral e vitaminas
 131 (Tabela 2) balanceada de acordo com as recomendações do NRC (2007) para cordeiros
 132 em manutenção com relação concentrado volumoso de 30:70.

133

134 **Tabela 2.** Composição dos ingredientes e nutricional das dietas experimentais (% MS)

Ingredientes (%)	Tratamentos				
	TIF	FPSL	FPSM	FFSL	FFSM
Cynodon spp.	70.00	-	-	-	-
Feno de folha	-	-	-	70.00	70.00
Feno de Pseudocaule	-	70.00	70.00	-	-
Farelo de soja	8.19	16.82	15.19	7.77	7.43
Milho	17.27	12.40	14.00	17.59	17.84
Suplemento Mineral vitamínico	4.31	0.41	0.5	4.33	4.52
Calcário Calcítico	0.23	0.37	0.31	0.31	0.21
Nutrientes (% MS)					
MS	90.58	87.25	84.36	88.45	89.32
PB	10.98	11.17	10.22	12.51	12.52
MM	6.63	12.94	11.43	11.48	11.02
FDN	53.25	49.90	47.44	56.96	49.99
FDA	28.99	33.22	34.86	37.40	33.21
EE	1.97	1.24	1.07	4.53	4.01
CNF	27.17	24.75	29.83	14,52	22,46

135 TIF: Feno *Cynodon* spp. FPSL: Feno de Pseudocaule seco ao sol. FPSM: Feno de
136 pseudocaule seco a sombra. FFSL: Feno de Folha Seco ao sol. FFSM: Feno de Folha
137 Seco ao Sol. MS: Matéria seca. PB: Proteína bruta. MM: Matéria Mineral. FDN: Fibra
138 em Detergente Neutro. FDA: Fibra Detergente Ácido. EE: Extrato Etéreo. CNF:
139 Carboidrato Não Fibroso. Composição do premix mineral vitamínico: cálcio- 168 150g;
140 fósforo - 65g; sódio - 130g; flúor - 50 mg; enxofre - 12g; magnésio - 10g; ferro - 1000
141 mg; manganês 169 - 3000mg; cobalto - 80mg; zinco - 5000mg; Iodo - 60 mg; selênio -
142 10 mg; Vitamina A - 50000 U. I.; 170 Vitamina E - 312 U. I.

143 Os animais foram adaptados às dietas e condições experimentais durante 15 dias em
144 gaiolas metabólicas com dimensionamento de 1,0 m de largura, 1,2 m de comprimento e
145 1,30 m de altura, equipadas com baldes para água, e cochos para o volumoso e
146 concentrado. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, em horários pré-
147 estabelecidos às 7:00 e às 16:00 horas. Após a adaptação, foram coletadas amostras dos
148 alimentos fornecidos, sobras, fezes e urina, durante cinco dias.

149 As dietas fornecidas, as sobras e fezes foram mensuradas e amostradas diariamente.
150 Posteriormente as amostras simples foram colocadas em um mesmo recipiente e
151 homogeneizadas para a formação da amostra composta. A urina foi coletada em baldes
152 plásticos, sendo que em cada balde foi colocado 100 ml de solução H₂SO₄ a 10% para
153 evitar perdas nitrogenadas.

154 As amostras compostas da dieta, sobras e fezes foram secas em estufa de
155 ventilação forçada a 55°C ± 5°C durante 72 horas e processadas em moinho do tipo
156 Willey com peneira de 1 mm. Após essa fase as amostras foram analisadas para
157 determinar os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE),
158 fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) matéria orgânica
159 (MO), carboidratos não fibrosos (CNF), conforme INCT-CA (DETMANN et al., 2012).
160 O teor de energia bruta (cal/g) dos diferentes fenos e concentrados, sobras, urina e fezes
161 foi determinado em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 208, segundo a
162 metodologia proposta por AOAC (2006).

163 As amostras de urina foram analisadas para determinação do teor de nitrogênio
164 total de acordo com AOAC (2006).

165 Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir da diferença entre a
166 EB das dietas, sobras e fezes. A energia metabolizável EM foi determinada através da
167 diferença entre ED e energia perdida na forma de gases (metano) e urina. A energia

168 líquida (EL) foi determinada através da diferença entre a EM e o incremento calórico
169 (IC). O coeficiente de digestibilidade de energia (CDE) foi calculado a partir dos dados
170 de EB das dietas, sobras e fezes.

171 A energia perdida na forma de metano e o incremento calórico foi determinada em
172 sistema de câmara respirométrica de circuito aberto, sendo que as mensurações das
173 trocas gasosas ocorreram individualmente por período de 20 horas/animal após o
174 período destinado as coletas de digestibilidade. Para tanto, o ar atmosférico entrou na
175 câmara em um fluxo de acordo com o peso do animal (1 litro/Kg de peso vivo) por
176 minuto e foi misturado ao ar expirado pelo animal, sendo coletadas amostras a cada 6
177 minutos por um período de 20 horas para a determinação das concentrações de O₂ e
178 CO₂. A concentração máxima permitida de CO₂ foi de 1,0 %. O consumo de O₂ e a
179 produção de CO₂ foram calculados baseados no volume e na composição do ar que
180 entra comparado com o ar que sai (CHWALIBOG, 2004).

181 A temperatura dentro da câmara respirométrica foi mantida próxima aos 22° C
182 através de um aparelho de ar condicionado mantido em seu interior, de modo a
183 assegurar conforto térmico ao animal. Os resultados das concentrações dos gases e fluxo
184 de ar foram automaticamente registrados pelo software Expedata da Sable Systems
185 International, que por diferença entre a composição do ar que entrou e do que saiu da
186 câmara, permite os cálculos dos volumes de O₂ consumido e de CO₂ e CH₄ produzidos
187 pelos animais.

188 O cálculo da produção de calor foi realizado de acordo com a equação de Brouwer
189 (1965):

$$190 \quad PC \text{ (kj/dia)} = 16,18VO_2 + 5,02VCO_2 - 5,99Nu - 2,17CH_4$$

191 Onde:

192 VO₂ = volume de O₂ consumido;

193 V_{CO_2} = volume de CO_2 produzido;

194 V_{CH_4} = volume de CH_4 produzido;

195 Nu = nitrogênio, em gramas, excretado na urina.

196 Para a transformação dos dados em calorias foi utilizado como referência o valor
197 de 1 joule correspondente a 0,239 calorias.

198 A perda de energia do metano foi quantificada, assumindo-se o valor de 9,45
199 kcal/L de metano produzido, segundo Brouwer (1965).

200 Para determinação do incremento calórico foi mensurada a produção de calor dos
201 animais alimentados e posteriormente em jejum. O jejum teve duração de 48 horas e
202 após este período os animais foram transferidos para câmara respirométrica, ainda em
203 jejum, para mensuração da produção de calor por um período de 20 horas. Dos valores
204 de produção de calor obtidos com os animais alimentados foram descontados os valores
205 para o mesmo animal em jejum, para o cálculo de IC.

206 A porcentagem da Energia Retida (ER) foi determinada pela diferença entre a
207 Energia Líquida e a Energia Bruta das dietas.

208 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote
209 estatístico SISVAR e as médias comparadas pelo teste Scott- Knott ao nível de 5% de
210 probabilidade ($P < 0,05$).

211

212 **Resultados e discussão**

213 O consumo de MS foi semelhante ($P > 0,05$) entre os animais (Tabela 3),
214 possivelmente devido ao consumo próximo a manutenção. A média de consumo dos
215 animais foi de 1,93% do peso vivo, próximo ao recomendado pelo NRC (2007) para
216 ovinos em manutenção.

217

218 **Tabela 3.** Médias e coeficiente de variação (CV) de consumo de matéria seca (CMS),
 219 matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN) e
 220 em g/dia ou g/UTM/dia de cordeiros alimentados com fenos de resíduos da
 221 bananicultura submetidos a diferentes métodos de secagem

Variáveis	Tratamentos						MÉDIA	CV (%)
	TIF	FPSL	FPSM	FFSL	FFSM			
CMS (g/dia)	394.28	323.54	319.61	363.79	364.81	353.20	23.56	
CMS (g/UTM/dia)	88.37	75.13	74.17	82.97	83.38	80.80	18.64	
CMO (g/dia)	368.64	283.83	285.38	322.23	327.19	317.46	22.92	
CMO (g/UTM/dia)	84.03	68.11	68.18	75.76	76.85	74.59	18.19	
CPB (g/dia)	43.62	42.77	38.83	42.86	50.51	43.72	15.50	
CPB (g/UTM/dia)	16.94	16.60	15.46	16.68	18.93	16.92	11.85	
CFDN (g/dia)	205.94	155.12	135.33	202.82	175.83	175.01	28.13	
CFDN (g/UTM/dia)	54.31	43.26	38.25	53.51	48.23	47.51	22.95	

222 TIF: Feno *Cynodon*. FPSL: Feno de pseudocaule seco ao sol. FPSM: Feno de
 223 pseudocaule seco a sombra. FFSL: Feno de folha seco ao sol. FFSM: Feno de Folha
 224 seco à sombra. CV: coeficiente de variação. UTM: Unidade de tamanho metabólico. As
 225 médias seguidas de letras diferentes na linha diferem pelo teste de Scott- Knott ($P < 0,05$)
 226 Os consumos de MO, PB e FDN para os diferentes fenos foram similares
 227 ($P > 0,05$) (Tabela 3), reflexo da similaridade da concentração desses nutrientes nas
 228 dietas (Tabela 2).

229 Apesar do consumo de nutrientes similar entre os diferentes fenos, o
 230 pseudocaule quando comparado ao feno das folhas, promoveu maiores coeficientes de
 231 digestibilidade aparente da MS, MO e FDN ($P < 0,05$) (Tabela 4). Esse resultado pode
 232 estar associado a qualidade da fração fibrosa dos fenos de pseudocaule, resultando em
 233 maior disponibilização dos carboidratos durante o processo de digestão ruminal. Carmo

234 et al. (2018) observaram maiores percentuais de digestibilidade da MS e MO em ovinos
 235 alimentados com pseudocaule, os autores associaram os resultados obtidos a
 236 concentração superior de lignina observada no feno das folhas. No estudo as folhas
 237 apresentaram 88,1 g/kg⁻¹/DM de lignina, o pseudocaule 47,3 g/kg⁻¹/DM e o *Cynodon*
 238 spp. 41,3 g/kg⁻¹/DM.

239 **Tabela 4.** Médias e coeficiente de variação (CV) da digestibilidade da matéria seca
 240 (DMS matéria orgânica (DMO) proteína bruta (DPB) e fibra em detergente neutro
 241 (DFDN) de cordeiros alimentados com fenos de resíduos da bananicultura submetidos a
 242 diferentes métodos de secagem.

	Tratamentos						MÉDIA	CV (%)
	TIF	FPSL	FPSM	FFSL	FFSM			
DMS (%)	59.75 ^c	69.50 ^b	76.00 ^a	58.25 ^c	59.00 ^c	64.50	6.49	
DMO (%)	60.50 ^b	70.50 ^a	76.75 ^a	59.25 ^b	60.50 ^b	65.50	6.64	
DPB (%)	68.00 ^a	67.75 ^a	68.00 ^a	58.25 ^a	67.75 ^a	65.95	12.81	
DFDN (%)	50.25 ^b	59.25 ^a	59.75 ^a	45.50 ^b	45.25 ^b	52.40	11.98	

243 TIF: Feno *Cynodon* spp. FPSL: Feno de pseudocaule seco ao sol. FPSM: Feno de
 244 pseudocaule seco a sombra. FFSL: Feno de folha seco ao sol. FFSM: Feno de Folha
 245 seco ao sol. CV: coeficiente de variação. As médias seguidas de letras diferentes na
 246 linha diferem pelo teste de Scott- Knott (P<0,05)

247 Silveira Junior (2018) justificou o potencial do uso do pseudocaule como
 248 alimento volumoso ao observar que não houve redução da DMS, mesmo em ovinos que
 249 foram alimentados com o aditivo virginiamicina, que promove redução da população de
 250 bactérias fibrolíticas.

251 Quanto ao método de secagem, o maior coeficiente de DMS foi obtido com
 252 secagem `sombra (P<0,05). Isso ocorreu, pois, o feno seco ao sol apresentou menor
 253 percentual de CNF (Tabela 2), já que o excesso de calor favorece a oxidação de

254 carboidratos não fibrosos, o aumento de componentes fibrosos e a degradação proteica
255 (ROTZ; ABRAMS, 1988). Resultados similares foram observados por Nascimento et
256 al. (2000) ao detectarem redução na qualidade de fenos de alfafa secos ao sol,
257 considerando PB, FDN e FDA. Para os autores o excesso de desidratação promoveu
258 redução da relação folha/caule com o emurhecimento ao sol. Já no material seco a
259 sombra, não foi observado redução na composição bromatológica, porém o excesso de
260 umidade favoreceu o desenvolvimento de fungos, ocasionando depreciação do material.

261 Os resíduos da bananicultura ou os métodos de secagem não influenciariam a
262 DPB. Resultados semelhantes foram observados por Carmo et al. (2018) ao avaliarem o
263 efeito da inclusão dos resíduos da bananeira sobre a DPB em ovinos, os autores
264 associaram o resultado ao nível de proteína (16%) e nitrogênio insolúvel em detergente
265 ácido (NIDA) semelhante em todos os tratamentos. Por outro lado, Silveira Junior
266 (2018) observou redução da DPB de ovinos alimentados com pseudocaule,
267 possivelmente devido a maior presença de taninos condensados (3,03 g
268 leucocianidina/kg/MS) quando comparado com *Cynodon* spp. (0,25 g de
269 leucocianidina/kg/MS).

270 A DFDN foi maior para os fenos de pseudocaule, independente do método de
271 secagem, em relação ao feno de folha e *Cynodon* spp. ($P>0,05$). Os maiores valores
272 observados na digestibilidade dos fenos de pseudocaule podem estar associados ao
273 maior teor de lignina presente nas folhas. Carmo et al. (2018) ao compararem o
274 percentual de lignina dos resíduos da bananicultura constataram que as folhas possuem
275 maior fração lignificada, aproximadamente 3,24% e o pseudocaule 1,94%, o que pode
276 justificar a menor digestibilidade desse nutriente no presente trabalho. Segundo
277 MOORE; JUNG (2001) a presença de lignina pode interferir no uso de carboidratos
278 fibrosos.

279 Souza et al. (2016) ressaltam que o elevado teor de lignina presente na casca de
280 banana pode promover redução na digestibilidade da fibra e PB de vacas lactantes, pois
281 os altos valores de NIDN, NIDA, FDN e FDA encontrados no resíduo podem prejudicar
282 a capacidade de aproveitamento da fibra e PB da parede celular pelos animais.
283 Clementino (2008) alerta que apesar dos resíduos da cultura da banana possuírem
284 nutrientes essenciais aos ruminantes, seu uso deve ser restrito, pois percentuais altos
285 como os de NIDA e FDA podem interferir na quantidade de nitrogênio disponibilizada
286 para os animais.

287 Os valores médios do consumo de energia digestível, metabolizável e líquida, o
288 coeficiente de digestibilidade da energia, a relação entre o consumo de energia
289 metabolizável e digestível, energia retida e as perdas de energia nas fezes, urina e
290 metano estão descritos na tabela 5.

291

292 **Tabela 5.** Média e coeficiente de variação (CV) de consumo de energia digestível
 293 (CED), coeficiente de digestibilidade da energia (CDE), porcentagem de energia
 294 perdida nas fezes (FEZES), consumo de energia metabolizável (CEM), relação entre
 295 consumo de energia metabolizável e digestível (EM/ED), porcentagem de energia
 296 perdida na urina (URINA), porcentagem de energia perdida na forma de metano
 297 (METANO), consumo de energia líquida (CEL), porcentagem de energia perdida com o
 298 incremento calórico (IC) e porcentagem da energia ingerida que foi retida (ER) de
 299 ovinos alimentados com fenos de resíduos da bananicultura submetidos a diferentes
 300 métodos de secagem.

	Tratamentos					MÉDIA	CV (%)
	TIF	FPSL	FPSM	FFSL	FFSM		
CED (kcal/UTM/dia)	100.8	95.2	103.77	94.33	90.97	97.02	18.29
CDE (%)	56.27 ^c	68.63 ^b	79.92 ^a	53.56 ^c	54.35 ^c	62.54	6.5
FEZES (%)	43.73 ^c	31.37 ^b	20.08 ^a	46.44 ^c	45.65 ^c	37.46	10.85
CEM (kcal/UTM/dia)	82.81	76.68	78.26	80.75	76.72	79.05	23.45
EM/ED	0.82	0.79	0.74	0.84	0.84	0.81	7.13
URINA (%)	3.30 ^a	3.05 ^a	6.39 ^b	3.12 ^a	3.11 ^a	3.79	44.27
METANO (%)	6.73 ^a	10.61 ^b	14.64 ^b	4.80 ^a	5.43 ^a	8.44	35.72
CEL (kcal/UTM/dia)	27.61	25.48	25.26	24.57	27.71	26.13	25.87
IC (%)	29.36	43.97	48.74	31.25	41.9	39.04	29.16
ER (%)	15.51	18.91	21.04	14.42	16.6	17.29	38.59

301 TIF: Feno *Cynodon* spp. FPSL: Feno de pseudocaule seco ao sol. FPSM: Feno de
 302 pseudocaule seco a sombra. FFSL: Feno de folha seco ao sol. FFSM: Feno de Folha
 303 seco ao sol. CV: coeficiente de variação. As médias seguidas de letras diferentes
 304 diferem pelo teste de Scott- Knott (P<0,05)

305 Embora o FPSM apresente maiores percentuais de CNF e menor perda de
306 energia nas fezes o consumo de energia digestível (CDE) não diferiu entre os
307 tratamentos ($P<0,05$), possivelmente devido o consumo dos animais próximo à
308 manutenção. O CED observado por Machado et al. (2015) para animais alimentados na
309 manutenção foi de 104,21, 100,14 e 104,31 kcal/UTM/dia para ovinos alimentados com
310 silagem de sorgo cultivar BR 655 nos estádios de maturação leitoso, pastoso e
311 farináceo, respectivamente. Freitas et al. (2003) avaliando silagens de cinco genótipos
312 de milho para ovinos em consumo *ad libitum* obtiveram valores de consumo de energia
313 digestível variando entre 149,30 Kcal/UTM/dia e 190,33 Kcal/UTM/dia. Assim como
314 Jayme (2007) ao alimentar ovinos *ad libitum* com silagens de girassol, milheto e de
315 capim Tanzânia observou média de CED de 166 Kcal/UTM/dia.

316 O coeficiente de digestibilidade da energia (CDE) foi superior para os animais
317 alimentados com o feno de pseudocaule seco à sombra ($P<0,05$) e a menor perda de
318 energia observada nas fezes está associada a esse resultado.

319 A energia perdida na forma de fezes foi menor para os fenos de pseudocaule nos
320 dois métodos de secagem ($P<0,05$), possivelmente em função da maior porção de
321 carboidratos não fibrosos presentes neste resíduo. Valores superiores foram observados
322 por Machado et al. (2015) ao alimentarem ovinos com silagem de sorgo de diferentes
323 cultivares em diferentes estádios de maturação. As perdas fecais de energia variaram de
324 48% a 52% da EB, demonstrando maiores limitações do fluxo de energia no animal
325 com os diferentes tratamentos.

326 A energia perdida na forma de urina foi maior ($P<0,05$) para ovinos alimentados
327 com o feno de pseudocaule seco à sombra, reflexo do maior volume de urina dos
328 animais nesse tratamento. Os resultados obtidos foram similares aos observados por
329 Blaxter; Wainman (1964) ao alimentarem ovelhas com baixo nível alimentar,

330 variando entre 3,37 a 4,30% da EB ingerida, porém a perda de energia foi inferior
331 quando os animais estavam sendo alimentados com alto nível alimentar, com variação
332 de 2,28 a 3,56%. Machado et al. (2015) relataram percentuais inferiores (0,95% a
333 2,15%) aos observados no presente estudo.

334 O metano perdido foi superior para os animais alimentados com os fenos de
335 pseudocaule independente do método de secagem ($P < 0,05$), estando acima do
336 preconizado pelo NRC (2007), que sugere perdas de energia na forma de metano
337 variando de 5 a 8% da EB ingerida. A maior DFDN pode estar associada a esse
338 resultado, já que a metabolização de fibra aumenta a produção de metano (VAN
339 SOEST, 1994). A presença de taninos nas folhas pode ter influenciado a menor
340 produção de metano, isso porque segundo Woodward et al. (2001) o consumo de
341 taninos condensados pode reduzir a emissão de metano entérico.

342 Machado et al. (2015) relataram produção de metano variando entre 3,78 a
343 5,83% ao alimentar ovinos com silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação.
344 Santoso et al. (2006) descreveram perdas de energia na forma de metano variando de
345 6,35% a 7,43% em ovinos alimentados com dietas baseadas em silagem ou feno de
346 *Timothy*, respectivamente. Pôssas (2013) observou produção de metano variando de e
347 4,88 a 6,68% em ovinos alimentados com silagem.

348 A relação entre a energia metabolizável e digestível (EM/ED) não variou
349 ($P > 0,05$) entre os diferentes tipos de feno, sendo os valores observados próximos aos
350 descritos no CSIRO (1996) e NRC (2000), 0,81 e 0,80, respectivamente. Já o AFRC
351 (1993) sugere valores de 0,81 a 0,86. Enquanto o NRC (2007) e ARC (1980), sugerem
352 relação de 0,82. Para Resende et al. (2006) esse é resultado é variável função da espécie
353 e tipo de alimentação, os autores sugerem valores de 0,81 para bovinos, 0,73 para
354 ovinos e 0,86 para caprinos.

355 Os diferentes fenos não influenciaram no consumo de energia líquida ($P>0,05$),
356 com média de 75,24 kcal/UTM/dia. O NRC (2007) sugere que o CEL ideal para
357 manutenção de ovinos seria de 62 Kcal/UTM/dia, portanto a exigência de energia líquida
358 para manutenção dos animais desse experimento foram atendidas. Machado et al. (2015)
359 avaliando o CEL de ovinos alimentados com silagens de sorgo em diferentes estádios de
360 maturação obtiveram resultados similares aos observados neste trabalho de 74,42 e
361 76,09 ao utilizar a cultivar BR 700 nos estádios leitoso e farináceo, respectivamente.

362 A energia perdida na forma de incremento calórico (IC) não diferiu ($P>0,05$)
363 entre os tratamentos. Machado et al. (2015) relataram perdas de energia na forma de
364 incremento calórico variando de 19,59 a 35,56 %. A determinação do incremento
365 calórico (IC) é utilizada para expressar o calor gerado durante o consumo e
366 metabolização dos alimentos, a variação pode ocorrer em função da quantidade e
367 composição do alimento ingerido. Os alimentos utilizados nesse trabalho apresentam
368 elevado conteúdo de carboidratos fibrosos, o que aumenta o tempo de retenção e gasto
369 de energia da digesta no trato gastrointestinal dos animais.

370 A energia retida não diferiu significativamente ($P>0,05$) entre os tratamentos
371 devido ao consumo próximo a manutenção. Faria (2014) obteve resultados superiores aos
372 observados de ER para ovinos alimentados com milho e glicerina bruta, possivelmente
373 em razão do consumo a vontade estabelecido pelo autor. O autor afirma que os
374 tratamentos ofertados atenderam as exigências de manutenção dos animais, sendo possível
375 que toda energia excedente pode ter sido utilizada para ganhos de peso do animal.

376

377

Conclusão

378 A inclusão dos fenos de resíduos da bananicultura submetidos a diferentes
379 métodos de secagem não influencia o consumo dos animais, entretanto o feno de

380 pseudocaule seco à sombra proporciona maior aproveitamento da matéria seca, matéria
381 orgânica e da fibra. Por outro lado, o uso do feno de pseudocaule promove maior perda
382 de energia na forma de metano, resultando em consumo de energia semelhante.

383

384

Referências

385 AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC), 1993. Energy and
386 requirements of ruminants, Commonwealth Agricultural Bureaux International,
387 Wallingford, UK.

388

389 AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). The nutrient requirements of
390 ruminant livestock. London: Common wealth Agricultural Bureaux, 1980, 351p.

391

392 ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). International
393 Official methods of analysis, 16 ed. Washington, D.C.: Animal feed., cap.4, 1995.

394

395 BARBOSA, L. K. G. **Parâmetros sanguíneos de ovinos alimentados com coprodutos**
396 **da bananicultura submetidos a dois métodos de secagem.** 2019. 63 f. Dissertação
397 (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros. 2019

398

399 BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of the energy of different rations
400 by sheep and cattle for maintenance and for fattening. **Journal of Agricultural**
401 **Science**, v. 63, p. 113-128, 1964. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960001515X>

402

- 403 BROUWER, E. Report of Sub-committee on Constants and Factors. In: Proceedings of
404 3rd Symposium on Energy Metabolism. EEAP Publication 11. **Academic Press**,
405 London, 1965
- 406
- 407 CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. Research
408 School of Nutrition and Physiology, 2004.
- 409
- 410 COMMON WEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH
411 ORGANIZATION (CSIRO) Feeding standards for Australian livestock. Ruminants.
412 Australia: CSIRO Publications, 1996. 266p.
- 413
- 414 CARMO, T. D.; BARBOSA, P. M.; GERASEEV, L. C.; COSTA, D. S.; SELES, G. M.;
415 DUARTE, E. R. Intake and digestibility of lamb fed diets containing banana crop
416 residues. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 53, n. 2, p.197-205, fev. 2018.
417 FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200008>.
- 418
- 419 CLEMENTINO, R.H.; **Utilização de subprodutos agroindústrias em dietas de**
420 **ovinos de corte, consumo, digestibilidade, desempenho e características de carcaça.**
421 2008. 136f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará,
422 Fortaleza.
- 423
- 424 DETMANN, E. **Métodos para análise de alimentos**, INCT –Ciência animal. Visconde
425 do Rio Branco, MG. Suprema. 2012.
- 426

- 427 FARIA, W. G. **Milho e glicerina bruta em dietas de vacas leiteiras em lactação e**
428 **ovelhas**. 2014. 124 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo
429 Horizonte, 2014.
- 430
- 431 FREITAS, G. A. R. COELHO, S. G.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.;
432 BORGES, I. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia
433 bruta, e balanço de nitrogênio das silagens de cinco genótipos de milho. **Arquivo**
434 **Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 55, n. 4, p.443-449, ago.
435 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352003000400009>.
- 436
- 437 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-
438 FAO. **Market and Policy Analyses of Raw Materials, Horticulture and Tropical**
439 **(RAMHOT) Products Team. Banana Market Review and Banana Statistics 2014-**
440 **2015**. Rome, 2016.
- 441
- 442 GERASEV, L. C; MOREIRA, S. J. M.; ALVES, D. D.; AGUIAR, A. C. R.;
443 MONÇÃO, F. P.; SANTOS, A. C. R.; SANTANA, C. J. L.; VIEGAS, C. R.
444 Viabilidade econômica da utilização dos resíduos da bananicultura na alimentação de
445 cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [s.l.], v. 14, n.
446 4, p.734-744, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). [http://dx.doi.org/10.1590/s1519-](http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402013000400017)
447 [99402013000400017](http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402013000400017).
- 448
- 449 GONÇALVES FILHO, L.C. **Utilização do pseudocaule de bananeira como**
450 **substrato da fermentação alcoólica: avaliação de diferentes processos de**

451 **despolimerização**. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado) Universidade da Região de
452 Joinville , Joinville 2011.

453

454 JAYME, D. G. **Avaliação nutricional de silagens de quatro genótipos de girassol**
455 **(Helianthus annuus)** 2007. 78 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal)- Universidade
456 Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007

457

458 MACHADO, F. S.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A.
459 S.; RIBAS, M. N.; PÔSSAS, F. P.; TOMICH, T. R. Energy partitioning and methane
460 emission by sheep fed sorghum silages at different maturation stages. **Arquivo**
461 **Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 67, n. 3, p.790-800, jun.
462 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-7177>.

463

464 MOORE, K.J.; JUNG, H. J. G. Lignin and fiber digestion. **Journal Of Range**
465 **Management**, [s.l.], v. 54, n. 4, p.420-430, 2006. University of Arizona.
466 http://dx.doi.org/10.2458/azu_jrm_v54i4_moore.

467

468 NASCIMENTO, J. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, A. C. Influência do método de fenação
469 e tempo de armazenamento sobre a composição bromatológica e ocorrência de fungos
470 no feno de alfafa (*Medicago sativa*, L. cv. Flórida 77). **Revista Brasileira de**
471 **Zootecnia**, v.29, n.3, p.669-677, 2000

472

473 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**.
474 7th edition, Washington DC: National Academies Press, 2000.

475

476 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small**
477 **ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids.** National Academic Press,
478 2007.

479

480 PÔSSAS F. P. **Valor nutritivo das silagens de três genótipos de milho em três**
481 **estádios de maturação.** 2013 126f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de
482 Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

483

484 RESENDE, K. T., TEIXEIRA, I. A. M. A., FERNANDES, M. H. R. Metabolismo de
485 energia. In: Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G. **Nutrição de ruminantes.**
486 **Jaboticabal:** FUNEP. p.111-140. 2006.

487

488 ROTZ, C. A.; ABRAMS, S. M. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest
489 and storage. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 2, p. 350-0355, 1988.

490

491 SANTOSO, B.; MWENYA, B.; SAR, C.; TAKAHASHI, J. Methane production and
492 energy partition in sheep fed thiothy silage or hay-based diets. **JITV**. v. 12, n.1, p. 27-33.
493 2006.

494

495 SILVEIRA JÚNIOR, J. A. **Utilização de feno de pseudocaule de bananeira (*Musa***
496 **spp.) na alimentação de ovinos confinados.** 2018. 101 f. Tese (Doutorado) -
497 Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. 2018.

498

499 SOUZA, C. F.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T. D.; ANTUNES, C. R.,
500 RIGUEIRA, J. P. S.; SALES, E. C. J. D.; SOUZA, G. R. Casca de banana em dietas

501 para vacas mestiças em lactação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**,
502 [s.l.], v. 17, n. 1, p.86-100, abr. 2016. [http://dx.doi.org/10.1590/s1519-](http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402016000100009)
503 99402016000100009.

504

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

507

508 WOODWARD, S.L.; WAGHORN, G.C.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R. Early
509 indications that feeding lotus will reduce methane emissions from ruminants. In: New
510 Zealand Society of Animal Production, 2001, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide:
511 ACIAR, 2001. p.23-26.

512

513 **4.2 ARTIGO 2:** Consumo de oxigênio, produção de metano e produção de calor de
514 ovinos alimentados com fenos de resíduos da bananicultura

515

516

517

518 (Artigo escrito de acordo com as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira-

519 PAB)

520

521 **Consumo de oxigênio, produção de metano e produção de calor de ovinos**
522 **alimentados com fenos de resíduos da bananicultura**

523

524 Sarah Silva Santos¹, Luciana Castro Geraseev¹

525

526 ⁽¹⁾ Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Regional de Montes Claros. Avenida
527 Universitária, 1.000– Bairro Universitário- Montes Claros, MG, CEP: 39.404-547
528 Montes Claros, MG, Brasil. E-mail: sarah.silva2@outlook.com, lgeraseev@gmail.com.

529

530 Resumo- Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inclusão dos resíduos da
531 bananicultura submetidos a diferentes processos de secagem sobre o consumo de
532 oxigênio, produção de metano e produção de calor de ovinos em crescimento. Foram
533 utilizados 20 cordeiros, com peso corporal médio de 20 kg, alojados em gaiolas
534 metabólicas em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos: feno
535 *Cynodon* spp. como tratamento controle, fenos de pseudocaule de bananeira secos ao sol
536 ou à sombra e fenos de folha de bananeira secos à sombra ou sol. Após o período de
537 adaptação os animais foram transferidos para uma câmara respirométrica, onde avaliou-
538 se o consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono e metano dos animais com
539 consumo próximo a manutenção e *ad libitum* em sistema de respirometria de circuito
540 aberto. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo
541 teste Scott- Knott ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). Os diferentes fenos e os
542 métodos de secagem não alteraram o consumo de oxigênio, produção de CO₂ e produção
543 de calor dos animais alimentados *ad libitum* e na manutenção. Por outro lado, os fenos de
544 folhas secos nos dois métodos de secagem promoveram menor produção de metano
545 entérico ($P < 0,05$), sendo possivelmente reflexo do teor de taninos presentes nas folhas.

546 No consumo à manutenção, além da variação na produção de CH₄, o coeficiente respiratório
547 (CR) para os animais alimentados com os fenos de folha nos dois métodos de secagem
548 foi menor (P<0,05), com média de 1,02 para o feno de folhas secas ao sol e 0,99 para
549 feno de folha secas à sombra. Apesar da redução do CR, os valores obtidos para todos os
550 fenos avaliados indicam o uso de carboidratos como principal substrato oxidado.
551 Conclui-se que apesar das diferenças na composição bromatológica dos fenos de
552 resíduos da bananicultura estas não foram suficientes para promover alteração no
553 metabolismo energético dos animais.

554 **Termos de indexação:** Calorimetria Indireta. Metabolismo Energético. Respirometria.
555 Trocas Gasosas.

556

557 **Oxygen consumption, methane production and heat production of sheep fed with**
558 **hay of waste banana crop**

559 Abstract- The objective with this work was to evaluate the effect of including waste
560 banana crop submitted to different drying processes on oxygen consumption, methane
561 production and heat production of growing sheep. Twenty lambs were used, with an
562 average body weight of 20 kg, housed in metabolic cages in a randomized block design,
563 with five treatments: hay *Cynodon* spp. as a control treatment, sun-dried or shaded
564 banana pseudostem hay and sun-dried or shaded banana leaf hay. After the adaptation
565 period, the animals were transferred to a respirometric chamber, where the consumption
566 of oxygen and production of carbon dioxide and methane of the animals with
567 consumption close to maintenance and ad libitum in an open circuit respirometry
568 system were evaluated. The data were subjected to analysis of variance and the means
569 compared by the Scott-Knott test at the level of 5% probability (P<0.05). The different
570 hays and drying methods did not alter the oxygen consumption, CO₂ production and

571 heat production of the animals fed ad libitum and maintenance. There was variation in
572 the production of CH₄ for animals fed with leaf hay in both drying methods. The dry
573 leaf hays in the two drying methods promoted less enteric methane production (P<0.05),
574 possibly reflecting the content of tannins present in the leaves. For the animals at
575 maintenance the same behavior was observed for the CR with an average of 1.02 for
576 sun-dried leaf hay and 0.99 for shade-dried leaf hay. Despite the reduction in CR, the
577 values obtained for all evaluated hays indicate the use of carbohydrates as the main
578 oxidized substrate. It is concluded that despite the differences in the chemical
579 composition of hay from waste banana crop, these were not enough to promote changes
580 in the energy metabolism of the animal.

581 **Indexing terms:** Indirect calorimetry. Energy Metabolism. Respirometry. Gas
582 exchange.

583

584

Introdução

585 O Brasil participa com 6% da produção total de bananas no mundo, produzindo
586 6,7 milhões de toneladas/ano com área plantada de 469,7 mil hectares (FAO, 2016),
587 sendo a região Norte com maior representatividade produtiva (cerca de 34%), seguido
588 das regiões, Sudeste (33%), Sul (15%), Nordeste (13%) e Centro-Oeste (5%) (IBGE,
589 2017). Os estados de São Paulo, Bahia, Santa Catarina e Minas Gerais são os estados
590 com maior produção nacional.

591 As práticas de capina, controle cultural, desfolha, escoramento, ensacamento do
592 cacho e corte da parte vegetativa realizados após a extração da fruta, geram resíduos que
593 em função da composição bromatológica e elevado volume produzido, podem ser
594 empregados na alimentação de ruminantes. Isso porque as folhas apresentam 10,04% de
595 proteína bruta, 6,49% de extrato etéreo, 56,37% de nutrientes digestíveis totais e 71%

596 de fibra em detergente neutro. O pseudocaule possui 3,42% de proteína bruta, 1,07% de
597 extrato etéreo, 43,76% de nutrientes digestíveis totais e 78,83% de fibra em detergente
598 neutro (GERASEEV et al., 2013). A presença de compostos fenólicos como o tanino é
599 outro fator que torna interessante o seu uso em dietas para ruminantes, isso porque
600 segundo Adão; Glória, (2005) a ingestão em baixas concentrações pode influenciar na
601 redução da produção de metano entérico.

602 Os resíduos da bananicultura são normalmente fornecidos na forma de feno, por
603 isso a escolha do método de secagem é importante. A secagem ao sol pode promover a
604 desidratação mais rápida, porém o excesso de calor favorece a oxidação de carboidratos
605 não estruturais, aumento de componentes fibrosos e degradação proteica. Já a secagem a
606 sombra ocorre lentamente, sendo necessário maior número de viragens e uma camada
607 mais fina de material para secagem além de poder causar perda de carboidratos solúveis,
608 proteínas e lipídios (ROTZ; ABRAMS, 1988).

609 Apesar do potencial, apenas o conhecimento da composição bromatológica não é
610 suficiente para garantir a viabilidade da inclusão desses resíduos na dieta de ruminantes,
611 sendo necessários estudos que demonstrem os efeitos da inclusão sobre o consumo, a
612 digestão, a absorção e o metabolismo energético dos animais, pois segundo Van Soest
613 (1994) cada alimento se comporta de maneira diferente no animal, modificando o valor
614 nutritivo do alimento.

615 Para uma avaliação mais eficiente dos alimentos e do efeito sobre o metabolismo
616 energético dos animais, o uso de técnicas de respirometria, como os sistemas de
617 respirometria de circuito aberto, determinam as necessidades nutricionais e as taxas de
618 utilização dos substratos energéticos, a partir do consumo de oxigênio e da produção de
619 gás carbônico e metano.

620 Diante do exposto objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da inclusão dos
621 resíduos da bananicultura submetidos a diferentes processos de secagem sobre o
622 consumo de oxigênio, produção de metano e produção de calor de ovinos em
623 crescimento alimentados na manutenção ou *ad libitum*.

624

625 **Material e Métodos**

626 Os procedimentos adotados com os animais nesta pesquisa foram aprovados pelo
627 Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais
628 sob o protocolo número 270/2016.

629 O experimento foi conduzido nas dependências do setor de Ovinocultura, no
630 laboratório de Respirométrica (LACA) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade
631 Federal de Minas Gerais, em Montes Claros, no período de abril 2018 a março de 2019.

632 Foram utilizados 20 ovinos, da raça Santa Inês x Dorper, machos não castrados com
633 aproximadamente 20 kg de peso corporal médio, distribuídos, em função do peso, em
634 delineamento de blocos ao acaso. Foram avaliados cinco tratamentos: feno de *Cynodon*
635 spp. (TIF), feno de folha de bananeira seco ao sol (FFSL) ou à sombra (FFSM); feno de
636 pseudocaule da bananeira seco ao sol (FPSL) ou à sombra (FPSM).

637 As dietas experimentais consistiram dos diferentes tipos de feno e uma mistura
638 concentrada contendo farelo de soja, milho, e suplemento mineral vitamínico balanceada
639 de acordo com as recomendações do NRC (2007) para cordeiros em manutenção, com
640 relação concentrado volumoso de 30:70. A composição bromatológica dos fenos e das
641 dietas está descrita de forma detalhada no artigo 1.

642 Os animais foram adaptados durante 20 dias em gaiolas individuais com
643 dimensionamento de 1,0 m de largura, 1,2 m de comprimento e 1,30 m de altura,

644 equipadas com baldes para água, e cochos para o volumoso e concentrado. A alimentação
645 foi fornecida duas vezes ao dia, em horários pré-estabelecidos às 7:00 e às 16:00 horas.

646 Os animais permaneceram com o mesmo tratamento em todo o período
647 experimental. Inicialmente para determinação das trocas gasosas dos animais
648 alimentados na manutenção houve adaptação de 20 dias da dieta. Posterior as mensurações
649 na manutenção, os animais foram novamente adaptados pelo mesmo período para dietas
650 *ad libitum*.

651 Para o procedimento de calorimetria indireta em câmara respirométrica foram
652 utilizados os equipamentos descritos por Rodriguez *et al.* (2007). Usou-se uma câmara
653 respirométrica para pequenos ruminantes de fluxo aberto, condicionada com placas de
654 acrílico transparente, sendo a entrada de ar do sistema situada em ambiente externo ao
655 laboratório.

656 Após o período de adaptação os animais foram transferidos para a câmara
657 respirométrica e foi realizada avaliação do consumo de oxigênio (VO_2) e produção de
658 dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) dos animais com consumo próximo à
659 manutenção e *ad libitum* em sistema de respirometria de circuito aberto.

660 As trocas gasosas foram medidas na câmara respirométrica, utilizando-se a
661 técnica de circuito aberto, por um período de 20 horas. Durante o período de
662 determinação dos gases, o alimento foi fornecido uma vez ao dia antes do início das
663 leituras, após esse período as sobras foram pesadas e o consumo registrado. O
664 fornecimento de água foi à vontade durante todas as etapas do experimento.

665 Diariamente, antes de iniciar o período de mensuração foi realizada a calibração
666 dos analisadores de CO_2 e CH_4 , utilizando-se gases de concentração conhecida e o ar
667 externo.

668 As concentrações dos gases e fluxo de ar foram automaticamente registradas pelo
669 software Expedata da Sable Systems International, que por diferença entre a
670 composição do ar que entrou e do que saiu da câmara, permite os cálculos dos volumes
671 de O₂ consumido e de CO₂ e CH₄ produzidos pelos animais.

672 O ar atmosférico entrou na câmara em um fluxo de acordo com o peso do animal
673 (1litro/Kg de peso corporal) por minuto e foi misturado ao ar expirado pelo animal,
674 sendo coletadas amostras a cada 6 minutos por um período de 20 horas para a
675 determinação das concentrações de O₂ e CO₂. A concentração máxima permitida de
676 CO₂ foi de 1,0 %. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ foram calculados baseados no
677 volume e na composição do ar que entra comparado com o ar que sai (CHWALIBOG,
678 2004). A temperatura dentro da câmara respirométrica foi mantida próxima aos 22° C
679 através de um aparelho de ar condicionado mantido em seu interior, de modo a
680 assegurar conforto térmico ao animal. O nitrogênio urinário foi determinado a partir das
681 coletas de urina realizadas durante o ensaio de digestibilidade, como descrito no artigo
682 1. O cálculo da produção de calor foi realizado de acordo com a equação de Brouwer
683 (1965):

684

$$685 \quad PC \text{ (kj/dia)} = 16,18 VO_2 + 5,02 VCO_2 - 5,99 Nu - 2,17 CH_4$$

686 Onde:

687 VO₂ = volume de O₂ consumido;

688 VCO₂ = volume de CO₂ produzido;

689 VCH₄ = volume de CH₄ produzido;

690 Nu = nitrogênio, em gramas, excretado na urina.

691

692 Para a transformação dos dados em calorias foi utilizado como referência o valor
693 de 1 joule correspondente a 0,239 calorias.

694 O coeficiente respiratório (CR) foi calculado como sendo a razão entre CO₂
695 produzido (L) e O₂ consumido (L):

$$696 \quad \text{CR} = \text{CO}_2 \text{ (L) produzido} / \text{O}_2 \text{ (L) consumido}$$

697 Para avaliação individual das trocas gasosas nos dois métodos de alimentação, os
698 dados obtidos foram submetidos a análise de variância. Foi adotado o delineamento
699 experimental de blocos inteiramente casualizado em desenho fatorial 2x5, sendo dois
700 métodos de alimentação e cinco diferentes tipos de dietas. Os dados analisados
701 utilizando-se o pacote estatístico SISVAR e as médias comparadas pelo teste Scott-
702 Knott ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

703

704 **Resultados e discussão**

705 A interação entre o tipo de arraçamento e as dietas não foi significativa (P>0,05)
706 na análise fatorial, demonstrando que experimentos de respirometria podem ser
707 executados com os animais na manutenção ou não. Beauchemin; Mc Ginn (2006) avaliando
708 o efeito do nível de alimentação (*ad libitum* ou restrito) sobre a produção de metano de
709 bovinos, observou menores (P<0,001) produções diárias para os animais com consumo
710 restrito quando comparadas com as médias de consumo livre. Blaxter; Wainman (1964)
711 avaliando ovelhas alimentadas com diferentes tipos de rações, observou aumento da
712 produção de metano para os animais alimentados com dietas de baixo nível alimentar,
713 com variação entre 6,71 a 9,91%, para os animais alimentados com dietas de alto nível
714 alimentar a variação foi de 6,24 a 7,69%.

715 As trocas gasosas mensuradas em câmara respirométrica, a produção de calor e o
 716 coeficiente respiratório de cordeiros alimentados *ad libitum* e na manutenção com os
 717 diferentes fenos de resíduos da bananicultura estão apresentados na tabela 6.

718

719 Tabela 6- Consumo diário de oxigênio (O₂), produção diária de dióxido de carbono
 720 (CO₂) e de metano (CH₄), produção diária de calor (PC) e coeficiente respiratório (CR)
 721 de ovinos alimentados com diferentes fenos de resíduos da bananicultura

	TIF	FPSL	FPSM	FFSL	FFSM	MÉDIA	CV (%)
<i>Ad Libitum</i>							
VO₂ (L/UTM)	20.77	21.05	19.48	18.14	20.23	19.93	12.80
CO₂ (L/UTM)	23.98	24.17	22.41	20.60	22.05	22.64	10.78
CH₄ (L/UTM)	2.01 _b	2.32 _b	2.30 _b	1.64 _a	1.76 _a	2.01	20.70
PC (KCAL/UTM)	107.43	108.95	100.61	93.63	103.22	102.77	12.24
CR	1.16	1.15	1.15	1.13	1.10	1.14	5.14
Mantença							
VO₂ (L/UTM)	15.89	17.10	17.00	15.62	16.76	16.47	9.34
CO₂ (L/UTM)	17.61	18.45	18.58	15.91	16.65	17.44	11.54
CH₄ (L/UTM)	1.36 _b	1.42 _b	1.81 _b	0.87 _a	0.96 _a	1.28	23.85
PC (KCAL/UTM)	81.07	86.41	86.61	78.63	83.69	83.28	9.63
CR	1.11 _b	1.08 _b	1.09 _b	1.02 _a	0.99 _a	1.057	4.730

722 TIF: Feno *Cynodon* spp. FPSL: Feno de pseudocaule seco ao sol. FPSM: Feno de
 723 pseudocaule seco a sombra. FFSL: Feno de folha seco ao sol. FFSM: Feno de Folha
 724 seco ao sol. CV: coeficiente de variação. As médias seguidas de letras diferentes na
 725 linha diferem pelo teste de Scott- Knott (P<0,05)

726

727 Não houve efeito dos diferentes resíduos da bananicultura sobre o consumo O₂,
728 produção de CO₂ e produção de calor dos animais alimentados *ad libitum* e a mantença
729 (P>0,05). As variações existentes na composição fibrosa (47,44 a 53,25%/ MS do FDN)
730 e CNF (14,52 a 29,83 %/ MS de CNF) dos diferentes tratamentos ofertados não
731 promoveram alterações no metabolismo energético dos animais.

732 O consumo de oxigênio e a produção diária de dióxido de carbono (L/UTM) *ad*
733 *libitum* e a mantença não foi influenciado pelo tipo de resíduo (P>0,05), (Tabela 5).
734 Ornelas (2016) também não observou variação desses parâmetros ao alimentar ovinos na
735 mantença com níveis de inclusão do farelo de girassol. Porém, os resultados foram
736 superiores aos observados nesse trabalho, o consumo de oxigênio e produção de dióxido
737 de carbono foram 24,23 e 22,34 L/UTM, respectivamente. Sendo possível que o peso
738 corporal médio (± 28 kg) dos animais justifique esses resultados, pois a atividade
739 metabólica aumenta com o crescimento dos animais. O adensamento das dietas pode
740 justificar os valores superiores também observados por Faria (2014), ao alimentar ovinos
741 *ad libitum* com dietas contendo glicerina bruta. Houve aumento do consumo de O₂ dos
742 animais alimentados com milho moído sem glicerina, seguidos pelos tratamentos com
743 glicerina e milho expandido sem glicerina. Já a produção de CO₂ foi maior nos
744 tratamentos com adição de glicerina bruta, seguido pelos tratamentos de milho moído
745 sem glicerina e milho expandido sem glicerina.

746 A produção metano foi inferior para os animais alimentados *ad libitum* com os
747 fenos das folhas de bananeira (P<0,05), a presença de taninos condensados pode
748 justificar esse resultado. Segundo Woodward et al. (2001) o tanino quando consumido
749 em pequenas concentrações pode atuar sobre a metanogênese, inibindo o
750 desenvolvimento e ação de microrganismos produtores de metano, além de reduzir a
751 formação de hidrogênio livre. Valores inferiores foram observados por Pôssas (2013)

752 (1,15 a 1,74 L/UTM) em dietas de ovinos a base de silagem de milho híbrido cortados
753 em três idades. A produção média de metano observada por Faria (2014) também foi
754 inferior (1,74 L/UTM) ao alimentar ovinos com dietas *ad libitum* de alto valor
755 energético.

756 Assim como para os animais alimentados *ad libitum*, a produção de CH₄ foi
757 inferior durante o consumo restrito para os tratamentos de fenos de folhas (P<0,05),
758 podendo ser reflexo da maior concentração de taninos condensados neste resíduo. Carmo
759 et al. (2018) observaram que o conteúdo de taninos condensados para os fenos de folha
760 de bananeira, *Cynodon* spp. e pseudocaule foi de 7,8, 3,9 e 0,1 g/kg, respectivamente.
761 Puchala et al. (2005), avaliando o efeito de taninos condensados sobre a emissão de
762 metano, observaram que caprinos alimentados com *Lespedeza cuneata*, rica em taninos
763 condensados, emitiram menor volume de metano do que os animais que receberam
764 gramíneas das espécies *Digitaria ischaemum* e *Festuca arundinacea*.

765 A produção de calor média foi de 102,77 kcal/UTM para os animais no consumo
766 a vontade e 83,28 kcal/UTM para os animais mantidos na manutenção. Os valores
767 observados corroboram com o sugerido pelo NRC (1985) para exigência de manutenção de
768 ovinos (73 a 110 kcal/UTM). Segundo o NRC (2007) a PC representa, em média, 25,0 a
769 40,0% da EB consumida (NRC, 2007). No presente estudo, o calor produzido dos
770 animais na manutenção durante os processos fermentativos e liberado no metabolismo
771 intermediário, correspondeu em média a 51,02% da EB ingerida.

772 Rebouças (2012) não observou variações na produção de calor de ovinos
773 alimentados *ad libitum* com diferentes níveis de inclusão de caroço de algodão (108,77
774 kcal/UTM) o autor associou os resultados a ausência de variações no consumo de O₂,
775 produção de CO₂ e CH₄. No entanto, Castro (2012) ao avaliar a inclusão de níveis
776 crescentes de torta de babaçu em substituição ao feno de tifton-85 na dieta de ovinos na

777 manutenção, obteve resultados superiores aos observados nesse trabalho (122,44; 108,80;
778 119,78; 116,65; 130,82 kcal/UTM/dia), possivelmente o perfil energético dos alimentos
779 utilizados justifica as diferenças observadas.

780 O CR não foi alterado pelos tratamentos nos animais alimentados à vontade
781 ($P>0,05$), entretanto foi menor para os fenos de folha dos animais alimentados na
782 manutenção ($P>0,05$). Esses resultados podem ser reflexo do hábito de seletividade dos
783 animais alimentados *ad libitum*, já que o consumo à vontade possibilita a modulação da
784 ingestão dos alimentos que são fornecidos no cocho.

785 O coeficiente respiratório (CR) compreende a relação entre a quantidade de
786 oxigênio consumido e a quantidade de dióxido de carbono produzido, podendo ser
787 utilizado para expressar o tipo de alimento que está sendo oxidado. A oxidação dos
788 carboidratos, proteína e gorduras geram CR de 1,0; 0,8 e 0,7, respectivamente (DIENER,
789 1997). Teixeira (2013) observou que os coeficientes respiratórios (0,98) encontrados ao
790 alimentar ovinos com capim-elefante verde cortado aos 56, 84 e 112 dias de crescimento,
791 indicam a metabolização predominante de carboidratos. Velasco (2011) encontrou
792 valores de CR variando de 0,92 a 1,05 também característico do consumo de
793 carboidratos.

794

795 **Conclusão**

796 A inclusão dos fenos da bananicultura obtidos por diferentes métodos de secagem
797 não altera o consumo de O_2 , produção de CO_2 e produção de calor de cordeiros Santa
798 Inês x Dorper. O uso de fenos de folha da bananeira reduz a emissão de metano entérico
799 de ovinos em crescimento.

800 Os resultados de experimentos de respirometria foram semelhantes quando
801 executados com os animais alimentados na manutenção ou *ad libitum*.

802

803

Referências

804 ADÃO, R. C.; GLÓRIA, M. B. A. Bioactive amines and carbohydrate changes during
805 ripening of Prata'banana (*Musa acuminata* × *M. balbisiana*). **Food Chemistry**, v. 90, n.
806 4, p. 705-711, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.020>

807

808 BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Enteric methane emissions from growing beef
809 cattle as affected by diet and level of intake. **Canadian Journal of Animal Science**, v.
810 86, n. 3, p. 401-408, 2006. Doi: <https://doi.org/10.4141/A06-021>

811

812 BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of the energy of different rations
813 by sheep and cattle for maintenance and for fattening. **Journal of Agricultural**
814 **Science**, v. 63, p. 113-128, 1964. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960001515X>

815

816 BROUWER, E. Report of Sub-committee on Constants and Factors. In: Proceedings of
817 3rd Symposium on Energy Metabolism. EEAP Publication 11. **Academic Press**,
818 London, 1965

819

820 CARMO, T. D.; BARBOSA, P. M.; GERASEEV, L. C.; COSTA, D. S.; SELES, G. M.;
821 DUARTE, E. R. Intake and digestibility of lamb fed diets containing banana crop
822 residues. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 53, n. 2, p.197-205, fev. 2018.
823 FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200008>.

824

- 825 CASTRO, K. J. **Torta de babaçu: consumo, digestibilidade, desempenho, energia**
826 **metabolizável, energia líquida e produção de metano em ruminantes.** 2012. Tese
827 (D.sc.). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2012
828
- 829 CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. Research
830 School of Nutrition and Physiology, 2004.
831
- 832 DIENER, J. R. C. 1997. **Calorimetria indireta. Revista da Associação Médica**
833 **Brasileira** 43:245-53.
834
- 835 FARIA, W. G. **Milho e glicerina bruta em dietas de vacas leiteiras em lactação e**
836 **ovelhas.** 2014. 124 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo
837 Horizonte, 2014.
838
- 839 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS
840 (FAO). **Market and Policy Analyses of Raw Materials, Horticulture and Tropical**
841 **(RAMHOT) Products Team. Banana Market Review and Banana Statistics 2014-**
842 **2015.** Rome, 2016.
843
- 844 GERASEEV, L. C.; MOREIRA, S. J. M.; ALVES, D. D.; AGUIAR, A. C. R.;
845 MONÇÃO, F. P.; SANTOS, A. C. R.; SANTANA, C. J. L.; VIEGAS, C. R.
846 Viabilidade econômica da utilização dos resíduos da bananicultura na alimentação de
847 cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, [s.l.], v. 14, n.
848 4, p.734-744, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). [http://dx.doi.org/10.1590-](http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402013000400017)
849 [99402013000400017](http://dx.doi.org/10.1590/s1519-99402013000400017).

850

851 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da**
852 **pecuária municipal**. Rio de Janeiro, v. 44, p.1-49, 2017.

853

854 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of sheep**. 6 th
855 ed. National Academic Press. Washington. 1985.

856

857 NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of small**
858 **ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. National Academic Press,
859 2007.

860

861 ORNELAS, L. T. C. **Consumo de oxigênio, produção de gás carbônico e metano por**
862 **ovinos alimentados com farelo de girassol**. 2016. 46 f. Dissertação (Mestrado) -
863 Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2016.

864

865 PÔSSAS F. P. **Valor nutritivo das silagens de três genótipos de milho em três**
866 **estádios de maturação**. 2013 126f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de
867 Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

868

869 PUCHALA, R.; MIN, B.R.; GOETSCH, A.L.; SAHLU, T. The effect of a condensed
870 tannincontaining forage on methane emission by goats. **Journal of Animal Science**, v.
871 83, p. 182-186, 2005. Doi: 10.2527/2005.831182x

872

- 873 REBOUÇAS, G. M. N. **Níveis de caroço de algodão em dietas contendo silagem de**
874 **cana-de-açúcar**. 2012. Tese (D.Sc.). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo
875 Horizonte. 2012
- 876
- 877 RODRIGUEZ N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L.; BORGES, I.; GONÇALVES,
878 L.C. A calorimetry system for metabolism trials. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
879 **Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 59, n. 2, p.495-500, abr. 2007.Doi:
880 <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352007000200033>.
- 881
- 882 ROTZ, C. A.; ABRAMS, S. M. Losses and quality changes during alfalfa hay harvest
883 and storage. **Transactions of the ASAE**, v. 31, n. 2, p. 350-0355, 1988. School of
884 nutrition and physiology, 2004.
- 885
- 886 TEIXEIRA, A. M. **Valor Nutricional Do Capim-Elefante Verde Em Diferentes**
887 **Idades De Corte**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais,
888 Belo Horizonte. 2013
- 889
- 890 VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell
891 University Press, 1994. 476p
- 892
- 893 VELASCO, F. O. **Valor nutricional da *Brachiaria decumbens* em três idades**. 2011.
894 106 f. Tese (doutorado). Universidade federal de minas gerais. Belo horizonte. 2013
- 895
- 896 WOODWARD, S.L.; WAGHORN, G.C.; ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R. Early
897 indications that feeding lotus will reduce methane emissions from ruminants. In: New

- 898 Zealand Society Of Animal Production, 2001, Adelaide. **Proceedings...** Adelaide:
- 899 ACIAR, 2001. p.23-26.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão dos fenos de resíduos da bananicultura submetidos a diferentes métodos de secagem não influencia o consumo de nutrientes, consumo de O₂, produção de CO₂ e produção de calor de cordeiros Santa Inês x Dorper. Entretanto o feno de pseudocaule seco à sombra proporciona maior aproveitamento da matéria seca e fração fibrosa, sem alterar, contudo, o aporte energético para o animal. Os fenos de folha da bananeira proporcionam redução emissão de metano entérico de ovinos em crescimento. Indicando que esses resíduos podem ser incluídos na alimentação de ovinos.