

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**DESEMPENHO PRODUTIVO, AVALIAÇÃO DA CECOTROFIA,
DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* E *IN VIVO* DE COELHOS EM
CRESCIMENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE CANA-DE-
AÇÚCAR *IN NATURA* OU AUTOCLAVADO E VINHAÇA**

Felipe Norberto Alves Ferreira

Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2018

Felipe Norberto Alves Ferreira

Desempenho produtivo, avaliação da cecotrofia, digestibilidade *in vitro* e *in vivo* de coelhos em crescimento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar *in natura* ou autoclavado e vinhaça

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área: Nutrição e Alimentação Animal

Orientador: Walter Motta Ferreira

Belo Horizonte
Escola de Veterinária - UFMG
2018

F383d Ferreira, Felipe Norberto Alves, 1989-
Desempenho produtivo, avaliação da cecotrofia, digestibilidade *in vitro* e *in vivo* de coelhos em crescimento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar *in natura* ou autoclavado e vinhaça / Felipe Norberto Alves Ferreira. – 2018.
104 p. : il.

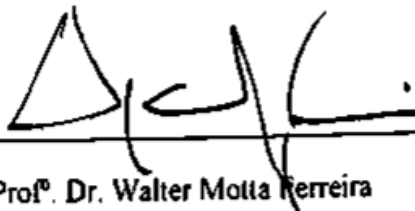
Orientador: Walter Motta Ferreira

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

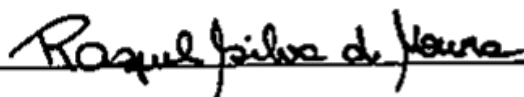
1. Coelho – Alimentação e rações – Teses. 2. Cana-de-açúcar como ração – Teses.
3. Vinhaça – Teses. 4. Dieta em veterinária – Teses. 5. Digestibilidade – Teses.
6. Desempenho produtivo – Teses. I. Ferreira, Walter Motta. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.932 208 5

TESE defendida e aprovada em 30/01/2018 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Walter Motta Ferreira
(Orientador)



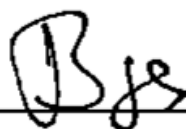
Prof. Dra. Raquel Silva de Moura



Prof. Dr. Luiz Carlos Machado



Prof. Dra. Eloísa de Oliveira Simões Saliba



Prof. Dr. Iran Borges

*À minha família, que sempre merecerá algo melhor.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pela presença constante, por todo amparo e força diante das dificuldades; por me mostrar o caminho correto nas horas incertas e, enfim, por ter me concedido a honra de realizar mais este sonho;

A meus pais, Müller (*In memoriam*) e Rosângela, que me deram, não apenas a vida, mas uma valiosa educação e sábias lições de esperança e amor, por ser um exemplo de casal, firmes e perseverantes, mesmo em tempo de adversidades;

Aos meus irmãos Müller, Tati e Pedro e toda minha família por ser fonte de inspiração e força, pois nos momentos de alegria ou de dificuldade crescemos juntos, na fé e esperança;

À UFMG, em especial ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária pela possibilidade de realização deste doutorado;

Ao Prof. Dr. Walter Motta Ferreira, pela orientação, paciência e amizade, se fazendo presente em todos os momentos de minha recorrente desorientação;

Aos Prof. Raquel Moura, Eloisa Saliba, Luiz Machado e Iran Borges, pela disponibilidade e presteza em contribuir com este trabalho;

Aos Prof. Leonardo Boscoli e Dalton de Oliveira Fontes, pelo apoio, presença e por acreditarem em mim;

À Clarice S. Silva Neta por todo companheirismo, palavras de conforto, tantas trocas de ideia sobre este trabalho, além de todos os excelentes momentos juntos;

Aos amigos de equipe Diogo, Katiuscia, Martolino, Leonardo, Fábio, Matheus e Estêvão puramente fundamentais em todas as etapas;

Ao amigo Thiago Costa, por todo apoio e parceria nesta caminhada;

Aos meus padrinhos Antônio de Pádua e Sandra e meus tios Ricardo e Rubens, pelos interesses compartilhados;

Aos funcionários Toninho, Danilo, Douglas, Rose, Marciano, Carlinho, Ronaldo, Nilson e Roberto pelo auxílio;

A todos os novos e antigos amigos, pelo simples fato de existirem;

A todos os colegas e professores da UFMG, pelo convívio e aprendizado;

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado;

À CAPES e FAPEMIG, pelos recursos disponibilizados para realização destes experimentos.

Dentro de nós há uma coisa que não tem nome, essa coisa é o que somos.
José Saramago

SUMÁRIO

CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA	13
1. Introdução.....	13
2. Atualidades sobre o uso de fibras na nutrição de coelhos.....	14
3. Fermentação e atividade microbiana cecal.....	20
4. Bagaço de cana-de-açúcar	24
5. Vinhaça.....	26
6. Avaliações <i>in vitro</i>	28
6.1. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	28
6.2. Técnica de produção de gases	30
6.3. Qualidade do inóculo nas avaliações <i>in vitro</i>	32
7. Considerações finais	33
CAPÍTULO II - DIGESTÃO E FERMENTAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE INGREDIENTES, COPRODUTOS E SUBPRODUTOS TROPICAIS COM USO POTENCIAL EM DIETAS PARA COELHOS	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.1. Coleta das amostras	37
2.2. Análises químicas das amostras dos ingredientes	37
2.3. Ensaio de produção de gás e degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	38
2.4. Ensaio de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	39
2.5. Análises estatísticas.....	40
3. RESULTADOS	41
3.1. Composição química dos ingredientes.....	41
3.2. Digestão <i>in vitro</i> e parâmetros fermentativos dos ingredientes	41
3.3. Correlação entre digestão <i>in vitro</i> , parâmetros de fermentação e composição química.....	43
3.4. Relação entre os parâmetros <i>in vitro</i> e agrupamento dos ingredientes	45
4. DISCUSSÃO	47
5. CONCLUSÃO.....	51
CAPÍTULO III - DIGESTIBILIDADE <i>IN VIVO</i> , CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO <i>IN VITRO</i> E CONTRIBUIÇÃO NUTRITIVA DOS CECOTROFOS DE COELHOS EM CRESCIMENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE CANA-DE- AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU AUTOCLAVADO ENRIQUECIDOS VINHAÇA.....	52
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1. Local do estudo	55
2.2. Coleta e preparo do bagaço de cana-de-açúcar e das dietas experimentais	55
2.3. Ensaio de digestibilidade <i>in vivo</i>	57
2.4. Ensaio de cecotrofia	57
2.5. Ensaio de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	57
2.6. Estudo de produção de gás e degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	58
2.7. Análises químicas.....	60
2.8. Análises estatísticas.....	61
3. RESULTADOS	61

3.1.	Composição química dos bagaços de cana-de-açúcar.....	61
3.2.	Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	61
3.3.	Digestibilidade <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> das dietas.....	62
3.4.	Contribuição nutritiva dos cecotrofos	63
4.	DISCUSSÃO	66
4.1.	Composição química dos bagaços de cana-de-açúcar.....	66
4.2.	Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade <i>in vitro</i> dos bagaços de cana.66	
4.3.	Digestibilidade <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> das dietas.....	67
4.4.	Contribuição nutritiva dos cecotrofos	69
5.	CONCLUSÃO.....	70
CAPÍTULO IV - DIGESTIBILIDADE E DEGRADABILIDADE <i>IN VITRO</i> E		
DESEMPENHO PRODUTIVO DE COELHOS EM CRESCIMENTO ALIMENTADOS		
COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR <i>IN NATURA</i> OU AUTOCLAVADO E		
VINHAÇA.....		
	RESUMO.....	71
	ABSTRACT.....	72
1.	INTRODUÇÃO.....	73
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	74
2.1.	Local do estudo	74
2.2.	Preparo do bagaço de cana-de-açúcar	74
2.3.	Animais, tratamentos e delineamento experimental	74
2.4.	Ensaio de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	76
2.5.	Ensaio de produção de gás e degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca.....	77
2.6.	Avaliações de órgãos e parâmetros de carcaça	79
2.7.	Análises químicas.....	79
2.8.	Análises estatísticas.....	80
3.	RESULTADOS	80
3.1.	Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	80
3.2.	Desempenho produtivo	81
3.3.	Parâmetros de carcaça, órgãos e abate	81
4.	DISCUSSÃO.....	86
4.1.	Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	86
4.2.	Desempenho produtivo	87
4.3.	Parâmetros de carcaça, órgãos e abate	87
5.	CONCLUSÃO.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química analisada (g/kg MS) dos ingredientes, coprodutos e subprodutos avaliados	42
Tabela 2. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), degradabilidade in vitro da matéria seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo Gompertz para quantidade máxima de gás produzido (B, mL / g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa específica de produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL / h), tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG, h) dos ingredientes.....	44
Tabela 3. Matriz de correlação dos coeficientes de Pearson entre a composição química e a digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), degradabilidade in vitro da matéria seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo Gompertz	45
Tabela 4. Composição química analisada (g/kg MS), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), a degradabilidade in vitro da matéria seca (DEGMS) e os parâmetros ajustados ao modelo de Gompertz dos grupos formados pela análise HCPC.....	47
Tabela 5. Ingredientes (g/kg) da dieta controle e das dietas teste	55
Tabela 6. Composição química analisada (g/kg de MN) das dietas experimentais contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça	56
Tabela 7. Composição química analisada (g/kg MS) dos diferentes tipos de bagaço de cana	62
Tabela 8. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), degradabilidade in vitro da matéria seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo Gompertz para quantidade máxima de gás produzido (B, mL / g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa específica de produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL / h), tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG, h) dos quatro tipos de bagaços de cana	63
Tabela 9. Peso vivo (g), consumo médio diário (CMD, g MS), ganho de peso diário (GPD, g), digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, cinzas, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e da energia bruta e proteína digestível (g/kg MS) e energia digestível (kcal/kg MS) das dietas (n = 10 coelhos/tratamento)	64
Tabela 10. Composição química em matéria seca e proteína bruta dos cecotrofos de acordo com as dietas experimentais (g/kg), peso vivo (g), consumo médio diário (CMD), produção diária de cecotrofos e contribuição nutritiva dos cecotrofos em matéria seca (CNMS) e proteína bruta (CNPB) de acordo com as dietas experimentais (n = 10 coelhos/tratamento).....	65

Tabela 11. Ingredientes (g/kg) das dietas experimentais contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça.....	75
Tabela 12. Composição química analisada (g/kg MN) de dietas experimentais contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça	76
Tabela 13. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), degradabilidade in vitro da matéria seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo Gompertz para quantidade máxima de gás produzido (B, mL/g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa específica de produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL/h), tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG, h) das dietas experimentais	82
Tabela 14. Peso vivo, ganho de peso diário (GPD, g/dia), consumo médio diário (CMD, g/dia) e conversão alimentar (CA, g/g) de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça (n = 22 coelhos/tratamento).....	83
Tabela 15. Características de carcaça de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça (n = 12 coelhos/tratamento)	84
Tabela 16. Características do trato gastrointestinal do conteúdo cecal de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça (n = 12 coelhos/tratamento)	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exposição gráfica da análise de componentes principais dos ingredientes mostrando as inter-relações entre os parâmetros de digestão e fermentação. Plotagem dos grupos formados a partir dos resultados da análise HCPC.....	46
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

A: decaimento na taxa específica de produção de gás;
B: quantidade máxima de gás produzido;
BA: bagaço autoclavado;
BAV: bagaço autoclavado enriquecido com vinhaça;
BIN: bagaço *in natura*;
BINV: bagaço *in natura* enriquecido com vinhaça;
C: taxa específica de produção de gás;
Ca: cálcio;
CA: conversão alimentar;
CMD: consumo médio diário;
DBO: demanda bioquímica de oxigênio;
DEGMS: degradabilidade *in vitro* da matéria seca;
DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca;
DQO: demanda química de oxigênio;
EB: energia bruta;
ED: energia digestível;
EE: extrato etéreo;
FAO: Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura;
FDA: fibra em detergente ácido;
FDN: fibra em detergente neutro;
g: grama;
GDP: ganho de peso diário;
HEM: hemiceluloses;
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
Kg: quilograma;
LAG: tempo de latência.
LDA: lignina em detergente ácido
mg: miligrama;
MN: matéria natural;
MO: matéria orgânica;
MS: matéria seca;
NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido;
NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro;
N-NH₃: nitrogênio amoniacal;
P: fósforo;
PB: proteína bruta;
PD: proteína digestível;
pH: potencial hidrogeniônico;
t: tonelada;
TMF: taxa máxima de fermentação;
TMTF: tempo para máxima taxa de fermentação;
UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais.

CAPITULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1. Introdução

A cunicultura brasileira não é ainda uma produção proeminente em termos de quantidade, mas, uma vez que os animais apresentam características zootécnicas desejáveis em um sistema produtivo, apresenta indicativos de ser vantajosa. O coelho permite a produção em larga escala em pequenos espaços, apresenta curtos intervalos de partos com alto potencial reprodutivo, elevada taxa de crescimento, além da habilidade de utilizar forragem e subprodutos de forma eficiente em sua alimentação.

Os coelhos são criados em muitos países com finalidades distintas, tais como animais de companhia, aproveitamento do pelo, pele, couro, produção de carne, cobaias de laboratórios em institutos de pesquisa e indústrias farmacêuticas para produção e desenvolvimento de novas vacinas, para estudos imunológicos e tecnológicos, dentre outros. Entretanto, o principal uso dos coelhos a nível mundial, como espécie comercial, é para produção de carne. Por ser considerada uma fonte de proteína de alto valor biológico e com um custo de produção relativamente baixo, torna-se possível credenciá-la como uma excelente opção de alimento à população humana.

Na Europa a cunicultura tem destaque industrial, sendo considerável o consumo da carne de coelho principalmente na França, Espanha e Itália. Dados recentes apontam a China como maior produtor mundial de carne de coelho. Percebe-se ainda que a produção no mundo vem aumentando nos últimos anos, a produção em 2010 de cerca de 1.500.000 toneladas (FAO, 2016).

Dados apontam o Brasil como o quinto produtor de carne de coelho da América do Sul, estando à frente do Equador, Uruguai e Bolívia. Segundo o Censo Agropecuário do IBGE (2006) a população total de coelhos no país era de 295.584 animais. Enquanto, segundo a FAO (2016), a produção total de carne de coelhos foi de 1.390 toneladas, contudo no Brasil, os dados concretos sobre a produção de coelhos são escassos e pouco atualizados.

Desta forma, como resultado de melhorias genéticas de manejo e nutrição de coelhos, tem se elevado suas necessidades nutritivas e o consumo por unidade de peso vivo, por isto é essencial fornecer uma alimentação adequada e equilibrada que estimule o consumo e que

33 atenda a todas suas exigências nutritivas, visando alcançar o máximo potencial produtivo (La
34 O, 2007).

35 Espécies herbívoras não-ruminantes de ceco funcional, como os coelhos, possuem a
36 característica de acomodar em seu trato digestório uma população microbiana simbiótica
37 (Michelland et al., 2011), com funções digestivas as quais o hospedeiro é incapaz de realizar,
38 como a digestão de carboidratos estruturais, a síntese de aminoácidos essenciais e de vitaminas
39 do complexo B, permitindo a sobrevivência à base de rações de baixo valor nutricional
40 contendo alimentos fibrosos (Carabaño et al., 2010).

41 Uma vez que a digestão dos coelhos é adaptada à alta ingestão de fibras, o seu baixo
42 consumo pode resultar em distúrbios digestivos, como alterações na atividade fermentativa do
43 ceco e trânsito lento que favorece a ocorrência de diarreias, sobretudo em coelhos jovens
44 (Gómez-Conde et al., 2009). O emprego de fontes fibrosas de baixo valor nutricional, ricas em
45 frações insolúveis da fibra, afeta a taxa de retenção da digesta, atividade microbiana,
46 fermentabilidade da fibra e *turnover* cecal (Gidenne et al., 2010; Rodríguez-Romero et al.,
47 2011), contudo o suprimento adequado desta fração fibrosa, auxilia na manutenção da
48 mortalidade de animais em níveis adequados (Trocino et al., 2013).

49 As características digestivas dos coelhos permitem que a fibra seja incluída na dieta
50 devido à dualidade da excreção fecal, em função da capacidade dos coelhos de produzir e
51 reingerir parte do material fecal (as chamadas fezes moles ou cecotrofos), oriundas da
52 fermentação cecal, fenômeno denominado como cecotrofia, que permite que os coelhos
53 aproveitem o conteúdo fibroso presente nos alimentos vegetais (Ferreira, et al. 2008; Ferreira
54 et al., 2015), sendo a fermentação cecal uma característica de grande importância, visto que esta
55 é responsável por 16 a 18% da digestão do animal, essencial para o suprimento adequado dos
56 nutrientes (Carabaño et al., 2010).

57 Diante disto, o objetivo com esta revisão de literatura foi discorrer sobre os atuais
58 avanços na pesquisa em nutrição e alimentação de coelhos, no que tange a utilização de
59 ingredientes fibrosos, estudos sobre fermentação cecal e avaliações *in vitro*.

60

61 2. Atualidades sobre o uso de fibras na nutrição de coelhos

62 Um dos principais problemas da atual cunicultura intensiva é a frequente ocorrência de
63 distúrbios digestivos durante o período de crescimento, comprometendo a viabilidade da
64 produção. O nível e origem de alguns nutrientes, como as fibras e o amido, têm sido

65 frequentemente relacionados à saúde intestinal dos coelhos, embora seus efeitos sejam, muitas
66 vezes, difíceis de se elucidar (Martínez-Vallespín et al., 2011).

67 Devido aos altos custos com alimentação, o sucesso econômico das granjas cunícolas
68 depende de melhorias na conversão alimentar (CA) e na redução da mortalidade, sobretudo na
69 fase de crescimento. Estes objetivos podem ser parcialmente alcançados por meio de estratégias
70 nutricionais adequadas (De Blas, 2012).

71 Entre essas estratégias, o aumento do fornecimento de fibras de maneira equilibrada,
72 entre fibra solúveis e insolúveis, pode ser importante para a manutenção dos altos valores de
73 digestibilidade dos nutrientes e energia, além de prevenir a ocorrência de doenças digestivas,
74 especialmente a Enteropatia Epizootica Cunicola, devido às mudanças favoráveis exercidas
75 sobre o ambiente cecal, melhorando a atividade fermentativa da microbiota (Martínez-
76 Vallespín et al., 2013) e as funções de barreira do intestino (Grueso et al. 2013).

77 Para coelhos, a fibra em detergente ácido (FDA) e a fibra em detergente neutro (FDN),
78 frações mais insolúveis, são os estimadores da fibra mais rotineiramente empregados e dosados
79 nas formulações de dietas. Aceita-se que a fibra insolúvel (FI) é o fator mais importante para
80 regulação da taxa de passagem e da atividade microbiana (Gómez-Conde et al., 2009) e durante
81 muito tempo foi a única a receber reconhecida importância nas formulações.

82 As formulações de dietas para coelhos em crescimento são, em geral, balanceadas
83 quanto ao nível de FDA, que segundo as recomendações de De Blas e Mateos (2010), devem
84 se encontrar entre 175g/kg e 200g/kg. Entretanto, recentes pesquisas indicam que outras frações
85 da fibra, bem como as relações entre o nível de fibra e outros princípios nutritivos como a
86 proteína (Gidenne et al., 2013), o amido (Trocino et al., 2011) e a energia (Knudsen et al., 2014)
87 não devem ser negligenciadas devido à importância destas interações sobre diversos fatores
88 como a produção e excreção de N amoniacal, a ocorrência de distúrbios digestivos e da saúde
89 intestinal dos animais.

90 A fibra dietética total (FDT) é definida como sendo polissacarídeos e substâncias
91 associadas, resistentes à digestão enzimática e absorção dos mamíferos, mas que podem ser
92 parcialmente ou totalmente fermentadas no intestino (Mc Cleary et al., 2010). Fibra insolúvel
93 (FI), sob o ponto de vista químico compõe-se de ligninas (que são indigestíveis) e outras
94 substâncias de incrustação da parede celular, diferente de carboidratos, além das hemiceluloses
95 e da celulose (que são partes da matéria orgânica lentamente fermentáveis dos alimentos).
96 Sendo assim, esta fração não compreende os polissacarídeos da parede celular de rápida
97 fermentação, como as pectinas e aquelas solúveis que não ocupam espaço em ambiente líquido

98 e que são rapidamente digeridas, como as frutanas e as gomas (Westenbrink et al., 2013).
99 Portanto, os trabalhos consideram o FDN e/ou o FDA como representantes da fração insolúvel
100 das dietas. E a fibra solúvel (FS) é a parte da FDT que compreende os polissacarídeos não-
101 amiláceos e demais substâncias rapidamente fermentescíveis (β -glucanos, frutanos, galactanos
102 e substâncias pécticas).

103 No entanto, Abad et al. (2013) relataram que a estimativa dos conteúdos de fibra dos
104 ingredientes dependem do método empregado, sendo necessário estudos adicionais para
105 determinar em qual deles há melhor correlação com a resposta animal, já que os produtos e
106 coprodutos utilizados na alimentação de coelhos possuem origem e/ou processamentos
107 distintos, havendo assim, grande diversidade estrutural de parede celular entre os mesmos, os
108 quais se refletirão sobre as propriedades físico-químicas da fibra dietética para formulação na
109 qual são incluídas (Retore et al., 2010).

110 Alguns alimentos são tradicionais fontes fibrosas nas formulações de dietas para
111 coelhos, o feno de alfafa e o farelo de trigo (De Blas e Mateos, 2010). Contudo outros
112 ingredientes passam a ter capital importância para balanceamento de dietas a partir da dosagem
113 da fibra dietética. Na Europa, a polpa seca de beterraba (Trocino et al., 2010), a polpa de maçã
114 (Alvarez et al., 2007), a polpa de chicória desidratada (Maertens et al., 2014), e outros
115 ingredientes como bagaço e semente de uva (Martínez-Vallespín et al., 2011) e casca de aveia
116 (Gómez-Conde et al., 2007) são comumente utilizados para balanceamento das frações fibrosas
117 de dietas para coelhos. No Brasil, embora sejam escassos os trabalhos que dosam FDT, FS ou
118 FI diretamente, alguns ingredientes podem ser estratégicos no uso equilibrado da fibra, como a
119 polpa cítrica peletizada, a casca de soja (Retore et al., 2010) e os fenos de amoreira, rami
120 (Ferreira et al., 2007) ou da parte aérea da mandioca (Ferreira et al., 2011). Até mesmo o bagaço
121 de cana-de-açúcar (Ferreira et al., 2015) e a casca de arroz (Amoroso et al., 2009) devem ser
122 considerados em um possível balanceamento como fontes de FI.

123 A FI é a mais importante fração da FDT relacionada à problemas digestivos em coelhos
124 e é o fator mais importante na regulação da taxa de passagem e no crescimento microbiano,
125 embora a baixa fermentabilidade desta fração da fibra prejudique a síntese de proteína
126 microbiana (Rodríguez-Romero et al., 2011). Além da FDA, um nível mínimo de 350g/kg de
127 FDN é recomendado para minimizar o acúmulo de digesta no ceco e maximizar o desempenho
128 produtivo durante todo o período de engorda (De Blas e Mateos, 2010).

129 A comparação entre dietas contendo FI e FS em diferentes proporções, mantendo os
130 níveis dos demais nutrientes, permite observar que a inclusão do primeiro em detrimento ao

131 segundo reduz o consumo médio diário (CMD) em 17,1%, porém melhora a digestibilidade da
132 matéria seca (MS) e da matéria orgânica (MO) das dietas (Rodríguez-Romero et al., 2011).
133 Deve-se considerar também a influência do nível de FI ingerido da dieta em relação ao tempo
134 de retenção médio íleo-retal da dieta, conforme exposto por Gidenne et al., (2010). Este tempo
135 de retenção é linear e negativamente correlacionado com o nível de FDN dietético. Isto
136 significa, que em dietas com menor teor de FI, o tempo de retenção cecal tende a ser maior,
137 permitindo maior tempo de ação dos micro-organismos sobre o conteúdo cecal.

138 Em coelhos em crescimento, o aumento dos níveis de amido enquanto se mantem
139 constantes os teores de FDA dietético, reduzem o comprimento das vilosidades da mucosa ileal
140 (Carraro et al., 2007). Por sua vez, o aumento dos níveis de FDN e FDA, mantendo-se os níveis
141 de amido constantes, reduzem a altura das vilosidades da mucosa jejunal (Alvarez et al., 2007).

142 A FS possui alta capacidade de retenção de água, promovendo a formação de géis
143 quando incluídas em dietas de coelhos em crescimento. Em substituição ao amido, reduz a taxa
144 de passagem da digesta e o CMD (Pascual et al., 2014). Foi observado por Trocino et al. (2010),
145 que o aumento da FS dietética melhora a digestibilidade da MS (55,4 para 61,3%), energia bruta
146 (54,7 para 60,6%), FDA (14,8 para 25,7%) e da própria FS (85,0 para 93,9%).
147 Concomitantemente, foi notado um aumento no ganho de peso diário (GPD) e no peso ao abate.

148 Foram encontrados em láparos desmamados aos 25 dias, alimentados com dietas
149 contendo níveis crescentes de FS (79, 103 e 131 g/kg de MS), maiores alturas de vilosidades e
150 menores profundidades de cripta, com o aumento do nível de FS da dieta, além de redução da
151 frequência de *Clostridium perfringens* (17,6, 2,87 e 5,7% respectivamente) no conteúdo cecal
152 destes animais (Gómez-Conde et al., 2007). Tendo em vista que a presença de *C. perfringens*
153 está associada à ocorrência de Enteropatia Epizootica Cunicola, torna-se importante o fato de
154 que a funcionalidade da barreira intestinal tenha sido aprimorada e a integridade da mucosa dos
155 coelhos mantida, melhorando a proteção contra patógenos, provavelmente por evitar a
156 colonização e a translocação de bactérias patogênicas e suas toxinas.

157 O aumento simultâneo do amido dietético e da FS em substituição à FI é uma estratégia
158 para incremento a energia e assim, ao mesmo tempo, otimizar a CA, em até 27,89%, promover
159 redução do CMD, em até 25,4%, mantendo GPD dos animais, além de reduzir a mortalidade
160 de 17,1 para 2,9% segundo Xiccato et al. (2011) e de 15,8 para 4,9% segundo Tazzoli et al.
161 (2015). Por outro lado, quando a estratégia nutricional não prevê o aumento simultâneo do nível
162 de amido concomitante à FS, não são encontrados efeitos benéficos sobre a mortalidade,
163 morbidade ou risco sanitário (Trocino et al., 2010).

164 Trocino et al. (2013), avaliando o aumento das relações FS:Amido (0,5 e 1,1), por meio
165 da inclusão de polpa seca de beterraba como fonte de FS para coelhos em crescimento
166 observaram que, o aumento nessa relação elevou a digestibilidade da MS (60,5 para 67,0%) e
167 da energia bruta (60,4 para 66,7%) e de todas as frações da fibra dosadas (FDT, FDN, FDA, FS
168 e Hemiceluloses), além de reduzir o CMD em 7,0% e a CA em 8,4% durante o período total
169 avaliado. Os possíveis efeitos negativos de altos níveis de amido, podem ser contrabalanceados
170 pelos efeitos benéficos da FS na saúde intestinal.

171 As melhorias na utilização digestiva e nos valores nutricionais quando a energia
172 dietética é incrementada pela substituição concomitante da FI pelo amido e FS, é esperada
173 devido à grande disponibilidade de substratos fermentescíveis (Blas e Gidenne, 2010), fato
174 observado pelo aumento dos níveis de AGV totais no conteúdo cecal (Tazzoli et al., 2015),
175 principalmente na redução dos níveis de acetato e aumento dos níveis de propionato de animais
176 alimentados com este tipo de dieta (Trocino et al., 2011).

177 O aumento da FS em relação à FI está sendo relacionada ao maior valor energético e à
178 melhor digestibilidade dos nutrientes, inclusive de todas as frações da fibra. No entanto, Retore
179 et al. (2010) avaliando três ingredientes fibrosos (casca de soja, feno de alfafa e polpa cítrica)
180 para coelhos em crescimento, obtiveram dietas com diferentes relações FS:FI (0,18; 0,24 e 0,43,
181 respectivamente) e observaram que CMD foi menor para o tratamento com casca de soja e
182 maior para o tratamento com polpa cítrica (16,7%), acarretando em melhoria de 19,3% no CA
183 do tratamento com casca de soja em relação ao com polpa cítrica, embora o peso vivo final
184 (2,163Kg) e o GPD (25,43g/dia) tenham sido semelhantes para todos os tratamentos. Isto indica
185 que maiores proporções de celulose e hemiceluloses em relação às ligninas, podem ter
186 proporcionado maiores tempos de retenção cecal e disponibilização de nutrientes, bem como
187 maior degradação da fração fibrosa pela atividade microbiana cecal.

188 Em trabalho que visou obter avaliar o desempenho de coelhos alimentados com
189 diferentes relações Amido+FS:FDA (1,2; 1,8 e 2,8), Tazzoli et al. (2013) encontraram que
190 níveis de até 200g/kg de amido e 120g/kg de FS têm efeito positivo sobre a microbiologia cecal,
191 pelo aumento das concentrações de AGV (52,1 para 61,9mmol/L) e a redução do pH (5,9 para
192 5,67) e do N amoniacal (4,85 para 1,93mmol/L) cecais. Estes autores ainda observaram
193 melhorias no CMD (33,34%) e na CA (32,25%). Por outro lado, estas relações não afetaram a
194 mortalidade nem as características de carcaça dos animais avaliados.

195 A estratégia nutricional proposta por Gómez-Conde et al. (2009), de manter estáveis os
196 níveis de FDA e amido, variando a FS por meio da inclusão de casca de aveia (79g/kg MS de

197 FS), alfafa desidratada (103g/kg MS de FS) e polpa mista de beterraba e maçã (131g/kg MS de
198 FS), resultaram em aumento linear sobre a inclusão de FS nas digestibilidades da MS, EB, FDN
199 e FDA, com a concomitante redução no CMD e melhorias na CA e na mortalidade (14,4; 8,47
200 e 5,26%, respectivamente) não sendo alteradas as digestibilidades do amido e da PB, no GPD
201 e os valores de peso ao abate. Ainda neste trabalho, os autores observaram que houve aumento
202 no peso do ceco vazio (13,56%), bem como no do seu conteúdo (31,92%).

203 Os efeitos das diferentes frações fibrosas das dietas sobre características de carcaça e
204 peso de órgão ainda são conflitantes, pois o método de avaliação, bem como o balanceamento
205 de outros nutrientes parecem estar fortemente relacionadas às características supracitadas.
206 Percebe-se que o aumento dos conteúdos de FS, elevam o peso do trato gastrointestinal,
207 sobretudo o peso do ceco e de seu conteúdo (Pascual et al., 2014), reduzindo assim o rendimento
208 de carcaça (Trocino et al., 2011).

209 Chao e Li (2008), averiguaram que embora não tenham sido encontradas diferenças
210 significativas para peso ao abate em animais alimentados com diferentes níveis de FI, o peso
211 relativo (g/kg de PV) do estômago, do intestino delgado e do ceco, além do peso do conteúdo
212 cecal (g), foram maiores quanto maior foi o conteúdo de FI dietético.

213 Em estudo semelhante, Pascual et al. (2014) alimentando coelhos, desta vez com altos
214 níveis de FS (227g/kg MS) em comparação a uma dieta comercial (134g/kg MS), verificaram
215 que o percentual de pele, gordura perineal e gordura dissecável são menores, em função do
216 menor consumo de carboidratos, que reduzem a deposição de ácidos graxos derivados do
217 metabolismo energético. Trocino et al. (2010), reiteram que as mensurações ao abate e de
218 qualidade de carne não são alteradas com o aumento dos níveis de FS dietética. Retore et al.
219 (2010) observaram maior relação carne:osso e maior força de cisalhamento da carne de coelhos
220 alimentados com maiores relações FS:FI.

221 Admite-se que a redução do suprimento de FDT altera o ecossistema cecal modificando
222 a estrutura da comunidade bacteriana e suprimindo o número de bactérias. Rodríguez-Romero
223 et al. (2013), relatam que a quantidade total de bactérias tende a aumentar com o suprimento de
224 FS em dietas com baixo nível de FI, embora a biodiversidade tenha se mantido inalterada. Uma
225 fraca, mas significativa correlação foi encontrada por Michelland et al. (2011) entre a
226 comunidade bacteriana cecal e o ambiente cecal, sugerindo que esta comunidade bacteriana do
227 ceco de coelhos pode rapidamente atingir um novo estado de equilíbrio em resposta às
228 alterações do conteúdo de fibra dietética (403 para 203g/kg FDN e 204 para 107g/kg FDA),

229 demonstrando que as alterações do tipo ou nível de fibra dietética podem ser corrigidas,
230 tornando menor o impacto sobre o animal.

231

232 3. *Fermentação e atividade microbiana cecal*

233 O ecossistema digestivo está envolvido em diversas funções fisiológicas,
234 principalmente na regulação dos sistemas imune e digestivo. O controle sobre a microbiota
235 pode melhorar a eficiência e saúde digestiva de coelhos, o que teria impacto direto sobre o
236 ambiente e sobre o custo das dietas (Combes et al., 2013).

237 A ocorrência de enterites, principalmente logo após a desmama, é a maior causa de
238 perdas econômicas em uma exploração comercial de coelhos. Considerando que a microbiota
239 do trato digestivo possui uma ação significativa no estado sanitário, bem como nos parâmetros
240 zootécnicos dos animais, esforços têm sido empregados sobre a ideia de biorregulação desta
241 microbiota, o que permitiria a otimização dos resultados e redução na perda de animais em
242 decorrência de transtornos entéricos (Carabaño et al., 2010)

243 Nos últimos anos, técnicas de microbiologia molecular levaram a um substancial
244 progresso no conhecimento da diversidade microbiológica do ecossistema digestivo. Trabalhos
245 como os de Abecia et al. (2005) e Monteils et al. (2008), utilizando a técnica de eletroforese
246 capilar e polimorfismo de conformação de filamento único, demonstraram que 80 a 90% dos
247 sequenciamentos encontrados no ambiente cecal de coelhos, são de espécies novas e nunca
248 cultivadas.

249 O controle da microbiota enteral pode melhorar a saúde e eficiência digestiva e, ainda,
250 o status imunológico dos coelhos (Combes et al., 2013). Este controle, por meio da otimização
251 da composição desta microbiota tem um impacto direto na eficiência de aproveitamento das
252 dietas e pode permitir o uso de matérias-primas fibrosas não empregadas na alimentação
253 humana (Franz et al., 2011).

254 Uma abundante comunidade bacteriana está presente na região ceco-cólica e,
255 consequentemente, nos cecotrofos e fezes dos coelhos (10^{10} a 10^{12} /g de conteúdo cecal). Já a
256 população de arqueias neste compartimento está estimada em 10^7 /g de conteúdo cecal. Por outro
257 lado, parece haver uma restrita comunidade de fungos anaeróbios e protozoários neste ambiente
258 (Combes et al., 2011; Kimsé et al., 2012), provavelmente em função de uma forte exclusão
259 competitiva, por parte dos micro-organismos presentes em maior quantidade.

260 Combes et al. (2011), verificaram que os principais micro-organismos encontrados no
261 ecossistema cecal de coelhos em crescimento, embora variem com a idade, compõem-se

262 fundamentalmente de *Archaea* (0 a 8,28 log₁₀/g conteúdo cecal), *bacterias* (8,38 a 11,04 log₁₀/g
263 conteúdo cecal), *bacterioides/Prevotella* (7,18 a 9,67 log₁₀/g conteúdo cecal) e *Firmicutes* (7,35
264 a 10,88 log₁₀/g conteúdo cecal), sendo estes últimos descobertos apenas a partir da utilização
265 da técnica de eletroforese capilar e polimorfismo de conformação de filamento único (Abecia
266 et al., 2005). Estudos baseados em cultura de micro-organismos demonstraram que coelhos
267 adultos hospedam 10⁷ UFC/g de conteúdo cecal (unidades formadoras de colônias) de micro-
268 organismos celulolíticos, enquanto para pectinolíticos e xilanolíticos este valor está entre 10⁹ e
269 10¹⁰ UFC/g de conteúdo cecal (Combes et al., 2013).

270 Toda esta diversidade está diretamente relacionada a extensão de degradação e o tempo
271 máximo de fermentação dos princípios nutritivos. Em uma avaliação *in vitro*, Lavrenčič (2007),
272 utilizando a técnica de produção de gases, avaliou o tempo e extensão da fermentação do amido,
273 das pectinas, hemiceluloses e celulose de forma isolada e encontrou uma ampla variação no
274 padrão fermentativo ao comparar a utilização do inóculo cecal de coelhos de 38 dias, com os
275 de coelhos com 78 dias, corroborando com resultados obtidos no trabalho de Combes et al.
276 (2011), em relação à variação do ecossistema cecal de coelhos de acordo com a idade do animal.
277 Entretanto, Lavrenčič (2007) verificou ainda que, a extensão de degradação média dos
278 princípios nutritivos avaliados segue a seguinte ordem: celulose (3,8 mL/h), amido (9,25 mL/h),
279 hemiceluloses (19,35 mL/h) e pectinas (27,6 mL/h), com uma produção acumulada de gases na
280 ordem de 135,0; 251,5; 309,0 e 343,5 mL/g MS, respectivamente. Sendo assim, os principais
281 substratos responsáveis pela produção de AGV no ceco são as pectinas e hemiceluloses dos
282 alimentos.

283 Como resultado desta atividade fermentativa da microbiota cecal, são produzidos ácidos
284 graxos voláteis (AGV) nas proporções de 60-80 mmol de acetato, 8-20 mmol de butirato e 3-
285 10 mmol de propionato para cada 100 mmol de AGV totais. A concentração de AGV, somada
286 à produção de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e o pH cecal, formam importantes indicativos da
287 atividade fermentativa, sendo que os valores e proporções não são fixos e variam segundo
288 diversos fatores como o período do dia e estágio de desenvolvimento do coelho, bem como a
289 estratégia de alimentação empregada e composição dietética (Carabaño et al., 2010).

290 No ceco, a grande disponibilidade de carboidratos fermentescíveis nas dietas com altos
291 níveis energéticos promove aumento expressivo na atividade microbiana, estimulando a
292 produção de AGV, redução no pH e na concentração de N-NH₃ (Tazzoli et al., 2015).

293 Níveis de até 150 g/kg de amido nas dietas mantiveram, segundo Trocino et al. (2011),
294 a boa saúde intestinal e o equilíbrio do ecossistema cecal de coelhos em crescimento. Este nível

295 concorda com as exigências propostas por De Blas e Mateos (2010) de 140 a 160 g/kg. Contudo,
296 o efeito do amido sobre o padrão fermentativo cecal ainda é controverso. Como o amido é
297 extensivamente digerido no intestino delgado (Gidenne et al., 2005) e apenas pequenas
298 quantidades atingem o ceco, admite-se que este afetaria pouco a atividade fermentativa.

299 Fato é que altos níveis de amido em dietas para coelhos deveriam, em tese, reduzir a
300 proporção de acetato, enquanto aumentam as concentrações de butirato, como resultado de uma
301 alta atividade fermentativa de bactérias amilolíticas (Blas e Gidenne, 2010; Belenguer et al.,
302 2011; Tazzoli et al., 2013). Entretanto, dados de Trocino et al. (2011) demonstraram que a
303 alteração nas concentrações de AGV dependem da interação entre os níveis de fibras, sobretudo
304 em relação ao aumento na taxa de passagem da digesta pelo intestino delgado (Belenguer et al.,
305 2012) e pela influência da FDN sobre o tempo de retenção médio íleo-retal (Gidenne et al.,
306 2010). Isto é, estes dois fatores estão estreitamente relacionados ao maior ou menor tempo de
307 ação dos micro-organismos sobre o conteúdo cecal e conseqüentemente as proporções dos
308 produtos da fermentação produzidos.

309 Diversos estudos buscam elucidar o efeito das diversas frações da fibra sobre os
310 parâmetros produtivos, digestivos e microbiológicos de coelhos. Rodriguez-Romero et al.
311 (2013) afirmaram que o tipo e nível de fibra nas dietas não afetam claramente as respostas
312 físico-químicas sobre o ambiente cecal.

313 Avaliando o efeito dos níveis de FDA (130 a 250 g/kg) sobre os parâmetros cecais de
314 coelhos, Chao e Li (2008), reportaram aumento no pH (6,2 para 6,5), redução no N-NH₃ (27
315 para 21 mmol/L), aumento na concentração molar de acetato (76 para 82 mmol/100mmol) e
316 redução na concentração de butirato (18 para 14 mmol/100mmol), o que se explica pelo
317 concomitante aumento na atividade fibrolítica (38 para 49 UI/g).

318 O incremento nos níveis de FI está relacionado ao aumento no peso do conteúdo cecal,
319 com reflexos sobre a excreção total de cecotrofos, além disto, Rodriguez-Romero et al. (2011)
320 encontraram correlação negativa ($r=0,726$; $p<0,001$) entre o conteúdo proteico dos cecotrofos
321 e o nível de fibra insolúvel das dietas, sugerindo uma baixa atividade fermentativa quanto maior
322 o conteúdo de fibras, sendo este um importante índice para produção de biomassa microbiana.

323 Chang et al. (2007), encontraram redução linear nas concentrações de acetato (77,4 para
324 72,9 mmol/100mmol) e butirato (15,2 para 12,4 mmol/100mmol) enquanto aumentava
325 linearmente a concentração de propionato (6,8 para 13,7 mmol/100mmol), concomitante a uma
326 redução no pH (6,88 para 6,45) e N-NH₃ (8,5 para 6,3 mmol/L) no ceco de coelhos em
327 crescimento quando estes foram alimentados com níveis elevados de FDN digestível (56 para

328 121 g/kg). Estes autores sugeriram que as alterações são consistentes com o aumento na
329 atividade fermentativa, indicado também pelo aumento linear na produção total de AGV (40,0
330 para 45,3 mmol/L), com alterações no ecossistema cecal de maneira benéfica.
331 Conseqüentemente, encontraram menor conversão alimentar (16,1%) e maior ganho de peso
332 diário (14,2%).

333 Belenguer et al. (2011), avaliando dietas contendo feno de alfafa ou polpa de beterraba
334 como fonte de fibra, não observaram alterações nas proporções molares de AGV. De
335 semelhante modo, Gomez-Conde et al. (2009), alimentando coelhos com diferentes fontes e
336 níveis de FS (casca de aveia, 79 g/kg MS; feno de alfafa 103 g/kg MS e; polpa de beterraba,
337 131 g/kg MS), não encontraram variação nas proporções molares de AGV. Entretanto, foi
338 reportado aumento na digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta, FDN e FDA das
339 dietas com maior nível de FS. Neste caso, a melhora na digestibilidade pode estar relacionada
340 à mudança não somente do nível de fibras utilizado, mas também aos alimentos empregados no
341 experimento.

342 Altos níveis de fibra solúvel reduziram ainda a quantidade e diversidade da comunidade
343 de *Archaea* metanogênica no ecossistema cecal, sem alterar significativamente a comunidade
344 bacteriana (Rodríguez-Romero et al., 2013). O único efeito observado pela inclusão de fibras
345 solúveis sobre as características físico-químicas do ceco de coelhos foi a redução linear do pH
346 cecal (Trocino et al., 2010), sem aumento na concentração de AGV totais. Esses resultados
347 indicam um aumento da atividade microbiana, com manutenção do equilíbrio da população
348 cecal.

349 Verifica-se ainda que a redução da relação fibra:amido dietética, geralmente, reflete em
350 menor consumo e maior atividade na região do cólon proximal (Trocino et al., 2011; Tazzoli et
351 al., 2013), permitindo maior tempo de retenção em função da atividade antiperistáltica induzida
352 pelas pequenas partículas a serem destinadas ao ceco, hipomotilidade e hiperfermentação
353 (Rodríguez-Romero et al., 2011), que possivelmente levam à disbiose na atividade microbiana
354 cecal, associada com *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium spiroforme* e
355 *Campylobacter spp*, que necessitam de glicose para seu desenvolvimento e são os principais
356 agentes causadores de diarreias e enterotoxemias em coelhos (Gomez-Conde et al., 2007).

357 A nível cecal, as proteínas contribuem para o equilíbrio da atividade fermentativa, sendo
358 o seu desbalanço capaz de promover modificações ao ecossistema cecal (Carabaño et al., 2010).
359 Todas as populações microbianas se beneficiam da disponibilidade de proteína dietética a nível
360 cecal, porém, espécies patogênicas, como a *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* e

361 *Campylobacter spp.* São favorecidos, sobretudo nos casos onde há excesso de proteína na dieta
362 (Gomez-Conde et al., 2007).

363 A redução dos níveis dietéticos de proteína acompanhados pelo incremento nos níveis
364 de fibra digestível (Gidenne et al., 2013) ou da relação fibra solúvel:amido (Xiccato et al.,
365 2011), como estratégias nutricionais para otimização da eficiência alimentar e redução na
366 excreção de nitrogênio no ambiente, demonstraram não alterar os parâmetros físico-químicos,
367 tais como o pH e a concentração de AGV. Entretanto, ambos os trabalhos encontraram redução
368 na mortalidade por enteropatias, quando aplicadas a redução dos níveis proteicos.

369 A ausência de influência do consumo, nutrientes e dietas sobre a estrutura da
370 comunidade bacteriana deve-se, provavelmente, à constante composição da digesta que chega
371 ao ceco, somada à capacidade tamponante do conteúdo cecal, visto que algumas cepas
372 específicas no ambiente cecal podem ser alteradas como estratégia para alcançarem estabilidade
373 frente às alterações dietéticas (Michelland et al., 2011).

374

375 4. *Bagaço de cana-de-açúcar*

376 A crescente demanda pela utilização racional e sustentável dos recursos alimentícios em
377 todo o mundo tem aumentado o número de pesquisas sobre a utilização de ingredientes
378 alternativos na nutrição animal (Pedroso et al., 2007). Na América Latina são produzidas
379 grandes quantidades de subprodutos e resíduos agroindustriais, sendo o Brasil responsável pela
380 produção de mais da metade e, apesar de serem pobres em nutrientes, esses subprodutos são
381 geralmente abundantes em fibra e ricos em lignina e sílica (Souza e Santos, 2004).

382 O bagaço de cana-de-açúcar é o principal subproduto sólido da indústria de cana-de-
383 açúcar (Pandey et al., 2000), com rendimentos que alcançam 300 kg de bagaço por tonelada de
384 cana-de-açúcar processada (Schlittler et al., 2006). São produzidos anualmente no Brasil
385 aproximadamente 200 milhões de toneladas de bagaço de cana (Missio, 2016), justificando seu
386 uso em dietas para animais, dentre outros aspectos, por estar de acordo com as atuais demandas
387 e tendências de mercado a medida em que proporciona adequada destinação aos resíduos
388 agroindustriais com elevado potencial poluidor.

389 Para obtenção do bagaço de cana *in natura*, realiza-se a extração dos açúcares,
390 notadamente sacarose, por meio do uso de moendas ou difusores, para as quais há diferenças
391 quanto a eficiência da extração destes açúcares, sendo de 90 a 93% para o primeiro e de 96 a
392 98% para o segundo (Delgado et al., 1975). Com isto, o resíduo sólido concentra-se
393 apresentando alto teor de parede celular com baixa concentração de proteínas (12 a 24 g/kg,

394 sendo que 90% do nitrogênio pode estar indisponível associado com a fibra), carboidratos de
395 reserva e energia, além de reduzida densidade e digestibilidade (Ezequiel et al., 2006; Henrique
396 et. al., 2007; Carvalho et al., 2009). Sua composição fibrosa alcança valores de 590 a 974 g/kg
397 de FDN, 380 a 620 g/kg de FDA e 100 a 120 g/kg de lignina (Pires et al., 2004; Carvalho et al.,
398 2006; Ferreira et al., 2015), mais especificamente o bagaço contém aproximadamente 500 g/kg
399 α -celulose, 300 g/kg de pentosanas e 24 g/kg de cinzas (Pandey et al., 2000).

400 Considerando suas características químico-bromatológicas, nota-se que o bagaço de
401 cana tem pouco potencial como substitutivo de ingredientes fibrosos tradicionais na dieta de
402 coelhos, como os fenos, contudo sua inclusão é estratégica ao que tange o balanceamento de
403 FI, sobretudo em dietas que contenham altos níveis de amido ou concentrados energéticos.
404 Ainda, em função de seu baixo teor de cinzas, o bagaço torna-se atrativo como substitutivo de
405 fibras altamente lignificadas comumente utilizadas em dietas de baixo custo, como a casca de
406 arroz e a palha de trigo, subprodutos ricos em sílica, que podem causar alterações na mucosa
407 intestinal (Amoroso et al., 2009).

408 Poucos trabalhos foram conduzidos para avaliar o potencial de utilização do bagaço de
409 cana em dietas para não-ruminantes. Ferreira et al. (2015) demonstraram que a utilização do
410 bagaço de cana enriquecido com vinhaça em dietas para coelhos em crescimento se mostrou
411 viável até o nível de 150 g/kg, sem alterações ao ganho de peso diário dos animais. Ainda,
412 afirmam que a inclusão ótima para maior ganho de peso obtida por meio de regressão ($r^2 =$
413 0.98, $P < 0,05$) foi de 51,9 g/kg de bagaço de cana *in natura* enriquecido com vinhaça.

414 Percebe-se que o emprego do bagaço de cana na alimentação de não-ruminantes ainda
415 apresenta dificuldades, devido ao alto teor de material ligno-celulósico, incompatível com a
416 fisiologia digestiva da maioria destes animais, de modo que sua utilização costumeiramente
417 torna-se viável a partir do desenvolvimento de métodos de tratamento físico e químicos (Rabelo
418 et al., 2008; Ahmed et al., 2013; Ahmadi et al., 2015), que promovem o rompimento da estrutura
419 de sua fração fibrosa para torná-lo mais digestível (Pansey et al., 2000; Missio, 2016).

420 Os tratamentos existentes visam, prioritariamente, promover a ruptura das complexas
421 ligações químicas entre ligninas, hemiceluloses e do efeito de barreira da celulose. No
422 processamento do bagaço por pressão e vapor, notadamente por meio de autoclavagem, a
423 pressão, temperatura e tempo de tratamento promovem o rompimento das ligações tipo éster
424 entre lignina e hemiceluloses, em que são liberados resíduos de ácido acético, favorecendo a
425 hidrólise ácida, tornando as hemiceluloses quase totalmente solubilizadas (Nussio e Balsalobre,
426 1993), ainda, leves mudanças associadas à alteração da estrutura das fibras de celulose,

427 aumentando sua porosidade que, como consequência, facilita o acesso da celulase a regiões
428 amorfas da fibra (Castañón-Rodríguez et al., 2015), com possibilidade de produção de açúcares
429 redutores e, finalmente, a lignina é parcialmente degradada aumentando a liberação de
430 compostos fenólicos e furfuraldeído (Missio, 2016).

431

432 5. *Vinhaça*

433 O manejo e descarte de resíduos agroindustriais têm, recentemente, recebido atenção
434 por conta do rejeito inadequado e indiscriminado de vários destes efluentes no ambiente. Como
435 cada tipo de efluente industrial tem uma característica e impacto específicos sobre a biota, é
436 essencial avaliar a contribuição de cada tipo de agente poluidor (Chistofolletti et al., 2013).

437 Com a criação do Programa Nacional do Alcool no Brasil em 1975, houve estímulo por
438 parte do governo através de investimentos e subsídios, para a produção de álcool combustível.
439 Somente no último ano, na região centro-sul do país, a safra de 2016/2017, os valores
440 acumulados até dezembro de 2017, atingiram uma produção de 25,651 mil m³ de etanol e de
441 607.137 mil toneladas de cana-de-açúcar, segundo a UNICA (2017).

442 O principal subproduto líquido da indústria sucroalcooleira, a vinhaça, com produção
443 de aproximadamente 10 a 15 litros por litro de etanol produzido (Cortez et al., 1992) apresenta
444 aproximadamente 930 g/kg de água e 70 g/kg de componentes sólidos, é um composto ácido
445 (pH entre 3,5 e 5), marrom escuro, de odor adocicado, com alta DQO e DBO (50 a 150 g/kg) e
446 compostos minerais, sobretudo K (1,73 a 2,06 g/kg), Ca (0,13 a 1,54 g/kg), Mg (0,20 a 0,49
447 g/kg), S (0,71 a 1,36 g/kg) e N (0,10 a 0,63 g/kg), (Robertiello, 1982; Walliszewski et al., 1997;
448 Wilkie et al., 2000; Hidalgo et al., 2009; Salomon e Lora, 2009; España-Gamboa et al., 2011;
449 España-Gamboa et al., 2012).

450 O nitrogênio presente na vinhaça advém da biomassa microbiana (Willie et al., 2000),
451 embora este dado tenha sido contestado por Ahmed et al. (2013), que relataram ausência de
452 crescimento de grupos microbianos (leveduras, bolores, bactérias termofílicas e contagem de
453 bactérias totais) em vinhaça oriunda de destilarias de cana-de-açúcar, alegando que as altas
454 temperaturas do processo de obtenção foram suficientes para eliminação da comunidade
455 bacteriana do resíduo. Tais dados corroboram com o fato de que o processo é agente
456 influenciador da composição química e microbiológica da vinhaça (Nonn, 1993). Como outros
457 compostos orgânicos notáveis, a vinhaça apresenta, basicamente, glicerol, ácido lático, etanol,
458 ácido acético, oxalato, malato, outros compostos alcoólicos e uma alta concentração de fenóis
459 (Parnaudeau et al., 2008).

460 Com volumes crescentes de vinhaça lançados aos mananciais superficiais,
461 principalmente nos cursos d'água como rios e ribeirões das proximidades das usinas de açúcar
462 e álcool, observou-se proliferação de microrganismos nestas áreas, que esgotaram o oxigênio
463 dissolvido na água e destruíram a flora e fauna aquática, dificultando o aproveitamento dos
464 mananciais contaminados como fonte de abastecimento de água potável (Corazza e Salles-
465 Filho, 2000).

466 Diante disto, o descarte da vinhaça passou a ser um problema para as indústrias. As
467 alternativas tecnológicas então desenvolvidas para um destino ambientalmente correto da
468 vinhaça foram: a reciclagem do resíduo por meio de fertirrigação; concentração por evaporação;
469 fermentação anaeróbica para produção de levedura; produção de energia e; uso como matéria-
470 prima para produção de rações para animais (Dias, 1980; Camhi, 1979; Robertiello, 1982).

471 A vinhaça *in natura* foi fornecida em substituição à água de beber para bovinos em
472 confinamento com melhorias na conversão alimentar e ganho de peso diário (Arrigoni et al.,
473 1993). Dietas para ovelhas com até 130 g/kg de vinhaça não alteraram a digestibilidade,
474 consumo, fluxo de N microbiano ao duodeno e parâmetros fermentativos medidos *in vivo*,
475 quando comparados ao grupo controle (Fernández et al., 2009). A adição de até 100 g/kg de
476 vinhaça para cordeiros em engorda reduziu o consumo e a taxa de crescimento, porém
477 aumentou a conversão alimentar, sem afetar nenhuma característica de carcaça ou qualidade de
478 carne (López-Campos et al., 2011). Eshak et al. (2013) demonstraram os efeitos positivos da
479 suplementação de vinhaça a 75 g/kg em rações para codornas, especialmente em caso de
480 suspeita de contaminação fenólica, sendo suprimidos os efeitos tóxicos do fenol, reduzindo os
481 danos ao DNA e melhorando as alterações histopatológicas de vários órgãos das aves. Stemme
482 et al. (2005), encontraram digestibilidade da matéria orgânica da vinhaça de 0.735 em bovinos
483 e 0.723 em suínos, alimentados com 140 a 160 g/Kg de vinhaça na MS, demonstrando o
484 potencial de utilização da vinhaça como alimento. Estes autores ainda relatam que deve haver
485 um limite superior para o uso de vinhaça na nutrição animal, devido à palatabilidade reduzida,
486 ao elevado teor de potássio e especialmente alto teor de sulfato em sua composição. Em coelhos,
487 Maertens et al. (1994) sugeriram que a inclusão de 40 g/kg de vinhaça em dietas de crescimento
488 é suficiente para manter o desempenho animal.

489 Recentemente, a vinhaça ainda foi testada no enriquecimento de fenos, bagaços e dietas
490 comerciais e resultados satisfatórios foram encontrados sobre o desempenho dos animais
491 avaliados (Oliveira et al., 2013; Ferreira et al., 2015; Coelho et al., 2016). Oliveira et al. (2013)
492 encontraram efeito linear sobre a conversão alimentar ao incluir de vinhaça líquida em até 100

493 g/kg em dietas comerciais de coelhos em crescimento. A inclusão de vinhaça promoveu ainda
494 a melhoria dos valores de energia digestível e proteína digestível do bagaço de cana-de-açúcar
495 *in natura* (Ferreira et al., 2015).

496 Coelho et al. (2016) observaram que o uso de dietas semi simplificadas baseadas em
497 tifton 85 enriquecidas ou não por vinhaça afetam o CDMM e o peso dos rins de coelhos em
498 crescimento, provavelmente em função do elevado teor de minerais presentes na vinhaça. Ainda
499 assim, são eficientes na produção e qualidade dos cecotrofos, no provimento de nutrientes
500 compatíveis a coelhos em crescimento, mantendo o desempenho e características de carcaça.
501 Contudo, devido ao alto teor de água, potencial corrosivo e difícil conservação, o emprego da
502 vinhaça *in natura* pode ter seu uso limitado em propriedades adjacentes às destilarias (Pupo,
503 1981; Coelho et al., 2016).

504

505 6. Avaliações *in vitro*

506 As avaliações da qualidade dos alimentos ofertados aos animais utilizando ensaios *in*
507 *vivo*, são métodos mais precisos. Contudo, devido à grande quantidade de animais necessários,
508 o alto custo com alimentação, mão-de-obra, além da pressão pela redução no uso de animais na
509 pesquisa, tem-se aumentado o interesse pelo uso de métodos para avaliação *in vitro*, pois estas
510 apresentam maior celeridade, menor custo, permitem a avaliação de um grande número de
511 amostras e, em geral, apresentam alta correlação com os resultados obtidos *in vivo*.

512

513 6.1. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca

514 A digestibilidade *in vitro* tem sido utilizada extensivamente nas análises de alimentos,
515 por apresentar alta correlação com a digestibilidade *in vivo* (Villamide et al., 2009). Porém, a
516 digestibilidade *in vitro* é mais utilizada para a determinação da digestibilidade da matéria seca
517 (DIVMS), por sua facilidade de correlação, sendo possível identificar a acurácia do método e
518 determinar o valor nutritivo dos alimentos a partir dela (Machado et al., 2014).

519 Diversas metodologias foram desenvolvidas para tal finalidade. A técnica *in vitro*
520 descrita por Tilley e Terry (1963) é uma importante ferramenta para avaliação de alimentos
521 para ruminantes e é amplamente utilizada para esta categoria, devido a sua conveniência. Esta
522 técnica estima a digestibilidade total no trato gastrointestinal, pois simula a digestão química e
523 fermentativas nos animais (Broderick e Cocham, 2000).

524 Algumas tentativas foram realizadas para simular o processo digestivo de coelhos em
525 laboratórios (Boisen, 1991) visando obter uma DIVMS com boa correlação com as

526 determinações *in vivo*. Um método *in vitro* para coelhos, adaptado de Boisen (1991), foi
527 desenvolvido por Ramos et al. (1992), obtendo-se uma alta correlação entre a digestibilidade *in*
528 *vitro* e *in vivo* da matéria seca ($r^2 = 0.93$) mesmo para dietas ricas em gordura ou fibras.

529 Euler et al., (2009), utilizaram a técnica *in vitro* de Tilley e Terry (1963) como opção de
530 avaliação de alimentos para coelhos sendo comparada com a técnica *in vivo*. Foi observado que
531 na técnica *in vitro* com fermentação de 24h foi semelhante à técnica *in vivo*, sendo observados
532 valores semelhantes para o CDMS (0,554 e 0,553, respectivamente), porém a técnica
533 tradicional, com uma fermentação de 48h, superestimou os valores de digestibilidade (0,665%),
534 não se adequando aos modelos de avaliação de alimentos para coelhos.

535 Machado et al., (2014) propuseram modificações na técnica *in vitro* de Tilley e Terry
536 (1963), reduzindo-se para 12h o tempo de fermentação, com posterior digestão ácida com
537 pepsina. Essa técnica apresentou maior similaridade com os valores *in vivo*, o que sugere maior
538 eficiência do método de digestibilidade *in vitro* na avaliação dos alimentos para coelhos.

539 O sistema multienzimático (ou 3-step) utiliza um complexo enzimático para simular os
540 processos que ocorrem no trato gastrointestinal, sendo utilizadas a pepsina simulando a digestão
541 estomacal, em uma incubação de 1,5h, a pancreatina simulando a digestão no intestino delgado
542 em uma incubação de 3,5h e, finalmente, utilizando-se um terceiro complexo multienzimático
543 contendo uma ampla gama de carboidrases incluindo arabinase, celulase, β -glucanase,
544 hemicelulases e xilanase, que irá simular o processo fermentativo no intestino grosso dos
545 animais, por 16h de incubação (Ramos e Carabaño, 1996; De Blas et al., 2015). Utilizando a
546 técnica multienzimática na avaliação de co-produtos para alimentação de coelhos, foram
547 observados valores médios de digestibilidade *in vitro* de matéria seca e proteína bruta de 0,534
548 e 0,414, respectivamente (De Blas et al., 2015).

549 A utilização de inóculos em substituição à enzimas apresentam resultados semelhantes
550 e variando conforme a origem do inóculo utilizado. Estes métodos empregam de uma solução
551 tamponante que pode ser reproduzida em laboratório, que consiste em utilizar soluções com o
552 inóculo cecal ou fecal diluídos, essa solução servirá como uma simulação do ambiente para
553 fermentação. Essa solução será colocada em um recipiente de vidro onde também será
554 adicionada as amostras a serem digeridas que serão mantidas em incubação por 36 horas. Então,
555 a partir dos resultados de resíduos não digeridos serão determinadas as digestibilidade
556 (Fernández-Carmona et al., 1993; Pascual et al., 2000).

557 Pascual et al. (2000) empregaram diferentes técnicas de digestibilidade *in vitro* para a
558 avaliação nutritiva de dietas para coelhos, e observaram que as técnicas multienzimática e

559 inóculo cecal (em substituição ao terceiro passo da técnica) apresentaram alta precisão ($r^2 =$
560 0,95 e 0,86, respectivamente) e baixa variação (CV: 4,32 e 6,58%, respectivamente). Já a
561 técnica de inóculo fecal demonstrou menor precisão e variabilidade dentre os métodos. Ainda
562 foi observado pelos autores que a repetibilidade dos métodos foi alta (0,38 a 1,05), porém o
563 método multienzimático obteve uma melhor confiabilidade ($P < 0,05$). Já os métodos de inóculo
564 cecal (2,611) ou fecal (2,651) apesar de obterem altos valores de repetibilidade supracitados,
565 demonstraram baixa acurácia ($P < 0,001$), em comparação ao método multienzimático (0,709),
566 demonstrando que este último é o melhor método *in vitro* para avaliação de dietas para estes
567 animais.

568

569 6.2. Técnica de produção de gases

570 Outra metodologia *in vitro* desenvolvida para estimar a digestibilidade dos alimentos
571 para os animais baseia-se na técnica de produção de gás que, embora tenha sido desenvolvida
572 predominantemente para avaliar o valor nutritivo de alimentos utilizados para os ruminantes
573 (Menke & Steingass, 1988), já foi proposta também para animais não-ruminantes (Williams et
574 al., 1995; Bovera et al., 2008; Woyengo et al., 2016). Tem grande potencial para utilização em
575 coelhos já que estes possuem um sistema digestivo caracterizado pela importante função
576 fermentativa cecal (Rodríguez-Romero et al., 2011).

577 Trata-se de uma técnica não invasiva e que reproduz eficientemente o modelo de
578 fermentação da microbiota do trato digestivo (Moreira et al., 2008). Tem baixo custo, é
579 acessível, de fácil execução e bem difundida no meio científico enquanto método para avaliação
580 da cinética da digestão, degradação e da qualidade dos alimentos (Theodorou et al., 1994;
581 Getachew et al., 1998a; Calabro et al., 1999).

582 A técnica de produção de gases consiste basicamente em medir a produção total de gás
583 liberada pela fermentação de uma amostra incubada em um meio de cultura tamponado (Menke
584 et al., 1979; Pell e Schofield, 1993; Theodorou et al., 1994). Enquanto outros métodos *in vitro*
585 baseiam-se em mensurações gravimétricas que seguem o desaparecimento do substrato, a
586 técnica de produção de gás se concentra no surgimento de produtos oriundos da fermentação
587 (Moreira et al., 2008). A mensuração de gás produzido em um ingrediente ou dieta fornece
588 dados úteis sobre a cinética de digestão e fermentação das frações solúvel e insolúvel do
589 alimento (Getachew et al., 1998a).

590 Quando um ingrediente ou dieta é incubado em um fluido tamponado contendo inóculo
591 (cecal, ruminal, etc.), os carboidratos são fermentados a ácidos graxos de cadeia curta (AGCC

592 ou ácidos graxos voláteis - AGV), gases (notadamente CO₂ e CH₄) e células microbianas. O
593 gás produzido é, portanto, o resultado da fermentação de carboidratos a acetato, propionato e
594 butirato (Blümmel e Ørskov, 1993), sendo baixa a concentração de gases produzidos a partir de
595 fermentação de proteínas (Getachew et al., 1998a) e a contribuição dos lipídios é praticamente
596 nula (Getachew et al., 1998b), se comparada aos carboidratos.

597 A produção de gases pode ocorrer de maneira direta, quando o gás é oriundo da própria
598 fermentação do substrato a CO₂ ou CH₄; ou indireta, quando o gás é produzido a partir do
599 tamponamento dos AGV, quando o CO₂ liberado a partir do tampão bicarbonato, sendo que,
600 em forragens, a proporção entre produção direta e indireta é equilibrada (Blümmel e Ørskov,
601 1993), enquanto que em ingredientes ou dietas concentradas a produção de gases de maneira
602 indireta pode chegar a 60% do total de gás produzido. Fato corroborado por Yang et al. (2010)
603 que encontraram forte correlação ($r^2 = 0,85$; $p < 0,05$) entre a soma das proporções molares de
604 H₂, CO₂ e CH₄ e a concentração de AGV.

605 Cada mmol de AGV produzido pela fermentação do substrato, rende cerca de 0,8 a 1,0
606 mmol de CO₂, quando incubado com líquido ruminal (Blümmel e Ørskov, 1993) ou conteúdo
607 cecal de coelhos (Yang et al., 2010). O gás é produzido principalmente quando o substrato é
608 fermentado a acetato e butirato, visto que o rendimento de gás a partir do propionato é baixo,
609 pelo fato de ser apenas indireto, isto é, a partir do tamponamento do ácido propiônico (Van
610 Soest, 1994). Ainda assim, a proporção molar de AGV produzidos pela fermentação depende
611 fortemente do substrato, ou seja, do ingrediente ou dieta a ser avaliado e do inóculo empregado
612 (Lavrenčič, 2007). Logo, a relação acetato:propionato pode ser utilizada para avaliar diferenças
613 relacionadas ao substrato, posto que carboidratos rapidamente fermentáveis rendem maior
614 proporção molar de propionato. Enquanto, ao contrário, carboidratos lentamente fermentáveis
615 rendem maior proporção molar de acetato. Segundo Yang et al. (2010), avaliando a atividade
616 fermentativa da glicose, celobiose, celulose e FDN (obtido do feno de alfafa) após 72 h de
617 fermentação utilizando conteúdo cecal de coelhos, a proporção molar de acetato segue a
618 seguinte ordem: glicose > celulose > celobiose > FDN, enquanto as proporções molares de
619 propionato na celulose e no FDN são maiores do que na glicose e celobiose. Já proporção molar
620 de butirato ordena-se como: celobiose > FDN > glicose > celulose.

621 Belenguer et al. (2011) utilizando inóculo cecal de coelhos, observaram que o padrão
622 da produção de AGV advindos da fermentação foram afetados pela dieta, porém houve
623 diferença entre as técnicas *in vivo* e *in vitro* ($P < 0,05$), com valores médios de 37,7 e 14,9 mmol
624 de AGV totais oriundos a partir da fermentação do milho.

625 Diversos autores têm utilizado a produção de gases para prever digestibilidade de
626 dietas para coelhos. Rodríguez-Romero et al., (2011), utilizando técnica multienzimática aliada
627 à produção de gás, observaram que os valores obtidos foram semelhantes a técnica *in vivo*
628 (0,588 e 0,512, respectivamente) para os coeficientes de matéria seca. Diversos autores
629 utilizando estas técnicas adaptadas têm alcançado resultados semelhantes aos encontrados em
630 experimentação *in vivo* para avaliação de dietas para coelhos (Kermauner et al. 2010; Belenguer
631 et al., 2011; Rodríguez-Romero et al., 2011; Silva et al., 2013).

632 A técnica ainda é capaz de determinar o potencial de utilização de ingredientes,
633 sobretudo aqueles menos comuns em dietas para animais, de acordo com o padrão fermentativo
634 apresentado por eles. Kara (2016) que recomendou a utilização de bagaço de tomate, farelo de
635 arroz e farelo de milho como substitutos fibrosos em dietas de coelhos desmamados, enquanto
636 o farelo e lentilha e o bagaço de romã para coelhos em crescimento, ao correlacionar o conteúdo
637 de fibra dos ingredientes com seu potencial fermentativo a partir da técnica de produção de
638 gases. De semelhante modo, Chang et al. (2007) verificaram que a inclusão de casca de soja
639 aumentou linearmente ($P < 0,05$) a produção de gás máxima e reduziu linearmente o tempo de
640 latência, o que sugere que alimentar coelhos com casca de soja pode estimular a atividade
641 fermentativa microbiana, permitindo que a fermentação passe para favorecer a digestão da fibra
642 dietética. Sallam et al. (2007) relataram, a partir da técnica de produção de gás, que o bagaço
643 de cana se revelou um potencial alternativa à alimentação animal, mas precisa de adaptações
644 para melhorar seu valor nutricional, sugerindo que tratamentos físico químicos podem
645 proporcionar melhores resultados.

646

647 6.3. Qualidade do inóculo nas avaliações *in vitro*

648 A qualidade do inóculo utilizado nas técnicas citadas podem influenciar os resultados
649 das avaliações *in vitro*. Com isso, são necessários estudos sobre a melhor técnica de coleta deste
650 material, para que os resultados obtidos a partir da digestibilidade sejam os mais próximos
651 possíveis das avaliações *in vivo* (Machado et al., 2014; Anaya-Lira et al., 2016).

652 O conteúdo cecal, oriundo de animais saudáveis, é a fonte de inóculo primeiramente
653 utilizada em avaliações *in vitro* para coelhos (Calabro et al., 1999), por apresentar de moderada
654 a alta aproximação às estimativas de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e energia
655 bruta (60 a 70% da variabilidade explicada; Stanco et al., 2003a) além de bons parâmetros de
656 cinética na produção de gases (Lavrenčič, 2007), podendo ainda ser congelado por até 90 dias
657 a uma temperatura de -18°C (Stanco et al., 2003b) sem prejuízos à atividade fermentativa

658 microbiana do mesmo. Contudo, em relação ao inóculo fecal, foram encontradas tendências
659 similares de produção de gás e taxas de fermentação, sugerindo que, apesar das diferenças de
660 atividade microbiana, as fezes podem ser utilizadas como fonte alternativa de inóculo ao
661 conteúdo cecal (Bovera et al., 2008). Mas, é necessário o controle da coleta do material fecal
662 de modo que sejam reduzidos os contatos com o ar, evitando contaminação por bactérias do
663 ambiente que possam alterar a atividade microbiana e o padrão fermentativo promovido pelo
664 inóculo fecal (Bovera et al., 2006).

665 Silva et al., (2013), avaliaram o padrão de fermentação do inoculo cecal de coelhos
666 submetidos a regime alimentar *ad libitum* ou jejum. Diferenças significativas ($P < 0,05$) foram
667 observadas no volume final de gases produzidos em 24h de incubação. Observou-se que o
668 inóculo proveniente de animais não submetidos ao jejum apresentou menor período de latência
669 e taxa de fermentação, sendo o volume final de gases maior no tratamento *ad libitum*.

670 Além destes fatores, a idade do animal doador do inóculo tem grande influência sobre
671 o padrão de fermentação dos componentes da dieta, como explicou Lavrenčič (2007) ao avaliar
672 o inóculo cecal de animais de 36 e 78 dias de vida, verificando que os padrões na fermentação
673 são diferentes para o amido, pectinas e hemiceluloses, sendo que nos mais jovens a fermentação
674 das pectinas e hemiceluloses são mais rápidas e intensas, produzindo maior quantidade de gás,
675 enquanto que, para os mais velhos, este padrão prevalece para o amido.

676

677 7. Considerações finais

678 As atualidades das pesquisas em nutrição e alimentação de coelhos, estão relacionadas
679 predominantemente a avaliação de alimentos alternativos; determinação das frações da fibra
680 que melhor expliquem os fenômenos biológicos nas avaliações propostas e; busca por novas
681 técnicas que tornem mais precisas, céleres e menos onerosas as determinações de características
682 relacionadas à digestibilidade e processos fermentativos com vistas à melhorias no desempenho
683 e principalmente redução na mortalidade de animais em crescimento. Diante disto, as
684 determinações *in vitro* aliadas às respostas do desempenho de coelhos alimentados com bagaço
685 de cana-de-açúcar e vinhaça, resíduos potencialmente poluidores, vai de encontro aos mais
686 recentes avanços na área.

CAPÍTULO II

DIGESTÃO E FERMENTAÇÃO *IN VITRO* DE INGREDIENTES, COPRODUTOS E SUBPRODUTOS TROPICAIS COM USO POTENCIAL EM DIETAS PARA COELHOS

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar e classificar 16 ingredientes, coprodutos e subprodutos tropicais com uso potencial na alimentação de coelhos. Foram avaliados o feno de alfafa, milho, farelo de trigo, farelo de soja, milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS), casca de soja, polpa cítrica, bagaço de cana, casca de café, torta da semente de macaúba (*Acrocomia aculeata*), feno de jureminha (*Desmanthus virgatus*), feno de mata-pasto (*Senna obtusifolia*), feno de nim (*Azadirachta indica*), feno de flor-de-seda (*Calotropis procera*), feno de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) e feno de moringa (*Moringa oleífera*). Quimicamente foram quantificadas a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), ligninas, hemiceluloses, celulose, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Foram avaliadas a digestibilidade (DIVMS) e degradabilidade (DEGMS) *in vitro* da MS, e os parâmetros fermentativos, quantidade máxima de gás produzido (B, mL / g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa específica de produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL / h), tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG, h), tendo sido empregado inóculo cecal nas avaliações *in vitro*. Realizou-se a clusterização hierárquica sobre os componentes principais (HCPC) dos dados obtidos nas avaliações *in vitro* e obteve-se ainda a matriz contendo os coeficientes de correlação de Pearson entre a composição química e os parâmetros *in vitro*. Os valores de MS, PB, FDN, FDA, ligninas, hemiceluloses, celulosas, NIDN e NIDA variaram de 857 a 906 g/kg, 22,9 a 552 g/kg MS, 204 a 697 g/kg MS, 20,6 a 493 g/kg MS, 2,27 a 226 g/kg MS, 41 a 443 g/kg MS, 18,3 a 437 g/kg MS, 2,53 a 39,5 % PB e 1,99 a 27,7 % PB, respectivamente. Os resultados para DIVMS, DEGMS, B, C, A, TMTF, TMF e LAG variaram de 0,21 a 0,84, 0,22 a 0,67, 79,9 a 348 mL/g MS, 2,75 a 4,44, 0,08 a 0,30, 8,58 a 38,8 h, 2,99 a 9,32 mL/h e 0,07 a 6,51 h, respectivamente. O resultado da análise de HCPC determinou a classificação dos alimentos em quatro grupos: Grupo I contém o bagaço de cana, casca de café e polpa cítrica; Grupo II contém a casca de soja, feno de jureminha, torta da semente de macaúba, feno de moringa e feno de ora-pro-nobis; Grupo III contém o feno de alfafa, feno de flor-de-seda, farelo de soja, farelo de trigo, feno de mata-pasto e feno de nim e; Grupo IV contém o milho e MDPS.

Palavras-chave: degradabilidade, digestibilidade, Gompertz, *in vitro*, modelagem

CHAPTER II

IN VITRO DIGESTION AND FERMENTATION OF TROPICAL INGREDIENTS, CO-PRODUCTS AND BY-PRODUCTS WITH POTENTIAL USE IN DIETS FOR RABBITS

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate and classify 16 tropical ingredients, co - products and by - products with potential use in feeding rabbits, The alfalfa hay, maize, wheat bran, soybean, crumbled maize with straw and cob (CMSC), soybean hull, citrus pulp, sugarcane bagasse, coffee, macauba seed cake meal (MSCM; *Acrocomia aculeata*), desmanthus hay (*Desmanthus virgatus*), sicklepod hay (*Senna obtusifolia*), neem hay (*Azadirachta indica*), sodom apple hay (*Calotropis procera*), barbados gooseberry hay (*Pereskia aculeata*), and moringa hay (*Moringa oleifera*), Chemically, dry matter (DM), crude protein, neutral detergent fiber assayed with a heat stable amylase and expressed as residual ash (aNDF), acid detergent fiber expressed as residual ash (ADF), lignins, hemicelluloses, cellulose, neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) and acid detergent insoluble nitrogen (ADIN), The digestibility (ivDMdig) and degradability (ivDMdeg) were evaluated *in vitro*, and the fermentation parameters, maximum amount of gas produced (B), specific gas production rate (C), decay rate of specific gas production fermentation rate (TMFR), maximum fermentation rate (MFR) and lag time (LAG), and cecal inoculum was used in the *in vitro* evaluations, Hierarchical clustering was performed on the main components (HCPC) of the data obtained in the *in vitro* evaluations and the matrix containing the pearson correlation coefficients between the chemical composition and the *in vitro* parameters was obtained, The values of DM, CP, aNDF, ADF, lignins, hemicelluloses, NDIN and ADIN cells varied from 857 to 906 g / kg, 22,9 to 552 g / kg DM, 204 to 697 g / kg DM, 20,6 to 493 g / kg DM, 2,27 to 226 g / kg DM, 41 to 443 g / kg DM, 18,3 to 437 g / kg DM, 2,53 to 39,5% CP and 1,99 to 27,7% CP, respectively, The results for ivDMdig, ivDMdeg, B, C, A, TMFR, MFR and LAG ranged from 0,21 to 0,84, 0,22 to 0,67, 79,9 to 348 mL / g DM, 2,75 to 4,44, 0,08 to 0,30, 8,58 to 38,8 h, 2,99 to 9,32 mL / H and 0,07 to 6,51 H, respectively, The results of the HCPC analysis determined the classification of foods into four groups in which p Group I contains sugarcane bagasse, coffee husk and citrus pulp; or Group II contains soybean hull, desmanthus hay, MSCM, moringa hay and barbados gooseberry hay; or Group III contains or alfalfa hay, sodom apple hay, soybean meal, wheat bran, sicklepod hay and neem hay e; Group IV contains the maize and CMSC.

Keywords: degradability, digestibility, Gompertz, *in vitro*, modeling

758 1. INTRODUÇÃO

759

760

761

762

763

764

765

766

Técnicas *in vitro* para avaliação de alimentos são metodologias relevantes para estudar, características fermentativas e digestivas de ingredientes, dietas e, especialmente, a fisiologia de determinados segmentos do trato digestivo de animais, como os compartimentos fermentativos pré-gástricos de espécies ruminantes, como bovinos (Holden, 1999), caprinos (Jiao et al., 2014) e ovinos (Lippke et al., 1986) e o ceco ou cólon de espécies não-ruminantes como suínos (Woyengo, et al., 2016), equinos (Earing et al., 2010), avestruzes (Bovera et al., 2007) e coelhos (Bovera et al., 2008).

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

Em coelhos, o ceco representa o principal sítio para atividades fermentativas, devido à presença de abundante comunidade microbiana (Abecia et al., 2005; Monteiles et al., 2008), que pode variar em função de uma série de fatores, como idade, *status* sanitário e principalmente pela natureza dos componentes fibrosos que alcançam o ceco após o processo digestivo no intestino delgado (Combes, et al., 2013). Esses substratos apresentam diferentes características digestivas e fermentativas (Lavrencic, 2007; Yang et al., 2010), mas notadamente as frações fibrosas dos ingredientes desempenham um importante papel sobre o resultado do processo fermentativo (Gidenne et al., 2010). Além de estarem fortemente relacionadas à taxa de passagem e problemas digestivos (Gómez-Conde et al., 2009; Martínez-Vallespín et al., 2011), como enteropatias às quais o controle está associado ao alto consumo de fibras, elevada atividade fermentativa cecal e um baixo pH cecal (Gidenne e Licois, 2005).

778

779

780

781

782

783

784

785

A otimização do ambiente cecal tem impacto sobre a eficiência das dietas e pode favorecer o uso de matérias-primas não utilizáveis na alimentação humana (Franz et al., 2011). Logo, a avaliação de ingredientes, no que tange seu potencial fermentativo e digestivo, são indicativos de seu uso, sendo que o emprego de técnicas *in vitro* podem tornar tais avaliações mais céleres, mais econômicas e menos laboriosas, mantendo elevados valores de correlação com parâmetros *in vivo* (Villamide et al., 2009). Contudo, trabalhos anteriores (Bovera et al., 2008) já previram a necessidade de classificar os diferentes tipos de ingredientes, considerando suas características bromatológicas em relação às respostas obtidas em avaliações *in vitro*.

786

787

788

789

790

791

O objetivo com este estudo foi avaliar e classificar ingredientes, coprodutos e subprodutos tropicais com uso potencial na alimentação de coelhos quanto as suas características químico-bromatológicas, parâmetros fermentativos, digestibilidade e degradabilidade *in vitro*.

792 2. MATERIAL E MÉTODOS

793

794 2.1. Coleta das amostras

795 O feno de alfafa, milho, farelo de trigo e farelo de soja foram obtidos de vendedores
796 locais (Belo Horizonte e Igarapé, Minas Gerais, Brasil). O milho desintegrado com palha e
797 sabugo (MDPS) foi obtido a partir da moagem de toda a espiga do milho em moinho de martelo.
798 A casca de soja e a polpa cítrica foram adquiridas da empresa Animal Enterprise (Jumirim, São
799 Paulo, Brasil). O bagaço de cana foi obtido da Usina Bambuí Bioenergética (BambuÍ, Minas
800 Gerais, Brasil). A casca de café foi obtida em uma indústria de processamento de café
801 (Araguari, Minas Gerais, Brasil). A torta da semente de macaúba foi adquirida da Associação
802 Comunitária de Pequenos Produtores de Riacho D'antas e Adjacencias (Riacho D'antas, Minas
803 Gerais, Brasil). As plantas para feno de jureminha (*Desmanthus virgatus*), feno de mata-pasto
804 (*Senna obtusifolia*), feno de nim (*Azadirachta indica*) e feno de flor-de-seda (*Calotropis*
805 *procera*), foram cultivadas, colhidas e processadas na Universidade Estadual do Piauí
806 (Corrente, Piauí, Brazil), o feno de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) foi elaborado nas
807 imediações do Instituto Federal de Minas Gerais (BambuÍ, Minas Gerais, Brasil) e o feno de
808 moringa (*Moringa oleifera*) foi elaborado na Universidade Federal Rural de Pernambuco
809 (Recife, Pernambuco, Brasil).

810 Todas as amostras dos ingredientes foram moídas a 1mm antes das análises químicas,
811 de digestibilidade e fermentabilidade *in vitro*.

812

813 2.2. Análises químicas das amostras dos ingredientes

814 A composição química dos ingredientes foi determinada utilizando-se os métodos da
815 AOAC (2000) para matéria seca (MS; 934.01) e proteína bruta (PB; 986.06). A Fibra em
816 detergente neutro analisada com amilase termoestável e expressa incluindo cinzas residuais
817 (FDN), fibra em detergente ácido expressa incluindo cinzas residuais (FDA) e ligninas
818 determinadas pela solubilização da celulose com ácido sulfúrico a 72% foram analisadas de
819 acordo com Mertens (2002), AOAC (2000), procedimento 973.187 e Van Soest et al. (1991),
820 respectivamente, utilizando procedimentos sequenciais e sistema de bolsas filtrantes (Ankom
821 Technology, Macedon, New York, USA).

822 Os componentes da FDN e FDA foram posteriormente processados para seu conteúdo
823 nitrogenado (NIDN e NIDA, respectivamente) de acordo com o procedimento 984.13 da AOAC
824 (2000). Hemiceluloses foram calculadas como FDN-FDA e celulose como FDA-LDA.

825

826 2.3. *Ensaio de produção de gás e degradabilidade in vitro da matéria seca*

827 A técnica foi descrita por Theodorou et al. (1994) e adaptada por Maurício et al. (1999),
828 utilizando bolsas Ankom (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). O preparo do
829 inóculo, manipulação e seleção dos animais foram realizadas de acordo com os métodos usados
830 por Calabro et al. (1999), com amostras frescas de conteúdo cecal de três coelhos Nova Zelândia
831 branco, saudáveis de 72 dias de idade, aleatoriamente escolhidos e alimentados com dieta
832 comercial. Dieta e água foram oferecidas *ad libitum* do desmame aos 30d dias até o abate. Os
833 animais foram insensibilizados por eletronarcose e abatidos por exanguinação por volta das
834 8h, sem jejum prévio e os cecos foram isolados amarrando em suas duas extremidades fios de
835 *nylon* e armazenados em recipientes preaquecidos a 39 °C, até o transporte ao laboratório.
836 Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética para Uso Animal da
837 Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo 266/2015.

838 Foram pesadas 0,5 g de amostras em bolsas Ankom, seladas e introduzidas em frascos
839 de 50 mL previamente lavados com água destilada, secos em estufa e preaquecidos a 39 °C. O
840 conteúdo cecal foi diluído na proporção de 1:1 (p/v) com a solução de Theodorou et al. (1994).
841 Toda a manipulação e o enchimento dos frascos foi realizada sob fluxo constante de CO₂ livre
842 de oxigênio, para assegurar as condições de anaerobiose, e a temperatura foi mantida sempre
843 em 39 °C. Foram adicionados 16,5 mL do inóculo sobre as amostras nos frascos, que foram
844 imediatamente vedados com rolhas de borracha e levados a estufa. A pressão gerada pelos gases
845 acumulados na parte superior dos frascos foi medida por meio de um transdutor digital de
846 pressão (modelo T443A, Bailey & Mackey, Birmingham, UK) acoplado a uma agulha de 0,70
847 x 25 mm inseridas através das tampas de borracha dos frascos. A produção de gás resultante da
848 atividade fermentativa microbiana foi mensurada manualmente pela leitura após 0 2, 4, 6, 8,
849 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 h de incubação.

850 Após leitura, o frasco foi retirado do transdutor e a agulha foi mantida por alguns
851 segundos para estabilização entre pressão externa e interna. Para cada amostra, foram utilizadas
852 seis repetições e também foram incubados seis frascos sem substratos (branco).

853

854 2.3.1. *Cálculos para modelagem dos dados de produção de gás e degradabilidade in vitro*

855 Os valores de gás produzido nos diferentes tempos de incubação foram corrigidos para
856 a quantidade de gás produzido pelo branco no tempo correspondente para cada repetição. Estes
857 valores foram também corrigidos para o conteúdo de matéria seca das amostras.

858 Os valores corrigidos foram então ajustados ao Modelo de Gompertz (Lavrenčič et al.,
859 1997; Lavrenčič, 2007):

860

$$861 Y_t = B * \exp[(-C) * \exp(-At)]$$

862

863 Onde, Y_t é o gás produzido (mL/g MS) no tempo t ; B é a quantidade assíntota de gás produzido
864 (quantidade máxima de gás produzido ou potencial total de produção de gás em mL/g MS); C
865 é a taxa produção de gás específica, afetada por t e governada pela constante A que descreve o
866 decaimento taxa produção de gás específica e; t é o tempo em h.

867 A variação na taxa de produção de gás foi obtida pelo cálculo da primeira derivada do
868 modelo de Gompertz em relação ao tempo de incubação:

869

$$870 \frac{dY}{dt} = BCA * \exp(-At) * \exp[(-C) * \exp(-At)]$$

871

872 O tempo para máxima taxa de fermentação (TM_{TF}; h) foi calculado ajustando a segunda
873 derivada do modelo de Gompertz igual a 0 e resolvendo para t :

874

$$875 \frac{d^2Y}{dt^2} = AB^2C^2 * [\exp(-At)]^2 * \exp[(-C) * \exp(-At)] - ABC^2 * \exp[(-C) * \exp(-At)] = 0$$

876

877 A taxa máxima de fermentação (TM_F; mL/h) foi então calculada inserindo o valor
878 TM_{TF} correspondente na equação da primeira derivada. O atraso na fermentação no início da
879 incubação (LAG; h) foi obtido a partir da equação:

880

$$881 LAG = (\log(C) - 1) / A$$

882

883 A degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEGMS) foi obtida calculando-se a
884 diferença de peso entre a MS da amostra antes e após a incubação, corrigindo-a para as amostras
885 em branco.

886

887 2.4. Ensaio de digestibilidade *in vitro* da matéria seca

888 A análise foi realizada seguindo os métodos propostos por Ramos et al. (1992) e Boisen
889 (1991) utilizando sacos filtrantes Ankom como modificado por Abad et al. (2013) para
890 determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Foram pesadas 0,5 g das
891 amostras das dietas, moídas previamente a 1 mm, em bolsas filtrantes Ankom e colocados em

892 jarros para incubadora Daisy II (modelo D220, Ankom Technology Corp., Macedon, New
893 York, USA). 25 mL de tampão fosfato (0,1 M, pH 6,0) e 10 mL de solução HCl 0,2 M foram
894 adicionados para cada bolsa. O pH foi mensurado e então ajustado a pH 2,0 com solução HCl
895 1 M ou NaOH 1 M. Então, foi adicionado 1 mL/bolsa de solução fresca de pepsina [25 mg de
896 pepsina (pepsina porcina, 2000 unidades FIP/g proteína, Merck nº 7190) / mL de HCl 0,2 M] e
897 misturado. O jarro foi fechado e as amostras incubadas a 40 °C por 1,5 h. Após esta incubação,
898 10 mL/bolsa de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,8) e 5 mL/bolsa de solução NaOH 0,6 M foram
899 adicionados. Após mistura, o pH foi ajustado para 6,8 adicionando-se soluções de HCl 1 M ou
900 NaOH 1 M. Posteriormente, 1 mL/bolsa de solução de pancreatina fresca [100 mg de
901 pancreatina (pancreatina porcina, grau VI, Sigma nº 1750) / mL de tampão fosfato pH 6,8] foi
902 adicionado, o jarro fechado e as amostras incubadas a 40 °C por 3,5 h. Para o último passo,
903 após a segunda incubação, foi empregada uma adaptação que utilizou conteúdo cecal diluído a
904 uma proporção de 1:1 (p/v) com solução de Theodorou et al. (1994) como inóculo. O pH foi
905 ajustado para 4,8 com ácido acético e então adicionou-se 16,5 mL/bolsa de inóculo e incubou-
906 se a 40 °C por 24h.

907 Todo o resíduo solúvel foi então eliminado e as bolsas foram lavadas no jarro com água
908 por três vezes, seguindo-se a submersão destes em acetona para prevenir aderência de qualquer
909 resíduo nas bolsas. Finalmente, as bolsas foram secas em estufa a 105 °C por 24h. Para cada
910 amostra foram utilizadas seis réplicas e para cada jarro, três bolsas sem amostra foram
911 incubadas como branco. A DIVMS foi obtida calculando-se a diferença de peso entre a MS da
912 amostra antes e após a incubação, corrigindo-a para as amostras em branco.

913

914 *2.5. Análises estatísticas*

915 A DIVMS, DEGMS e os parâmetros obtidos a partir do ajuste do modelo de Gompertz
916 dos ingredientes foram submetidos à análise de variância em um desenho experimental
917 completamente aleatorizado e, quando significantes, as médias foram submetidas ao teste post-
918 hoc de Tukey. As respostas foram consideradas significativamente diferentes quando $P < 0,05$.

919 As relações lineares entre a composição química DIVMS, DEGMS e os parâmetros
920 obtidos a partir do ajuste do modelo de Gompertz foram determinados pela análise dos
921 coeficientes de correlação de Pearson. Depois, os ingredientes foram submetidos a uma análise
922 de Componentes Principais para estabelecer a relação entre os parâmetros fermentativos e
923 então, uma análise de Clusterização Hierárquica sobre os Componentes Principais (HCPC;
924 Husson et al., 2017) foi também executada. Nesta análise, a função cria uma árvore hierárquica

925 e a soma da inércia dentro do grupo é calculada para cada agrupamento. Dessa forma, o
926 agrupamento sugerido é aquele com maior perda relativa de inércia. Todas as análises
927 estatísticas foram realizadas utilizando o *Software R* (R Core Team, 2017).

928

929 **3. RESULTADOS**

930

931 *3.1. Composição química dos ingredientes*

932 A Tabela 1 mostra a composição química dos ingredientes analisados. O conteúdo em
933 PB variou de 22,9 a 522 g/kg MS enquanto o NIDN variou de 2,53 a 39,5 % PB, no bagaço de
934 cana e farelo de soja, respectivamente, tendo o feno de alfafa e a torta da semente de macaúba
935 apresentado valores superiores a 200 g/kg MS enquanto os alimentos MDPS, polpa cítrica, feno
936 de mata-pasto e milho apresentaram PB próximos a 80 g/kg MS.

937 O conteúdo em FDN apresentou-se entre 204 e 697 g/kg MS para milho e casca de soja,
938 respectivamente, enquanto o conteúdo em hemiceluloses variou amplamente, de 41 a 433 g/kg
939 MS para o feno de alfafa e farelo de trigo, respectivamente. Os menores teores de fibras
940 indigestíveis nos ingredientes foram encontrados no milho e farelo de soja (< 60 g/kg MS de
941 FDA e < 4 g/kg MS de ligninas), quanto os maiores foram encontrados para bagaço de cana,
942 casca de soja, feno de moringa, feno de mata-pasto e feno de jureminha (> 400 g/kg MS de
943 FDA). Com maior teor fibroso indigestível, o feno de jureminha apresentou ainda valores de
944 ligninas acima de 220 g/kg MS, quando os demais ingredientes se mantiveram abaixo dos 120
945 g/kg MS.

946

947 *3.2. Digestão in vitro e parâmetros fermentativos dos ingredientes*

948 Os dados relacionados aos parâmetros de digestão e fermentação *in vitro* estão na Tabela
949 2. A quantidade máxima de gás produzido (B) variou ($P < 0,05$) de 348 e 318 mL/g MS para o
950 MDPS e milho, respectivamente, a 81,7 e 79,9 mL/g MS para os fenos de jureminha e moringa.
951 O MDPS e o feno de moringa apresentaram ainda as maiores ($P < 0,05$) taxas produção de gás
952 específica (C; 4,44 e 4,16, respectivamente), seguidos pelo milho (3,96) e pelo ora-pro-nobis
953 (3,46), enquanto o feno de mata-pasto apresentou o menor C (2,75).

954 O maior valor ($P < 0,05$) no decaimento da taxa produção de gás específica (A) foi apresentado
955 pelo bagaço de cana (0,30) seguido pela casca de café (0,24) e polpa cítrica (0,21), e os menores
956 A foram encontrados no milho (0,09) e MDPS (0,08). Consequentemente o maior ($P < 0,05$)
957 TMTF foi encontrado no MDPS seguido pelo milho (38,8 e 32,8 h, respectivamente) e os

958

959 **Tabela 1.** Composição química analisada (g/kg MS) dos ingredientes, coprodutos e subprodutos avaliados

Ingredientes	MS	PB	FDN	FDA	LDA	Hemiceluloses	Celulose	NIDN, g/kg PB	NIDA, g/kg PB
Bagaço de cana	887	22,9	685	415	59,0	270	356	25,3	213
Casca de café	857	104	509	366	120	143	246	112	85,6
Casca de soja	883	117	697	456	19,2	241	437	102	105
Farelo de soja	881	522	258	56,2	3,61	202	52,6	395	41,9
Farelo de trigo	871	184	581	148	47,4	433	101	175	37,3
Feno de alfafa	884	205	320	279	82,4	41,0	196	112	41,4
Feno de flor-de-seda	868	175	458	244	51,7	214	192	202	76,0
Feno de jureminha	887	187	670	493	226	176	267	222	47,7
Feno de mata-pasto	886	85,2	693	485	91,5	208	393	103	277
Feno de moringa	881	148	636	469	94,3	167	375	124	34,3
Feno de nim	876	177	372	206	84,5	165	122	305	106
Feno de ora-pro-nobis	881	155	578	359	102	219	257	162	67,2
MDPS ¹	880	78,6	378	143	18,8	236	124	86,5	19,9
Milho	874	87,2	204	20,6	2,27	183	18,3	176	54,0
Polpa cítrica	870	79,3	256	183	31,4	72,7	152	150	63,5
Torta da semente de macaúba	906	268	683	290	90,4	393	200	246	50,6

960 ¹MDPS: milho desintegrado com palha e sabugo.

961 menores no bagaço de cana, seguido pela casca de café (8,58 e 11,4 h). O bagaço de cana
962 apresentou ainda maior ($P < 0,05$) TMF seguido pela casca de café e polpa cítrica (9,32, 7,82 e
963 7,64 mL/h, respectivamente). O LAG foi inferior ($P < 0,05$) para os fenos de mata-pasto,
964 jureminha e alfafa, bagaço de cana, farelo de soja, casca de café e polpa cítrica, enquanto foi
965 maior para MDPS, seguido por milho e feno de moringa.

966 A DEGMS alcançou valores de 0,67 no milho e farelo de trigo, 0,59 no MDPS, 0,56 no
967 farelo de soja e 0,54 na polpa cítrica, o feno de jureminha obteve 0,22, a casca de soja, 0,30 e o
968 bagaço de cana 0,31. Por sua vez, para a DIVMS foi encontrado 0,84 no milho, 0,78 no farelo
969 de soja, 0,69 no farelo de trigo e MDPS como os maiores valores ($P < 0,05$) e 0,21 no feno de
970 jureminha, 0,26 na casca de soja, 0,28 no feno de ora-pro-nobis e 0,31 no bagaço de cana, como
971 os valores mais baixos.

972

973 3.3. Correlação entre digestão *in vitro*, parâmetros de fermentação e composição química

974 Os coeficientes e significâncias para a correlação entre a composição bromatológica e
975 os parâmetros de fermentação e digestão *in vitro* estão apresentados na tabela 3. O parâmetro
976 B está negativamente correlacionado ao conteúdo dos ingredientes em PB ($r = -0,28$; $P = 0,008$),
977 FDN ($r = -0,52$; $P < 0,001$), FDA ($r = -0,66$; $P < 0,001$), ligninas ($r = 0,58$; $P < 0,001$) e celulosas
978 ($r = -0,55$; $P < 0,001$) e o parâmetro C correlaciona-se negativamente com o FDA ($r = -0,24$; P
979 $= 0,022$) e ligninas ($r = -0,26$; $P = 0,012$) e NIDA ($r = -0,44$; $P < 0,001$), enquanto o parâmetro
980 A se correlaciona a todos os princípios nutritivos estudados, com exceção da PB ($P > 0,05$). Por
981 sua vez, o TMTF não se correlaciona à PB e NIDN ($P > 0,05$), enquanto a TMF correlaciona-
982 se negativamente à PB ($r = -0,36$; $P < 0,001$) e NIDN ($r = -0,41$; $P < 0,001$) e positivamente à
983 NIDA ($r = 0,26$; $P = 0,013$), já o LAG, correlaciona-se negativamente a todos os princípios
984 nutritivos avaliados, com exceção das hemicelulosas e do NIDN ($P > 0,05$), para as quais não
985 foram encontradas correlações significativas. A DEGMS correlaciona-se negativamente à FDN
986 ($r = -0,69$; $P < 0,001$), FDA ($r = -0,87$; $P < 0,001$), ligninas ($r = -0,60$; $P < 0,001$), celulosas (r
987 $= -0,80$; $P < 0,001$) e NIDA ($r = -0,32$; $P = 0,002$), mas correlaciona-se positivamente ao NIDN
988 ($r = 0,27$; $P = 0,010$).

989 De modo semelhante, a DIVMS correlaciona-se negativamente à FDN ($r = -0,74$; $P <$
990 $0,001$), FDA ($r = -0,93$; $P < 0,001$), ligninas ($r = -0,63$; $P < 0,001$), celulosas ($r = -0,86$; $P <$
991 $0,001$) e NIDA ($r = -0,35$; $P < 0,001$) e positivamente à PB ($r = 0,33$; $P = 0,001$) e NIDN ($r =$
992 $0,37$; $P < 0,001$).

993 **Tabela 2.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo
 994 Gompertz para quantidade máxima de gás produzido (B, mL / g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa específica de
 995 produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL / h), tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG,
 996 h) dos ingredientes

Ingredientes	DEGMS	DIVMS	B, mL/g DM	C	A	TMTF, h	TMF, mL/h	LAG, h
Bagaço de cana	0,31 ^g	0,31 ^h	166 ^d	3,08 ^{def}	0,30 ^a	8,58 ⁱ	9,32 ^a	0,41 ^f
Casca de café	0,48 ^d	0,50 ^{ef}	187 ^{cd}	2,93 ^{efg}	0,24 ^b	11,0 ^{hi}	7,82 ^b	0,45 ^f
Casca de soja	0,30 ^g	0,26 ⁱ	135 ^{de}	2,98 ^{efg}	0,13 ^{fg}	19,3 ^d	3,41 ^{ef}	0,73 ^{ef}
Farelo de soja	0,56 ^{bc}	0,78 ^b	165 ^d	2,91 ^{efg}	0,16 ^e	15,9 ^{ef}	4,83 ^c	0,43 ^f
Farelo de trigo	0,67 ^a	0,69 ^c	256 ^b	3,23 ^{cde}	0,12 ^g	23,3 ^c	5,03 ^c	1,47 ^{de}
Feno de alfafa	0,48 ^d	0,52 ^{ef}	138 ^{de}	2,97 ^{efg}	0,18 ^{de}	14,3 ^{fg}	4,70 ^{cd}	0,51 ^f
Feno de flor-de-seda	0,53 ^c	0,49 ^f	177 ^d	3,39 ^{cd}	0,11 ^{gh}	24,0 ^c	3,76 ^{def}	2,04 ^{cd}
Feno de jureminha	0,22 ^h	0,21 ^j	81,7 ^f	2,91 ^{fg}	0,20 ^{cd}	11,4 ^{ghi}	3,71 ^{def}	0,41 ^f
Feno de mata-pasto	0,44 ^{de}	0,41 ^g	162 ^d	2,75 ^g	0,15 ^{ef}	17,6 ^{de}	4,09 ^{cde}	0,07 ^f
Feno de moringa	0,39 ^f	0,32 ^h	79,9 ^f	4,16 ^{ab}	0,16 ^e	13,8 ^{fgh}	3,70 ^{def}	2,65 ^c
Feno de nim	0,53 ^c	0,51 ^{ef}	153 ^d	2,95 ^{efg}	0,13 ^{fg}	19,6 ^d	3,69 ^{def}	0,73 ^{ef}
Feno de ora-pro-nobis	0,41 ^{ef}	0,28 ^{hi}	160 ^d	3,46 ^c	0,13 ^{fg}	20,1 ^d	4,20 ^{cde}	1,91 ^{cd}
MDPS ¹	0,59 ^b	0,69 ^c	348 ^a	4,44 ^a	0,08 ⁱ	38,8 ^a	4,91 ^c	6,51 ^a
Milho	0,67 ^a	0,84 ^a	318 ^a	3,96 ^b	0,09 ^{hi}	32,8 ^b	4,91 ^c	4,28 ^b
Polpa cítrica	0,54 ^c	0,56 ^d	233 ^{bc}	2,93 ^{efg}	0,21 ^c	13,2 ^{fgh}	7,64 ^b	0,44 ^f
Torta da semente de macaúba	0,45 ^{de}	0,54 ^{de}	88,4 ^{ef}	3,39 ^{cd}	0,15 ^{ef}	15,7 ^{ef}	2,99 ^f	1,44 ^{de}
EPM ²	0,01	0,02	8,07	0,05	0,01	0,82	0,19	0,18
Valor de P	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

997 ¹MDPS: milho desintegrado com palha e sabugo; ²EPM: erro padrão da média; Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey
 998 (P<0,05).

999 **Tabela 3.** Matriz de correlação dos coeficientes de Pearson entre a composição química e a
 1000 digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), degradabilidade *in vitro* da matéria seca
 1001 (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo Gompertz

	B	C	A	TMTF	TMF	LAG	DEGMS	DIVMS
PB	-0,28*	-0,20 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,36**	-0,22*	0,16 ^{ns}	0,33*
FDN	-0,52**	-0,12 ^{ns}	0,24*	-0,35**	-0,15 ^{ns}	-0,26*	-0,69**	-0,74**
FDA	-0,66**	-0,24*	0,41**	-0,55**	-0,07 ^{ns}	-0,39**	-0,87**	-0,93**
LDA	-0,58**	-0,26*	0,34*	-0,49**	-0,15 ^{ns}	-0,35**	-0,60**	-0,63**
Hemiceluloses	0,09 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,22*	0,23*	-0,17 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Celuloses	-0,55**	-0,18 ^{ns}	0,35**	-0,46**	-0,02 ^{ns}	-0,33*	-0,80**	-0,86**
NIDN	-0,18 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,27*	0,00 ^{ns}	-0,41**	-0,17 ^{ns}	0,27*	0,37**
NIDA	-0,15 ^{ns}	-0,44**	0,37**	-0,29*	0,26*	-0,43**	-0,32*	-0,35**

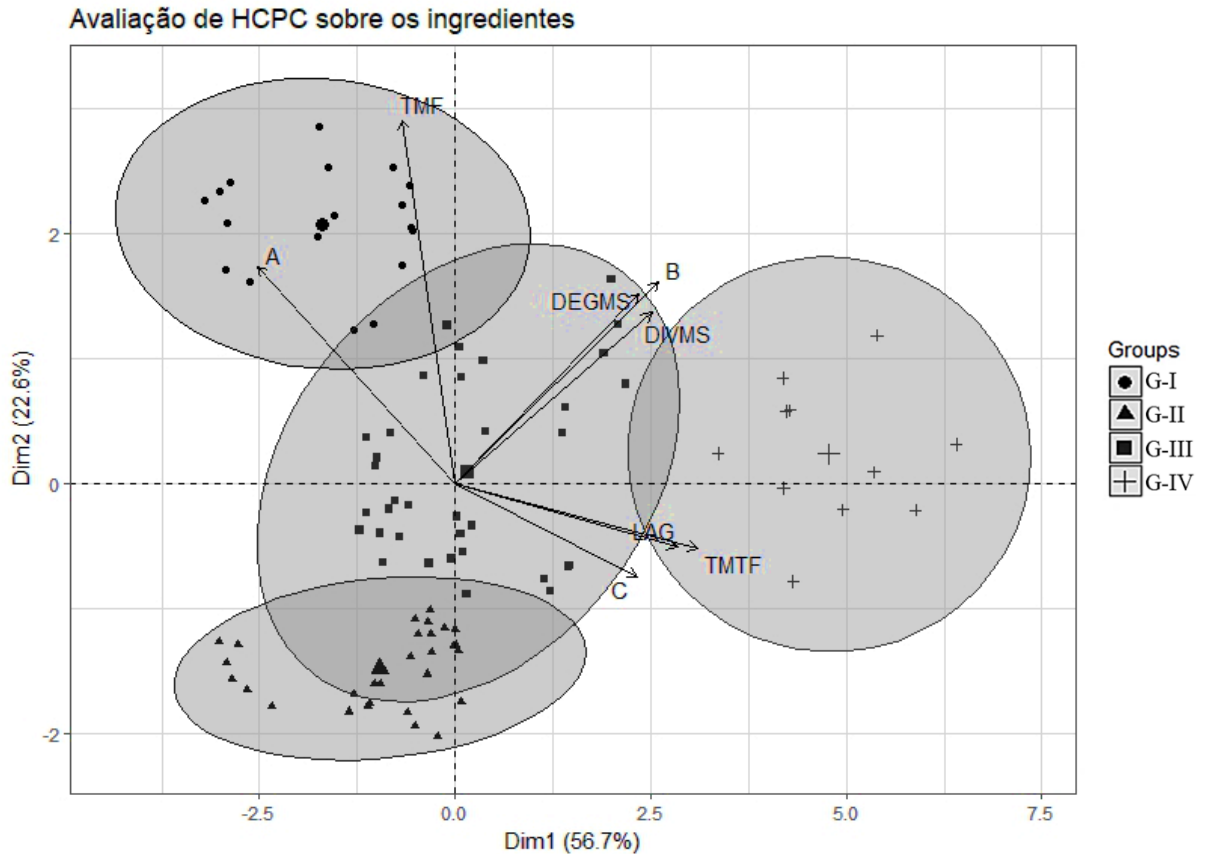
1002 *P<0,05; **P<0,001; ns:não significativo (P>0,05); PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA:
 1003 fibra em detergente ácido; LDA: lignina em detergente ácido; NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro;
 1004 NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido. DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DEGMS =
 1005 degradabilidade *in vitro* da matéria seca; B = quantidade máxima de gás produzido; C = taxa específica de
 1006 produção de gás; A = decaimento na taxa específica de produção de gás; TMF = taxa máxima de fermentação;
 1007 TMTF = tempo para máxima taxa de fermentação; LAG = tempo de latência.
 1008

1009 3.4. Relação entre os parâmetros *in vitro* e agrupamento dos ingredientes

1010 A análise de HCPC foi realizada para estudar as relações entre os parâmetros *in vitro* e
 1011 a resposta dos ingredientes analisados (Figura 1). As duas primeiras dimensões dos
 1012 componentes principais explicam 79,3 % da variância total. A DIVMS e DEGMS estão
 1013 positivamente relacionadas ao parâmetro B e que os parâmetros A e TMF, positivamente
 1014 relacionados entre si, são negativamente relacionados aos parâmetros C, LAG e TMRF.

1015 Com base nestas informações, a análise de agrupamento determinou a formação de
 1016 quatro grupos de alimentos, segundo sua resposta relacionada aos parâmetros *in vitro* (Tabela
 1017 4). O Grupo I (G-I) contém o bagaço de cana, casca de café e polpa cítrica e se caracteriza pelo
 1018 baixo teor em PB ($68,7 \pm 34,9$ g/kg MS), hemiceluloses ($162 \pm 84,0$ g/kg MS), NIDN ($9,58 \pm$
 1019 $5,37$ % PB), baixos valores de C ($2,98 \pm 0,16$), TMTF ($10,9 \pm 2,11$ h), LAG ($0,44 \pm 0,12$ h) e
 1020 altos valores para NIDA ($12,1 \pm 6,78$ % PB), A ($0,25 \pm 0,04$) e TMF ($8,26 \pm 1,12$ mL/h). O
 1021 Grupo II (G-II) contém a casca de soja, feno de jureminha, torta da semente de macaúba, feno
 1022 de moringa e feno de ora-pro-nobis, caracterizando-se por apresentar os mais elevados teores
 1023 em FDN ($652 \pm 43,6$ g/kg MS), FDA ($418 \pm 75,8$ g/kg MS), ligninas ($107 \pm 69,1$ g/kg MS),
 1024 hemiceluloses ($234 \pm 79,1$ g/kg MS) e celulosas ($311 \pm 86,7$ g/kg MS) e mais baixos valores

1025 para B ($110 \pm 34,0$ mL/g DM), TMF ($3,62 \pm 0,43$ mL/h), DEGMS ($0,35 \pm 0,08$) e DIVMS ($0,31$
 1026 $\pm 0,11$).
 1027



1028

1029 **Figura 1.** Exposição gráfica da análise de componentes principais dos ingredientes mostrando as inter-relações
 1030 entre os parâmetros de digestão e fermentação. Plotagem dos grupos formados a partir dos resultados da análise
 1031 HCPC. DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DEGMS = degradabilidade *in vitro* da matéria seca; B
 1032 = quantidade máxima de gás produzido; C = taxa específica de produção de gás; A = decaimento na taxa
 1033 específica de produção de gás; TMF = taxa máxima de fermentação; TMTF = tempo para máxima taxa de
 1034 fermentação; LAG = tempo de latência.
 1035

1036

O Grupo III (G-III) contém o feno de alfafa, feno de flor-de-seda, farelo de soja, farelo
 1037 de trigo, feno de mata-pasto e feno de nim, tendo como principal característica o elevado teor
 1038 em PB (226 ± 142 g/kg MS) e NIDN ($21,6 \pm 10,7$ % PB) e também por apresentar valores
 1039 intermediário para todos os demais princípios nutritivos e parâmetros avaliados.

1040

O Grupo IV (G-IV) contém o milho e MDPS e caracterizou-se pelos baixos teores
 1041 fibrosos, como em FDN ($299 \pm 90,0$ g/kg MS), FDA ($87,4 \pm 63,9$ g/kg MS), ligninas ($11,3 \pm$
 1042 $8,63$ g/kg MS), celuloses ($76,0 \pm 55,2$ g/kg MS) e NIDA ($3,54 \pm 1,78$ % CP), além do parâmetro
 1043 A ($0,08 \pm 0,01$). Ainda apresentou valores elevados para B ($334 \pm 60,2$ mL/g DM), C ($4,22 \pm$
 1044 $0,33$), TMTF ($36,1 \pm 4,42$ h), LAG ($5,50 \pm 1,42$ h), DEGMS ($0,62 \pm 0,05$) e DIVMS ($0,76 \pm$
 1045 $0,08$).

1046 **Tabela 4.** Composição química analisada (g/kg MS), digestibilidade *in vitro* da matéria seca
 1047 (DIVMS), a degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEGMS) e os parâmetros ajustados ao
 1048 modelo de Gompertz dos grupos formados pela análise HCPC

Item	Grupos			
	G-I	G-II	G-III	G-IV
Composição química (g/kg MS)				
MS	871 ± 12,6	887 ± 9,13	878 ± 6,58	877 ± 3,13
PB	68,7 ± 34,9	172 ± 50,3	226 ± 142	82,5 ± 4,49
FDN	483 ± 181	652 ± 43,6	447 ± 155	299 ± 90,9
FDA	321 ± 103	418 ± 75,8	236 ± 136	87,4 ± 63,9
LDA	70,1 ± 38,1	107 ± 69,1	60,4 ± 31,1	11,3 ± 8,63
Hemiceluloses	162 ± 84,0	234 ± 79,1	210 ± 119	212 ± 27,7
Celulose	251 ± 85,8	311 ± 86,7	176 ± 112	76,0 ± 55,2
NIDN, % PB	9,58 ± 5,37	16,9 ± 5,54	21,6 ± 10,7	12,7 ± 4,67
NIDA, % PB	12,1 ± 6,78	6,13 ± 2,52	9,72 ± 8,66	3,54 ± 1,78
Parâmetros de digestão e fermentação <i>in vitro</i>				
B, mL/g DM	195 ± 30,3	110 ± 34,0	175 ± 43,4	334 ± 60,2
C	2,98 ± 0,16	3,38 ± 0,48	3,02 ± 0,23	4,22 ± 0,33
A	0,25 ± 0,04	0,15 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,08 ± 0,01
TMTF, h	10,9 ± 2,11	16,1 ± 3,51	19,0 ± 3,84	36,1 ± 4,42
TMF, mL/h	8,26 ± 1,12	3,62 ± 0,43	4,37 ± 0,64	4,91 ± 0,56
LAG, h	0,44 ± 0,12	1,43 ± 0,86	0,84 ± 0,70	5,50 ± 1,42
DEGMS	0,44 ± 0,10	0,35 ± 0,08	0,53 ± 0,08	0,62 ± 0,05
DIVMS	0,46 ± 0,11	0,31 ± 0,11	0,57 ± 0,13	0,76 ± 0,08

1049 PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LDA: lignina em detergente
 1050 ácido; NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido. DIVMS
 1051 = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DEGMS = degradabilidade *in vitro* da matéria seca; B = quantidade
 1052 máxima de gás produzido; C = taxa específica de produção de gás; A = decaimento na taxa específica de produção
 1053 de gás; TMF = taxa máxima de fermentação; TMTF = tempo para máxima taxa de fermentação; LAG = tempo de
 1054 latência.

1055

1056 4. DISCUSSÃO

1057 A aplicação do método estatístico de agrupamento utilizado neste estudo visa propor
 1058 uma divisão e classificação dos dados analisados de forma que os elementos participantes
 1059 apresentem homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre eles (Mingoti, 2005;
 1060 Husson et al., 2017). Assim, as variáveis utilizadas nos agrupamentos foram os parâmetros de

1061 digestão e fermentação *in vitro*. Tais características são respostas da população microbiana
1062 cecal à concentração da composição química do substrato às quais são inoculadas sendo,
1063 portanto, fatores determinantes para a expressão da extensão da fermentação, das características
1064 digestivas e conseqüentemente do valor nutritivo dos ingredientes (Getachew et al., 2004).
1065 Portanto, a combinação da análise da composição química com as técnicas de digestão e
1066 fermentação *in vitro* fornece dados complementares úteis sobre os ingredientes. Podemos, por
1067 exemplo, inferir que a composição química de um dado alimento permite localizá-lo em cada
1068 um dos grupos propostos, de modo a antever o comportamento de suas variáveis *in vitro*.

1069 A composição química do milho, farelo de soja, farelo de trigo, feno de alfafa, polpa
1070 cítrica, e casca de soja, aproximou-se dos valores encontrados na literatura (Retore et al., 2010;
1071 Peixoto et al., 2015; Rostagno et al., 2017), com exceção das estimativas de FDN e
1072 hemiceluloses do feno de alfafa, as quais foram superiores às deste estudo. Os valores
1073 bromatológicos do feno de moringa apresentaram diferenças no conteúdo proteico (-38,5 %) e
1074 fibroso (FDN: +88,9 %; FDA: +70,5 %; ligninas: +15,6 %) quando comparado aos dados de
1075 Kholif et al. (2015), assim como para a torta da semente de macaúba, apresentando -28,2 % PB,
1076 +52,1 % FDN e +158% ligninas comparado à Carrera et al. (2012). Contrariamente, o feno de
1077 nim apresentou maior conteúdo proteico (+18,8 %) e menor conteúdo fibroso (FDN: -28,6 %;
1078 FDA: -31,3 %) se comparado ao feno utilizado por Ngamsaeng et al. (2006). De semelhante
1079 modo, a casca de café apresentou diferentes níveis de FDN (-34,3 %) e FDA (-27,1 %) ao
1080 ingrediente usado por Rocha et al. (2006). Os fenos de flor-de-seda, jureminha, mata-pasto e o
1081 MDPS apresentaram-se semelhantes aos encontrados na literatura (Paziani et al., 2001; Costa
1082 et al., 2007; Arruda et al., 2010; Pereira et al., 2010).

1083 A maioria dos ingredientes usados no presente estudo são coprodutos e subprodutos,
1084 geralmente obtidos a partir do processamento de ingredientes para consumo humano ou ainda
1085 alimentos alternativos, cuja utilização é restrita a regiões que apresentem disponibilidade para
1086 inclusão em dietas para animais. Isto supõe que a composição destes ingredientes varie
1087 amplamente, principalmente em função do seu material de origem, processo de obtenção, tipos
1088 de componentes extraídos (DePeters et al., 1997) e ainda região e época de cultivo e colheita,
1089 idade e maturação da planta, dentre outros (Sousa, 2005; Nascimento et al., 2006).

1090 A degradação da fibra é determinada pela atividade microbiana, tempo de retenção da
1091 digesta no trato gastrointestinal, além da sua estrutura físico-química e composição da fibra.
1092 Soma-se a isto a composição da microbiota cecal reforçando, portanto, a importância da
1093 adaptação do ambiente ao substrato. As diferentes frações da fibra dietética apresentam

1094 diferentes extensões de digestão pré-cecal, variando de 5 a 43% no FDN, de 20 a 50% nos
1095 principais monômeros das substâncias pécicas (arabinose e ácido urônico) e de 0 a 20% na
1096 glicose e xilose, monômeros da maioria das demais frações fibrosas. Sendo assim, 20 a 80% da
1097 fibra digestível total dos ingredientes pode vir a ser digerida ainda nos compartimentos pré-
1098 cecais (Gidenne e Ruckebusch, 1989; Merino e Carabaño, 1992, Gidenne et al., 2010).

1099 A lenta e fraca fermentação dos alimentos pertencentes ao G-IV, demonstrado pelos
1100 elevados valores de LAG (5,50 h) e TMTF (36,1 h) e baixo TMF (4,91 mL/h), pressupõe a
1101 necessidade de adaptação da comunidade microbiana cecal (Michelland et al., 2011) ao
1102 substrato que, no presente estudo, são ricos em amido e pobres em conteúdo fibroso sendo,
1103 portanto, um fator limitante à fermentação (Bagóné Vántus et al., 2014). Considerando que a
1104 quantidade de amido fermentado no segmento ceco-cólico de coelhos adultos seja de 1 a 7%
1105 do amido total ingerido (Blas e Gidenne, 2010) e o tempo de retenção cecal médio seja de 10h
1106 (Gidenne et al., 2000), a fermentação *in vivo* desta fração torna-se insignificante, desde que a
1107 fração fibrosa da dieta se mantenha como principal agente determinante da fermentação cecal.

1108 Por outro lado, baixos valores de LAG (0,44 h) e TMTF (10,9 h) e elevados valores de
1109 TMF (8,26 mL/h), como os observados nos ingredientes do G-I, sugerem que o inóculo está
1110 melhor adaptado ao substrato, porém pode também denotar uma composição menos complexa,
1111 com menor disponibilidade de nutrientes, como o conteúdo em hemiceluloses, tornando o
1112 processo de fermentação rápido (Lavrenčič, 2007). Nestes casos, pode haver depressão do
1113 crescimento e fermentação microbiana, resultando em autólise e possível fermentação de
1114 bactérias mortas pelos micro-organismos restantes (Calabro et al., 2013). Contrariamente, os
1115 elevados valores de FDN (652 g/kg), FDA (418 g/kg), ligninas (107 g/kg), hemiceluloses (234
1116 g/kg) e celulose (311 g/kg) nos ingredientes do G-II, contribuíram para a obtenção de baixos
1117 valores de TMF (3,62 mL/h) e principalmente B (110 mL/g DM), com consequentes baixos
1118 valores de DIVMS (0,31) e DEGMS (0,35). A fermentabilidade da fibra reduz a partir do
1119 aumento da lignificação da amostra (Van Soest, 1994), fato corroborado pela correlação
1120 negativa (com exceção do parâmetro A) entre as ligninas e a maioria dos parâmetros deste
1121 estudo, além do contraste entre o valor de B e o teor de ligninas nos grupos G-II e G-IV.

1122 Foram encontradas correlações negativas entre DIVMS e FDN, FDA, celulose, ligninas
1123 e NIDN por Villamide et al. (2009) e De Blas et al. (2015) sendo que, diferente deste trabalho,
1124 também se correlacionaram negativamente a este parâmetro o conteúdo em hemiceluloses dos
1125 ingredientes, contudo isto pode se dever à natureza dos alimentos avaliados, que podem
1126 apresentar diferentes composições na fração de hemiceluloses.

1127 Os fatores que afetam a variabilidade da atividade fibrolítica cecal são controversos,
1128 mas aparentemente ingredientes e dietas que apresentem baixo conteúdo fibroso podem reduzir
1129 ou não alterar a atividade fermentativa cecal (Gidenne et al., 2000; 2002). Por outro lado, o tipo
1130 e fonte da fibra dietética tem influência sobre a atividade fibrolítica como no caso da polpa seca
1131 de beterraba que eleva a atividade cecal pectinolítica e celulolítica enquanto o farelo de trigo
1132 parece elevar a atividade xilanolítica (Falcão-e-Cunha et al., 2004).

1133 Isto pode explicar-se em parte pela diferença na quantidade e tipo de micro-organismos
1134 hospedados no ceco, que apresenta 10^7 UFC/g de conteúdo cecal de micro-organismos
1135 celulolíticos e de 10^9 a 10^{10} UFC/g de conteúdo cecal de micro-organismos pectinolíticos e
1136 xilanolíticos (Combes et al., 2013). Como consequência pode ser observada menor atividade
1137 fibrolítica (Yang et al., 2010), associada à baixa contagem de bactérias celulolíticas comparada
1138 às comunidades xilanolíticas e pectinolíticas. Fato que explica a correlação negativa da celulose
1139 com a maioria dos parâmetros fermentativos no presente estudo e em outros trabalhos (De Blas
1140 et al., 2015), como no caso da forte e negativa correlação da celulose comparada à ausência de
1141 correlação das hemiceluloses com DIVMS e DEGMS.

1142 Foi identificado um comportamento atípico nos fenos de ora-pro-nobis, jureminha,
1143 moringa, nim indiano, flor-de-seda e também na casca de soja, para os quais foram obtidos
1144 baixos valores de DIVMS, se comparado ao valor de DEGMS. Espera-se que o valor do
1145 primeiro seja igual ou superior ao segundo, tendo em vista que o estágio de fermentação é
1146 precedido por duas etapas de digestão. Tal comportamento foi encontrado por outros autores
1147 (Vogel et al., 1999; Bovera et al., 2008) principalmente ao trabalharem com fenos e ingredientes
1148 contendo elevados valores de fibras indigestíveis.

1149 Sabe-se que as duas primeiras etapas da metodologia para obtenção da DIVMS
1150 (digestão com pepsina e pancreatina) podem influenciar a subsequente fermentação (última
1151 etapa), porque a composição do resíduo não digerido pode alterar a extensão da fermentação a
1152 ser realizada (Jha et al., 2011). Além disso, a redução do pH prévio ao início da terceira etapa
1153 da metodologia (ajuste do pH para 4,8) pode levar a uma consequente redução na contagem da
1154 já baixa população de bactérias celulolíticas (Boulahrouf et al., 1991).

1155 Incubações *in vitro* de glicose, celobiose, celulose cristalina e FDN purificado (Yang et
1156 al., 2010) demonstraram que o pH resultante do processo foi de 4,28, 4,48, 6,22 e 6,14
1157 respectivamente, tendo apresentado os dois primeiros materiais incubados pH abaixo dos
1158 valores cecais normais, que variam entre 5,4 e 6,6 (Gidenne et al., 2010), sugerindo que, sob
1159 estas condições, bactérias acidófilas que geralmente não são abundantes no ambiente cecal,

1160 podem ter se desenvolvido e alterado o padrão fermentativo *in vitro*. Logo, a rápida e intensa
1161 acidificação do meio obriga a uma adaptação ou reestruturação da comunidade microbiana, de
1162 modo que, bactérias presentes em maior quantidade tendem a se reestabelecer mais
1163 rapidamente.

1164

1165 **5. CONCLUSÃO**

1166 A determinação das características químico-bromatológicas dos ingredientes testados,
1167 aliados à resposta obtida pelas avaliações *in vitro*, permitiu o agrupamento dos mesmos em
1168 quatro grupos, sendo: Grupo I contendo bagaço de cana, casca de café e polpa cítrica; Grupo II
1169 contendo casca de soja, feno de jureminha, torta da semente de macaúba, feno de moringa e
1170 feno de ora-pro-nóbis; Grupo III contendo feno de alfafa, feno de flor-de-seda, farelo de soja,
1171 farelo de trigo, feno de mata-pasto e feno de nim e; Grupo IV contendo milho e MDPS.

1172 Tal achado evidencia o importante papel das frações fibrosas, bem como possivelmente
1173 dos carboidratos não fibrosos sobre o comportamento fermentativo dos ingredientes com
1174 importante impacto sobre a quantidade total de gás produzido e sobre a digestibilidade e
1175 degradabilidade dos ingredientes.

CAPÍTULO III

DIGESTIBILIDADE *IN VIVO*, CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO *IN VITRO* E CONTRIBUIÇÃO NUTRITIVA DOS CECOTROFOS DE COELHOS EM CRESCIMENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU AUTOCLAVADO ENRIQUECIDOS VINHAÇA

RESUMO

Objetivou-se avaliar nutricionalmente o bagaço de cana-de-açúcar *in natura* ou autoclavado, enriquecidos ou não com vinhaça, por meio das estimativas de digestibilidade *in vivo*, *in vitro* e da contribuição nutritiva dos cecotrofos para coelhos em crescimento. Um total de 50 coelhos foram utilizados, distribuídos em cinco grupos com 10 animais cada em um delineamento completamente aleatorizado e alimentados com dietas contendo: 100 g/kg de bagaço de cana *in natura* (BIN); 100 g/kg de bagaço de cana *in natura* enriquecido com vinhaça (BINV); 100 g/kg de bagaço de cana autoclavado (BA); 100 g/kg de bagaço de cana autoclavado enriquecido com vinhaça (BAV) e; uma dieta controle, sem bagaço ou vinhaça. Os ensaios *in vitro* foram realizados empregando-se inóculo cecal sobre os tratamentos dietéticos supracitados. Os resultados mostraram que a autoclavagem reduz ($P < 0,05$) a DIVMS, DEGMS e B (0,332, 0,324 e 105 mL/g MS, respectivamente) e eleva ($P < 0,05$) o valor de C entre os bagaços (2,98 vs. 3,49). A inclusão de vinhaça melhora ($P < 0,05$) a DIVMS e B dos bagaços (0,339 vs. 0,358 e 109 vs. 142 mL/g MS, respectivamente). A autoclavagem reduz ($P < 0,05$) a DIVMS (0,632 vs. 0,654) e o CDMO das dietas (0,685 vs. 0,663) e a inclusão da vinhaça eleva ($P < 0,05$) o CDFDN (0,519 vs. 0,574), mas reduz o CDEB 0,699 para 0,665 e a DIVMS de 0,653 para 0,633. Ainda, a vinhaça promove redução de 10,8% na ED e aumento de 14,8% na PD das dietas que continham bagaços enriquecidos com vinhaça ($P < 0,05$). O CMD durante a cecotrofia foi reduzido ($P < 0,05$) em 21,5% e o conteúdo em PB dos cecotrofos foi 8,6% maior ($P < 0,05$) quando oferecidas dietas contendo vinhaça e a autoclavagem elevou ($P < 0,05$) a CNPB em 3,5 pontos percentuais. Em função de efeitos erráticos encontrados, relacionados a alterações na matriz de composição bromatológica de um dos ingredientes constantes na dieta controle, tornou-se impossíveis a realização do cálculo de PD e ED dos ingredientes teste. Em conclusão, a autoclavagem e a inclusão de vinhaça pioram as características digestivas e fermentativas *in vitro*, a CDMO e a CDEB, com consequências sobre a ED e PD das dietas. Por outro lado, elevam a PB a CNPB dos cecotrofos.

Palavras-chave: cecotrofia, digestibilidade, fermentabilidade, produção de gás

CHAPTER III

***IN VIVO* DIGESTIBILITY, *IN VITRO* FERMENTATION CHARACTERISTICS AND NUTRITIONAL CONTRIBUTION OF CECOTROPHES OF GROWING RABBITS FED *IN NATURA* OR AUTOCLAVED SUGARCANE BAGASSE AND VINASSE**

ABSTRACT

The objective with this study was to evaluate the nutritional value of dry or autoclaved sugarcane bagasse, enriched or not with vinasse, by assessing the *in vivo* and *in vitro* digestibility and nutritional contribution of growing cecotrophes. A total of 50 rabbits were used, distributed in five groups with 10 animals each in a completely randomized design and fed diets containing: 100 g/kg of *in natura* sugarcane bagasse (INB); 100 g/kg of *in natura* sugarcane bagasse enriched with vinasse (INBV); 100 g/kg of autoclaved sugarcane bagasse (AB); 100 g/kg sugarcane bagasse enriched with vinasse (ABV) and; a control diet, without bagasse or vinasse. *In vitro* assays were performed using cecal inoculum on the aforementioned dietary treatments. The results showed that autoclaving reduces the *in vitro* DM digestibility, degradability and B (0.332, 0.324 and 105 mL/g MS, respectively) and increases (P<0.05) the C value between the bagasse (P<0.05). 2.98 vs. 3.49). The inclusion of vinasse improved (P<0.05) the *in vitro* DM digestibility and B of the bagasse (0.339 vs. 0.358 and 109 vs. 142 mL/g MS, respectively). Autoclaving reduces the *in vitro* DM digestibility (0.632 vs. 0.654) and the OM digestibility of the diets (0.685 vs. 0.663) and inclusion of the vinasse increases (P<0.05) the NDF digestibility (0.519 vs. 0.574), but reduces the GE digestibility from 0.699 to 0.665 and the *in vitro* DM digestibility from 0.653 to 0.633. Still, vinasse promotes a reduction of 10.8% in DE and a 14.8% increase in DP of diets containing vinasse (P<0.05). The AFDI during the cecotrophy was reduced (P<0.05) in 21.5% and the CP content of the cecotrophs was 8.6% higher (P<0.05) when diets containing vinasse were added and autoclaving increased (P<0.05) to NCCP by 3.5 percentage points. Due to the erratic effects found, related to changes in the bromatological composition matrix of one of the ingredients in the control diet, it was impossible to perform DP and DE calculations of the test ingredients. In conclusion, autoclaving and inclusion of vinasse worsen the *in vitro* digestive and fermentative characteristics, the OM and GE digestibility, with consequences on the DE and DP of the diets. On the other hand, they raise CP to NCCP of cecotrophs.

Keywords: cecotrophy, digestibility, fermentability, gas production

1243 **1. INTRODUÇÃO**

1244

1245 O fato do coelho ser um animal herbívoro de ceco funcional (Cheeke, 1987), possuir
1246 especificidade de população microbiana e capacidade de realizar o processo de cecotrofia, o
1247 torna eficiente na degradação da fibra dietética (Gómez-Conde et al., 2009).

1248 O aumento do fornecimento de fibras de maneira equilibrada, é uma importante
1249 estratégia para a manutenção de elevados valores de digestibilidade dos nutrientes e energia,
1250 além de reprimir a ocorrência de doenças digestivas, devido à modulação exercida sobre o
1251 ambiente cecal, a atividade fermentativa da microbiota (Martínez-Vallespín et al., 2013), as
1252 funções de barreira do intestino (Grueso et al. 2013) e a regulação da taxa de passagem
1253 (Rodríguez-Romero et al., 2011).

1254 Poucos estudos sobre contribuição nutritiva dos cecotrofos de animais alimentados com
1255 inclusão de bagaço de cana-de-açúcar e vinhaça em dietas para coelhos foram realizados. Em
1256 contrapartida, é necessário desenvolver estratégias alimentares com base em recursos
1257 disponíveis nos trópicos, sobretudo com aqueles que contribuirão com o meio através da
1258 prestação de serviços ambientais, em concordância com uma adequada utilização dos recursos
1259 disponíveis para promover a sustentabilidade econômica e ambiental destes sistemas de
1260 produção (Nieves et al., 2011; Ferreira et al., 2015).

1261 O bagaço de cana-de-açúcar e a vinhaça são os resíduos mais importantes e
1262 ambientalmente impactantes da agroindústria de biocombustíveis brasileira, com 270 kg de
1263 bagaço por tonelada de cana colhida e de 12 a 13 litros de vinhaça por litro de etanol produzido
1264 (Martinelli e Filoso, 2008; Castañón-Rodríguez et al., 2015; UNICA, 2016). O bagaço de cana
1265 é caracterizado pelo elevado conteúdo lignocelulósico e baixo conteúdo proteico e a vinhaça
1266 por seu baixo teor de matéria seca, baixo pH e elevados teores de minerais. Ferreira et al. (2015)
1267 encontraram valores de energia digestível e proteína digestível de 352 kcal/kg MS e 20,4 g/kg
1268 MS, respectivamente para o bagaço de cana *in natura* e 556 kcal/kg MS e 32,7 g/kg MS bagaço
1269 de cana *in natura* enriquecido com vinhaça.

1270 O objetivo com este experimento foi avaliar nutricionalmente dietas à base de bagaço
1271 de cana-de-açúcar *in natura* ou autoclavado, enriquecidos ou não com vinhaça e seus efeitos
1272 sobre a composição química e contribuição nutritiva dos cecotrofos de coelhos em crescimento
1273 e as características de digestibilidade e fermentação *in vitro* dos ingredientes acima citados.

1274

1275

1276 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

1277

1278 *2.1. Local do estudo*

1279 O estudo foi conduzido no setor de cunicultura do Laboratório de Metabolismo e
1280 Calorimetria Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, Minas Gerais,
1281 Brasil). Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas (30 x 60 x 40 cm), mantidos em um
1282 galpão de alvenaria durante o mês de Junho de 2015. No período, médias diárias de temperatura
1283 máxima de $24,5 \pm 2,6$ °C, mínima de $15,8 \pm 1,8$ °C e umidade relativa do ar de $62,5 \pm 8,1$ %
1284 foram registradas. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética para Uso
1285 Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo nº 266/2015.

1286

1287 **Tabela 5.** Ingredientes (g/kg) da dieta controle e das dietas teste

Itens	Controle	Teste
Bagaço de cana	-	230,4
Feno de alfafa	355,2	266,4
Farelo de trigo	166,3	124,7
MDPS ¹	150,0	112,5
Farelo de soja	150,0	112,5
Milho	100,0	75,0
Óleo de soja	30,0	30,0
Melaço de cana	20,0	20,0
Sal comum	5,0	5,0
Premix Vit. & Min. ²	5,0	5,0
Calcário	0,83	0,83
Fosfato bicálcico	10,9	10,9
Bentonita	5,0	5,0
L-lisina	0,49	0,49
DL-metionina	1,4	1,4

1288 ¹MDPS: milho desintegrado com palha e sabugo; ²Premix vitamínico e mineral, conteúdo por kg de dieta: 10.000
1289 IU Vit. A; 100 IU Vit. D3; 20 IU Vit. E; 3.61 mg Vit. K; 2.0 mg Vit. B1; 5.0 mg Vit. B2; 3.0 mg Vit. B6; 0.01 mg
1290 Vit. B12; 15.0 mg Ácido Pantatênico; 30.0 mg Niacina; 0.11 mg Biotina; 0.5 mg Ácido Fólico; 500 mg Cloreto
1291 de colina; 70.0 mg Zn; 20.0 mg Mn; 100.0 mg Fe; 20.0 mg Cu; 0.7 mg I; 0.1 mg Se. and 133.4 mg Mg.

1292

1293 *2.2. Coleta e preparo do bagaço de cana-de-açúcar e das dietas experimentais*

1294 O bagaço de cana-de-açúcar e vinhaça utilizados no experimento foram obtidos de uma
1295 usina produtora de açúcar e etanol (Bambuú, Minas Gerais, Brasil). Todos os bagaços *in natura*
1296 foram moídos a 2mm e a vinhaça (35 g/kg MS) armazenada em galões selados até o momento

1297 do uso. O bagaço autoclavado foi obtido submetendo o bagaço *in natura* e moído à autoclave
 1298 por 30 minutos a 120 °C de temperatura e 15 kg/força/cm² de pressão. Para o enriquecimento
 1299 com vinhaça, ambos os bagaços foram regados com 300 mL de vinhaça por kg de bagaço, *in*
 1300 *natura* ao ar por uma hora e, então, incorporados às dietas.

1301 Os tratamentos dietéticos consistiram de uma dieta controle, sem bagaço ou vinhaça na
 1302 qual os requisitos nutricionais seguiram as recomendações de De Blas e Mateos (2010) e outras
 1303 quatro dietas experimentais, nas quais 250 g/kg dos macro ingredientes da dieta controle foram
 1304 substituídos por bagaço de cana *in natura* (BIN); bagaço de cana *in natura* enriquecido com
 1305 vinhaça (BINV); bagaço de cana autoclavado (BA) e; bagaço de cana autoclavado enriquecido
 1306 com vinhaça (BAV). Todos os grupos receberam dietas na forma peletizada com 4,0 mm de
 1307 diâmetro. A composição alimentar e química das dietas experimentais está exposta nas tabelas
 1308 5 e 6.

1309

1310 **Tabela 6.** Composição química analisada (g/kg de MN) das dietas experimentais contendo
 1311 diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça

Itens	BIN	BINV	BA	BAV	Controle
Matéria seca	896	780	896	786	901
Matéria orgânica	830	702	829	713	816
Cinzas	66,3	78,0	66,8	73,5	85,1
Proteína bruta (PB)	142	171	140	165	183
FDN ¹	376	474	444	490	363
FDA ²	192	218	218	221	160
LDA	34,9	36,3	45,5	37,2	21,4
Hemiceluloses (FDN-FDA)	185	256	226	269	214
Celulose (FDA-LDA)	157	182	172	184	128
NIDN ³ , % PB	19,7	20,8	19,4	22,4	21,1
NIDA ⁴ , % PB	2,22	3,93	4,53	2,45	5,92
Extrato etéreo	52,7	53,0	53,3	53,1	57,9
Cálcio	14,5	14,2	15,2	14,7	15,9
Fósforo total	5,52	5,49	6,02	5,73	3,53
Lisina ⁵	0,73	0,73	0,73	0,73	0,80
Met+Cis ⁵	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Energia digestivel ⁵ , kcal/kg	2510	2510	2510	2510	2550

1312 ¹Fibra em detergente neutro analisada com amilase termoestável e expressa incluindo cinzas residuais; ²Fibra em
1313 detergente ácido, expressa incluindo cinzas residuais; ³Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁴Nitrogênio
1314 insolúvel em detergente ácido; ⁵Calculado (Maertens et al., 2002).
1315

1316 2.3. *Ensaio de digestibilidade in vivo*

1317 Foram utilizados 50 coelhos Nova Zelândia branco com com 55 dias e 1810±111 g de
1318 peso vivo, selecionados de um grande grupo de animais em crescimento que foram desmamados
1319 aos 30 dias, aleatoriamente designados a todos os cinco tratamentos dietéticos, com dez
1320 repetições cada. O consumo foi determinado e as fezes coletadas às 9h por quatro dias
1321 consecutivos (Perez et al., 1995). As fezes de cada animal foram misturadas, secas em estufa
1322 de ventilação forçada a 55 °C por 72h, moídas a 2mm e, então, armazenadas em bolsas plásticas
1323 vedadas até o momento da realização das análises químicas.

1324 O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes foi determinado de acordo com
1325 Perez et al. (1995). Os cálculos para determinação do valor nutricional dos ingredientes foram
1326 realizados de acordo com as recomendações de Villamide et al. (2001). Supõe-se que exista
1327 efeito associativo entre a dieta basal e os ingredientes teste. Uma correção para a diferença entre
1328 o teor de matéria seca entre a dieta basal e os ingredientes teste foi realizada para se determinar
1329 o real nível de inclusão de cada um.

1330

1331 2.4. *Ensaio de cecotrofia*

1332 Conduzido após o último dia do ensaio de digestibilidade, os 50 coelhos, agora com 65
1333 dias de idade e 2091±141 g de peso vivo, mantiveram-se alocados às mesmas dietas e colares
1334 elisabetanos circulares de madeira, de 25 cm de diâmetro, foram utilizados de acordo com
1335 Gidenne e Lapanouse (2000) para contenção dos animais, prevenindo assim, o consumo de
1336 cecotrofos. A coleta de cecotrofos foi realizada a cada duas horas por um período de 24h
1337 ininterruptas. Para obter o valor da contribuição nutritiva dos cecotrofos, a fórmula sugerida
1338 por Motta Ferreira et al. (1996) foi utilizada.

1339

1340 2.5. *Ensaio de digestibilidade in vitro da matéria seca*

1341 A análise foi realizada seguindo os métodos propostos por Ramos et al., (1992) e Boisen
1342 (1991) utilizando sacos filtrantes Ankom como modificado por Abad et al., (2013) para
1343 determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Foram pesadas 0,5 g dos
1344 cinco tratamentos dietéticos e dos quatro tipos de bagaço, moídos previamente a 1 mm, em
1345 bolsas filtrantes Ankom e colocados em jarros para incubadora Daisy II (modelo D220, Ankom
1346 Technology Corp., Macedon, New York, USA). 25 mL de tampão fosfato (0,1 M, pH 6,0) e 10

1347 mL de solução HCl 0,2 M foram adicionados para cada bolsa. O pH foi mensurado e então
1348 ajustado a pH 2,0 com solução HCl 1 M ou NaOH 1 M. Então, foi adicionado 1 mL/bolsa de
1349 solução fresca de pepsina [25 mg de pepsina (pepsina porcina, 2000 unidades FIP/g proteína,
1350 Merck nº 7190) / mL de HCl 0,2 M] e misturado. O jarro foi fechado e as amostras incubadas
1351 a 40 °C por 1,5 h. Após esta incubação, 10 mL/bolsa de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,8) e 5
1352 mL/bolsa de solução NaOH 0,6 M foram adicionados. Após mistura, o pH foi ajustado para 6,8
1353 adicionando-se soluções de HCl 1 M ou NaOH 1 M. Posteriormente, 1 mL/bolsa de solução de
1354 pancreatina fresca [100 mg de pancreatina (pancreatina porcina, grau VI, Sigma nº 1750) / mL
1355 de tampão fosfato pH 6,8] foi adicionado, sendo o jarro fechado e as amostras incubadas a 40
1356 °C por 3,5 h. Para o último passo, após a segunda incubação, foi empregada uma adaptação que
1357 utilizou conteúdo cecal diluído a uma proporção de 1:1 (p/v) com solução de Theodorou et al.
1358 (1994) como inóculo.

1359 O pH foi ajustado para 4,8 com ácido acético e então adicionou-se 16,5 mL/bolsa de
1360 inóculo e incubou-se a 40 °C por 24h. Todo o resíduo solúvel foi então eliminado e as bolsas
1361 foram lavadas no jarro com água por três vezes, seguindo-se a submersão destes em acetona
1362 para prevenir aderência de qualquer resíduo nas bolsas. Finalmente, as bolsas foram secas em
1363 estufa a 105 °C por 24h. Para cada amostra foram utilizadas seis réplicas e para cada jarro, três
1364 bolsas sem amostra foram incubadas como branco. A DIVMS foi obtida calculando-se a
1365 diferença de peso entre a MS da amostra antes e após a incubação, corrigindo-a para as amostras
1366 em branco.

1367

1368 *2.6. Estudo de produção de gás e degradabilidade in vitro da matéria seca*

1369 A técnica foi descrita por Theodorou et al. (1994) e adaptada por Maurício et al. (1999),
1370 utilizando bolsas Ankom (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). O preparo do
1371 inóculo, manipulação e seleção dos animais foram realizadas de acordo com os métodos usados
1372 por Calabro et al. (1999), com amostras frescas de conteúdo cecal de três coelhos Nova Zelândia
1373 branco, saudáveis de 72 dias de idade, aleatoriamente escolhidos e alimentados com dieta
1374 comercial. Dieta e água foram oferecidas *ad libitum* dos 30 dias (desmame) até o abate. Os
1375 animais foram insensibilizados por eletronarcose e abatidos por exanguinação por volta das
1376 8h, sem jejum prévio e os cecos foram isolados amarrando em suas duas extremidades fios de
1377 *nylon* e armazenados em recipientes preaquecidos a 39 °C, até o transporte ao laboratório.
1378 Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética para Uso Animal da
1379 Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo 266/2015.

1380 Foram pesadas 0,5 g dos cinco tratamentos dietéticos e dos quatro tipos de bagaço,
1381 moídos previamente a 1 mm, em bolsas Ankom, seladas e introduzidas em frascos de 50 mL
1382 previamente lavados com água destilada, secos em estufa e preaquecidos a 39 °C. O conteúdo
1383 cecal foi diluído na proporção de 1:1 (p/v) com a solução de Theodorou et al. (1994). Toda a
1384 manipulação e o enchimento dos frascos foi realizada sob fluxo constante de CO₂ livre de
1385 oxigênio, para assegurar as condições de anaerobiose, e a temperatura foi mantida sempre em
1386 39 °C. Foram adicionados 16,5 mL do inóculo sobre as amostras nos frascos, que foram
1387 imediatamente vedados com rolhas de borracha e levados a estufa. A pressão gerada pelos gases
1388 acumulados na parte superior dos frascos foi medida por meio de um transdutor digital de
1389 pressão (modelo T443A, Bailey & Mackey, Birmingham, UK) acoplado a uma agulha de 0,70
1390 x 25 mm inseridas através das tampas de borracha dos frascos. A produção de gás resultante da
1391 atividade fermentativa microbiana foi mensurada manualmente pela leitura após 0 2, 4, 6, 8,
1392 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 h de incubação. Após leitura, o frasco foi retirado do transdutor
1393 e a agulha foi mantida por alguns segundos para estabilização entre pressão externa e interna.
1394 Para cada amostra, foram utilizadas seis repetições e seis frascos sem substrato (branco)
1395 também foram incubados.

1396 Os valores de gás produzido nos diferentes tempos de incubação foram corrigidos para
1397 a quantidade de gás produzido pelo branco no tempo correspondente para cada repetição. Estes
1398 valores foram também corrigidos para o conteúdo de matéria seca das amostras. Os valores
1399 corrigidos foram então ajustados ao Modelo de Gompertz (Lavrenčič et al., 1997; Lavrenčič,
1400 2007):

1401

$$1402 \quad Y_t = B \cdot \exp[-C] \cdot \exp(-At)$$

1403

1404 Onde, Y_t é o gás produzido (mL/g MS) no tempo t ; B é a quantidade assíntota de gás produzido
1405 (quantidade máxima de gás produzido ou potencial total de produção de gás em mL/g MS); C
1406 é a taxa produção de gás específica, afetada por t e governada pela constante A que descreve o
1407 decaimento taxa produção de gás específica e ; t é o tempo em h.

1408 A variação na taxa de produção de gás foi obtida pelo cálculo da primeira derivada do
1409 modelo de Gompertz em relação ao tempo de incubação:

1410

$$1411 \quad dY/dt = BCA \cdot \exp(-At) \cdot \exp[-C] \cdot \exp(-At)$$

1412

1413 O tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF; h) foi calculado ajustando a segunda
1414 derivada do modelo de Gompertz igual a 0 e resolvendo para t:

1415

$$1416 \quad d^2Y/dt^2 = AB^2C^2[\exp(-At)]^2*\exp[(-C)*\exp(-At)]-ABC^2*\exp[(-C)*\exp(-At)]=0$$

1417

1418 A taxa máxima de fermentação (TMF; mL/h) foi então calculada inserindo o valor
1419 TMTF correspondente na equação da primeira derivada. O atraso na fermentação no início da
1420 incubação (LAG; h) foi obtido a partir da equação:

1421

$$1422 \quad \text{LAG} = (\log(C)-1)/A$$

1423

1424 A degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEGMS) foi obtida calculando-se a
1425 diferença de peso entre a MS da amostra antes e após a incubação, corrigindo-a para as amostras
1426 em branco.

1427

1428 2.7. Análises químicas

1429 A composição química dos bagaços, dietas e cecotrofos foram determinadas utilizando-
1430 se os métodos da AOAC (2000) para matéria seca (MS; 934.01), cinzas (MM; 967.05), proteína
1431 bruta (PB; 986.06), extrato etéreo (EE; 920.39) e cálcio (Ca; 927.02). O teor de matéria orgânica
1432 (MO) foi calculado como MS-MM. A Fibra em detergente neutro analisada com amilase
1433 termoestável e expressa incluindo cinzas residuais (FDN), fibra em detergente ácido expressa
1434 incluindo cinzas residuais (FDA) e ligninas determinadas pela solubilização da celulose com
1435 ácido sulfúrico foram analisadas de acordo com Mertens (2002), AOAC (2000), procedimento
1436 973.187 e Van Soest et al. (1991), respectivamente, utilizando procedimentos sequenciais e
1437 sistema de bolsas filtrantes (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). Os componentes
1438 da FDN e FDA foram posteriormente processados para seu conteúdo nitrogenado (NIDN e
1439 NIDA, respectivamente) de acordo com o procedimento 984.13 da AOAC (2000).
1440 Hemiceluloses foram calculadas como FDN-FDA e celulose como FDA-LDA.

1441 O fósforo foi mensurado em espectrofotômetro (modelo E-225D. CELM, Barueri, São
1442 Paulo, Brasil). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica adiabática (modelo
1443 6200, Parr Instrument Company, Moline, Illinois, USA).

1444

1445 2.8. *Análises estatísticas*

1446 O desenho experimental foi completamente aleatorizado e todos os dados, exceto os
1447 parâmetros de fermentação *in vitro* dos quatro bagaços de cana, foram analisados em um arranjo
1448 fatorial com tratamento adicional (2x2+1) utilizando dois tipos de bagaço de cana (*in natura* e
1449 autoclavado) e dois níveis de inclusão de vinhaça (presença ou ausência), como fatores e suas
1450 interações. O grupo controle foi considerado um tratamento adicional, sendo uma dieta similar
1451 aos demais tratamentos, porém sem bagaço ou vinhaça. Os parâmetros de fermentação dos
1452 quatro bagaços foram analisados em um esquema fatorial 2x2, considerando os mesmos fatores
1453 supracitados. Quando a interação bagaço x vinhaça (B x V) e/ou o contraste (C x T) foi
1454 significativo, as médias foram submetidas ao teste *post-hoc* de Tukey. As respostas foram
1455 consideradas significativamente diferentes quando $P < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram
1456 realizadas usando o Software R (R Core Team, 2017).

1457

1458 **3. RESULTADOS**

1459

1460 3.1. *Composição química dos bagaços de cana-de-açúcar*

1461 Neste experimento, os dados para composição química dos quatro tipos de bagaço
1462 (Tabela 7) mostraram consideráveis quantidades de FDN (742 a 900 g/kg MS), FDA (493 a
1463 616 g/kg MS) e ligninas (88,1 a 136 g/kg MS), como esperado, mesmo assim, diferenças
1464 notáveis entre a composição dos bagaços enriquecidos e não enriquecidos foram encontradas.

1465 Um baixo teor de PB pode ser notado (22,6 a 30,3 g/kg MS), sendo parte deste
1466 nitrogênio insolúvel em detergente neutro (28,4 a 38,6 % PB) ou ácido (12,6 a 37,6 % PB).

1467

1468 3.2. *Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade in vitro da matéria seca*

1469 A tabela 8 apresenta a digestibilidade e degradabilidade *in vitro* e os parâmetros de
1470 produção de gás dos quatro bagaços utilizados no estudo. A autoclavagem do bagaço reduziu
1471 ($P < 0,05$) a DIVMS, DEGMS e B (0,332, 0,324 e 105 mL/g MS, respectivamente) se
1472 comparado aos bagaços não processados (0,365, 0,359 e 147 mL/g MS, respectivamente),
1473 contudo a autolavagem ainda elevou o valor de C entre os bagaços (2,98 vs. 3,49).
1474 Adicionalmente, a inclusão de vinhaça melhorou ($P < 0,05$) a DIVMS e B dos bagaços (0,339
1475 vs. 0,358 e 109 vs. 142 mL/g MS, respectivamente).

1476 Uma interação significativa ($P < 0,05$) entre o tipo de bagaço e a inclusão de vinhaça foi
1477 encontrada para C, sendo o maior valor encontrado em BA (3,86) e o menor em BIN (2,89), e
1478 para LAG, tendo o BA apresentado maior tempo de latência, seguido pelo BINV, BAV e BIN

1479 (1,31, 1,06, 0,45 e 0,36 h, respectivamente). Não foram encontradas diferenças significativas
 1480 ($P > 0,05$) para os parâmetros A, TMF e TMTF.

1481

1482 **Tabela 7.** Composição química analisada (g/kg MS) dos diferentes tipos de bagaço de cana

Itens	BIN	BINV	BA	BAV
Matéria seca	910	681	912	683
Matéria orgânica	898	666	900	667
Cinzas	12,2	15,5	12,2	15,7
Proteína bruta (PB)	23,8	30,3	22,6	29,1
FDN ¹	742	900	734	884
FDA ²	493	616	501	608
LDA	89,9	129	88,1	136
Hemiceluloses (FDN-FDA)	249	284	233	276
Celulose (FDA-LDA)	403	487	413	472
NIDN ³ , % PB	32,7	29,6	28,4	38,6
NIDA ⁴ , % PB	19,6	12,6	32,9	37,6
Extrato etéreo	4,31	5,53	7,99	8,53
Cálcio	13,9	12,8	16,1	12,3
Fósforo total	13,9	15,6	14,9	14,2
Energia bruta, kcal/kg	4467	4664	4458	4705

1483 ¹Fibra em detergente neutro analisada com amilase termoestável e expressa incluindo cinzas residuais; ²Fibra em
 1484 detergente ácido, expressa incluindo cinzas residuais; ³Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁴Nitrogênio
 1485 insolúvel em detergente ácido.

1486

1487 3.3. Digestibilidade *in vivo* e *in vitro* das dietas

1488 A tabela 9 mostra a digestibilidade *in vitro* da matéria seca os coeficientes de
 1489 digestibilidade aparente dos nutrientes, peso, ganho de peso e consumo diário de MS dos
 1490 coelhos durante o ensaio de digestibilidade. A autoclavagem do bagaço de cana reduziu ($P <$
 1491 $0,05$) a DIVMS (0,632 vs. 0,654) e o CDMO das dietas (0,685 vs. 0,663), mas não afetou
 1492 nenhum outro coeficiente. Já a inclusão da vinhaça afetou ($P < 0,05$) o CDFDN, elevando o
 1493 coeficiente de 0,519 para 0,574, o CDEB reduzindo-o de 0,699 para 0,665 e a DIVMS,
 1494 reduzindo-a de 0,653 para 0,633. Ainda, a vinhaça promoveu redução de 10,8% na ED e
 1495 aumento de 14,8% na PD das dietas que continham bagaços enriquecidos com vinhaça ($P <$
 1496 $0,05$).

1497

1498

1499 **Tabela 8.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), degradabilidade *in vitro* da matéria
 1500 seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo Gompertz para quantidade máxima de gás
 1501 produzido (B, mL / g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa
 1502 específica de produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL / h), tempo para
 1503 máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG, h) dos quatro tipos de
 1504 bagaços de cana

	Ingredientes				EPM ¹	Valor de P		
	BIN	BINV	BA	BAV		Bagaço	Vinhaça	B x V ²
DIVMS	0,351	0,379	0,327	0,336	0,006	<0,001	0,037	0,293
DEGMS	0,341	0,376	0,324	0,324	0,007	0,007	0,137	0,142
B, mL/g MS	130	163	88,4	121	6,37	<0,001	<0,001	0,979
C	2,89 ^b	3,07 ^{ab}	3,86 ^a	3,11 ^{ab}	0,12	0,022	0,169	0,034
A	0,266	0,270	0,276	0,286	0,008	0,395	0,673	0,834
TMF, mL/h	4,65	5,60	4,26	4,94	0,22	0,224	0,066	0,753
TMTF, h	8,20	8,32	7,16	7,48	0,24	0,054	0,634	0,828
LAG, h	0,36 ^b	1,06 ^{ab}	1,31 ^a	0,45 ^b	0,12	0,360	0,677	<0,001

1505 ¹EPM: erro padrão da média; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; Médias na mesma linha
 1506 seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0.05).
 1507

1508 Foi observado efeito significativo (P < 0.05) para o contraste entre o tratamento controle
 1509 e as dietas testes para as variáveis GPD, CDMS, CDMO, CDMM, CDEB, ED e PD. Não foram
 1510 encontradas diferenças significativas para CDPB (P > 0.05)

1511

1512 3.4. Contribuição nutritiva dos cecotrofos

1513 Como demonstrado na tabela 10, o CMD em MS durante as 24h de duração do ensaio
 1514 de cecotrofia foi reduzido (P < 0.05) em 21,5% quando oferecidas dietas contendo vinhaça. Por
 1515 outro lado, o conteúdo em PB dos cecotrofos destes animais foi 8,6% maior (P < 0,05) do que
 1516 de animais alimentados com dietas contendo bagaço sem adição de vinhaça, alcançando valores
 1517 semelhantes aos dos animais alimentados com dieta controle. Entretanto, foi o tipo de bagaço
 1518 que influenciou (P < 0,05) a contribuição nutritiva dos cecotrofos, sendo que a autoclavagem
 1519 elevou em 3,5 pontos percentuais a CNPB de animais alimentados com dietas contendo bagaço
 1520 autoclavado.

1521 Para o conteúdo em matéria seca dos cecotrofos foi encontrada interação entre o tipo de
 1522 bagaço e a inclusão de vinhaça (P < 0.05), sendo BINV apresentado o maior valor e BIN o
 1523 menor (261 e 200 g/kg, respectivamente). A produção diária de cecotrofos e a CNMS não foram
 1524 alterados por nenhum dos fatores estudados (P > 0.05).

1525 **Tabela 9.** Peso vivo (g), consumo médio diário (CMD, g MS), ganho de peso diário (GPD, g), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS),
 1526 coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, cinzas, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente
 1527 ácido e da energia bruta e proteína digestível (g/kg MS) e energia digestível (kcal/kg MS) das dietas (n = 10 coelhos/tratamento)

	Tratamentos dietéticos					EPM ¹	Valor de P			
	BIN	BINV	BA	BAC	Controle		Bagaço	Vinhaça	B x V ²	C x T ³
Peso vivo, g	2076	2083	2061	2097	2140	25,3	0,999	0,711	0,801	0,355
CMD, g MS	102	95,3	106	95,3	102	2,16	0,714	0,084	0,719	0,638
GPD, g	29,5 ^b	30,4 ^b	28,1 ^b	31,8 ^b	36,8 ^a	1,10	0,984	0,336	0,548	0,012
DIVMS	0,671 ^b	0,637 ^c	0,635 ^c	0,628 ^c	0,714 ^a	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Coeficientes de digestibilidade										
Matéria seca	0,688 ^b	0,673 ^b	0,681 ^b	0,669 ^b	0,736 ^a	0,005	0,495	0,084	0,795	<0,001
Matéria orgânica	0,694 ^b	0,676 ^b	0,669 ^b	0,657 ^b	0,741 ^a	0,006	<0,001	0,095	0,789	<0,001
Cinzas	0,627 ^b	0,636 ^b	0,651 ^b	0,636 ^b	0,694 ^a	0,006	0,256	0,769	0,256	<0,001
Proteína bruta	0,787	0,795	0,783	0,783	0,801	0,003	0,286	0,569	0,585	0,086
Fibra em detergente neutro	0,517	0,555	0,521	0,593	0,573	0,009	0,115	<0,001	0,199	0,084
Fibra em detergente ácido	0,268	0,293	0,248	0,280	0,224	0,016	0,471	0,444	0,919	0,252
Energia bruta	0,709 ^b	0,664 ^c	0,688 ^{bc}	0,665 ^c	0,745 ^a	0,006	0,214	<0,001	0,201	<0,001
Valores nutricionais da dieta										
Energia digestível, kcal/kg MS	3302 ^{ab}	2867 ^c	3186 ^b	2919 ^c	3361 ^a	32,8	0,396	<0,001	0,030	<0,001
Proteína digestível, g/kg MS	121 ^c	141 ^b	122 ^c	138 ^b	162 ^a	2,16	0,326	<0,001	0,073	<0,001

1528 ¹EPM: erro padrão da média; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; ³Contraste entre média dos tratamentos dietéticos e tratamento controle; Médias na mesma
 1529 linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0.05).

1530 **Tabela 10.** Composição química em matéria seca e proteína bruta dos cecotrofos de acordo com as dietas experimentais (g/kg), peso vivo (g),
 1531 consumo médio diário (CMD), produção diária de cecotrofos e contribuição nutritiva dos cecotrofos em matéria seca (CNMS) e proteína bruta
 1532 (CNPB) de acordo com as dietas experimentais (n = 10 coelhos/tratamento)

	Tratamentos dietéticos					EPM ¹	Valor de P			
	BIN	BINV	BA	BAV	Controle		Bagaço	Vinhaça	B x V ²	C x T ³
Peso vivo, g	2136	2124	2072	2105	2191	21,0	0,386	0,830	0,641	0,130
CMD, g MS	127	103	138	105	133	4,73	0,502	0,006	0,655	0,199
Matéria seca, g/kg	200 ^b	261 ^a	277 ^{ab}	242 ^{ab}	251 ^{ab}	8,71	0,119	0,476	0,012	0,769
Proteína bruta, g/kg	261 ^b	292 ^{ab}	273 ^b	288 ^{ab}	304 ^a	3,76	0,730	0,004	0,346	0,004
Produção diária de cecotrofos, g MS	15,9	18,6	23,9	18,8	20,3	0,98	0,057	0,548	0,069	0,658
CNMS, %	10,9	14,9	14,7	15,3	13,3	0,55	0,076	0,052	0,147	0,608
CNPB, %	16,8	18,9	23,0	19,6	18,6	0,69	0,022	0,653	0,072	0,566

1533 ¹EPM: erro padrão da media; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; ³Contraste entre média dos tratamentos dietéticos e tratamento controle; Médias na mesma
 1534 linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0.05)

1535 4. DISCUSSÃO

1536

1537 4.1. Composição química dos bagaços de cana-de-açúcar

1538 O bagaço de cana é caracterizado como uma matéria prima rica em fibras indigestíveis
1539 (FDN, FDA), ligninas, contendo baixos teores de PB e MM. Estes valores inicialmente o tornam
1540 pouco interessante sob o ponto de vista nutricional, sobretudo para animais não-ruminantes,
1541 contudo, herbívoros podem se beneficiar do seu uso. Coelhos em crescimento apresentam altos
1542 requerimentos por FDN e FDA (330 a 350 g/kg e 180 a 200 g/kg, respectivamente; De Blas e
1543 Mateos, 2010), pois estes são relacionados diretamente ao efeito regulatório do fluxo intestinal
1544 e retenção cecal da digesta (Gómez-Conde et al., 2007; Martínez-Vallespín et al., 2011).

1545 A composição do bagaço *in natura* deste estudo está de acordo com achados da literatura
1546 que reportam conteúdos em PB de 8,0 a 24 g/kg, FDN de 590 a 974 g/kg, FDA de 380 a 620
1547 g/kg, ligninas de 100 a 126 g/kg, com aproximadamente 417 g/kg de celulose e 340 g/kg de
1548 hemiceluloses (Manzano et al., 2000; Pires et al., 2004; Okano et al., 2006; Pereira et al., 2008;
1549 Carvalho et al., 2009; Abdel-Aziz et al., 2015). Contudo, a composição do bagaço autoclavado
1550 (17 kg/força/cm² a 180-190 °C por 5 minutos) utilizado por Manzano et al. (2000) apresentaram
1551 a seguinte composição química: 8,0 g/kg de PB; 14,0 g/kg de MM; 613 g/kg de FDN; 518 g/kg
1552 de FDA; 106 g/kg de ligninas e; 94,0 g/kg de hemiceluloses, estando a carga desta última a
1553 grande disparidade entre o bagaço por eles utilizados e o bagaço deste e dos demais estudos
1554 encontrados na literatura, provavelmente resultado da maior pressão e temperatura em menor
1555 tempo do processo de autoclavagem.

1556

1557 4.2. Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade *in vitro* dos bagaços de cana

1558 A grande maioria dos dados disponíveis sobre digestibilidade *in vitro* do bagaço de
1559 cana-de-açúcar foram conduzidos com metodologias que preconizam a avaliação dos alimentos
1560 para uso em animais ruminantes (Tilley e Terry, 1963; Van Soest et al., 1966). Para além disso,
1561 a autoclavagem do bagaço pode ser realizada em tempos (5 a 60 minutos), temperaturas (120 a
1562 220 °C) e pressões (5 a 17 kg/força/cm²) distintas, o que resulta em diferentes composições,
1563 notadamente as frações fibrosas do ingrediente. Assim, foram obtidos a partir da digestão *in*
1564 *vitro* de bagaços de cana tratados por diferentes condições de tempo e pressão com 7
1565 kg/força/cm² por 30 min, 9 kg/força/cm² por 10 min e 17 kg/força/cm² por 5 min, valores de
1566 DIVMS de 0,511, 0,522 e 0,369 respectivamente, enquanto os bagaços não tratados
1567 apresentaram valores que variaram de 0,324 a 0,345 (Rangnekar et al., 1982; Marcos et al.,
1568 1984; Mello Junior et al., 1989; Manzano et al., 2000), justificando tais diferenças como sendo

1569 inerentes às condições de processamento dos bagaços, tendo a autoclavagem como proposta
1570 neste estudo, causado efeito negativo sobre o bagaço quando incubado com conteúdo cecal de
1571 coelhos, contrariando a maioria das pesquisas anteriores, porém feitas com ruminantes.

1572 O conteúdo em hemiceluloses do presente estudo entre bagaços *in natura* e bagaços
1573 autoclavados, reduziu 4,50% (267 vs. 255 g/kg MS), denotando que a autoclavagem parece
1574 reduzir o conteúdo mais facilmente fermentescível do bagaço, explicitados pelo baixo valor de
1575 B e elevados valores de C e LAG para BA e BAV, já que as hemiceluloses são importantes
1576 substratos para a fermentação cecal (Gidenne e Fortun-Lamothe, 2002), com elevado potencial
1577 de produção de gás (307 mL/g MS; Lavrencic, 2007), sendo superados apenas pelas pectinas,
1578 que apresentam um potencial de produção de gases de 356 mL/g MS, enquanto a celulose figura
1579 com 155 mL/g MS, o menor potencial dentre os três (Lavrencic, 2007).

1580 O TMTF inferior ao tempo de retenção cecal (aproximadamente 10 h; Gidenne et al.,
1581 2002) em todos os bagaços avaliados pode denotar por um lado, uma excelente adaptabilidade
1582 da comunidade microbiana inoculada (Michelland et al., 2011) ao substrato e, por outro, uma
1583 menor diversidade e disponibilidade de princípios nutritivos potencialmente fermentáveis, o
1584 que se explica pelo baixo DEGMS, tanto dos bagaços *in natura* (0,359) quanto nos autoclavados
1585 (0,332).

1586 Ainda, a estreita diferença entre a DIVMS e a DEGMS observada em cada bagaço (de
1587 0,003 a 0,012) pode sugerir uma baixa digestão dos princípios nutritivos no estômago e intestino
1588 delgado, que na metodologia de digestibilidade *in vitro* aplicada (Boisen, 1991; Ramos et al.,
1589 1992) são representados pela primeira (pepsina) e segunda (pancreatina) etapas de digestão
1590 enzimática.

1591

1592 4.3. Digestibilidade *in vitro* e *in vivo* das dietas

1593 Os valores encontrados para a digestibilidade da MS podem estar relacionados à
1594 qualidade da fibra, mais especificamente ao grau de lignificação do ingrediente. Para Gidenne
1595 et al. (2010), o efeito da fonte fibrosa sobre a digestibilidade da MS está diretamente
1596 relacionado às características da parede celular do alimento sendo que, a alta inclusão de fontes
1597 fibrosas acelera a taxa de passagem do alimento, diminuindo a absorção dos nutrientes e
1598 afetando os coeficientes de digestibilidade. Tal fato justifica as diferenças encontradas no
1599 contraste C x T para os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, MM e EB, com
1600 consequências sobre a ED e PD das dietas.

1601 A digestibilidade da MS do presente estudo foi superior aos observados por Machado
1602 et al. (2014) em dietas semi simplificadas contendo feno de alfafa (0,57) e na dieta contendo
1603 feno da parte superior da mandioca (0,54). O mesmo foi observado para a digestibilidade da
1604 MO e da EB, em que os autores supracitados verificaram valores superiores em dietas semi
1605 simplificadas contendo feno de alfafa e feno da parte superior da mandioca de 0,567 e 0,543
1606 para CDMO; 0,567 e 0,535 para CDEB, respectivamente.

1607 A digestibilidade da fibra geralmente não é afetada pela concentração da fibra dietética,
1608 posto que a quantidade de fibra que entra no ceco não é um fator determinante para o processo
1609 de fermentação (Gidenne et al., 2010). Como o tempo de retenção da digesta no ceco é
1610 relativamente curto, tende-se que ocorra predominantemente a degradação das frações mais
1611 facilmente digeríveis da fibra como pectinas e hemiceluloses. Baseado nos valores obtidos
1612 pode-se observar que a inclusão de vinhaça elevou os valores da digestibilidade do FDN do
1613 bagaço de cana, como observado por Ferreira et al. (2015), contudo sem alterar a digestibilidade
1614 do FDA. Tal fato deve-se provavelmente ao aporte adequado de energia suplementar fornecido
1615 por um substrato mais equilibrado que melhora a degradabilidade da fração fibrosa ao aumentar
1616 a atividade fermentativa, mesmo em um período de fermentação mais curto.

1617 O resultado da digestibilidade da PB está acima do esperado para as dietas teste, as
1618 divergências nos valores são, provavelmente, devido à fonte proteica utilizada, visto que a dieta
1619 controle contém maior quantidade de proteínas de qualidade superior advindos do feno de alfafa
1620 e do farelo de soja, enquanto as demais dietas apresentavam alta inclusão de bagaço de cana.
1621 Em comparação, os valores foram maiores do que a digestibilidade da PB de dietas contendo
1622 feno de alfafa (0,67), farelo de trigo (0,76), feno de aveia (0,69) e feno de rami (0,70)
1623 (Scapinello et al., 1995; Machado et al., 2007).

1624 Os resultados da digestibilidade foram inesperados e sofreram efeitos erráticos,
1625 possivelmente em função de uma alteração na matriz de composição bromatológica de um dos
1626 ingredientes constantes na dieta controle (provavelmente o feno de alfafa), que provocou um
1627 desequilíbrio nos princípios nutritivos, sobretudo nos conteúdos de PB e ED, de modo que os
1628 cálculos que os levaram em conta, somados à modificação nas taxas de substituição da dieta
1629 basal pelo ingrediente teste tornaram impossíveis a realização do cálculo de PD e ED para os
1630 ingredientes teste.

1631 Pereira et al. (2008), encontraram coeficientes de digestibilidade da MS de 0,236, da PB
1632 de 0,678, da EB de 0,277, do FDN de 0,075 e do FDA de 0,195 para o bagaço de cana *in natura*.
1633 Contudo estes autores esclarecem ter encontrado dificuldades em aplicar a metodologia para
1634 obtenção dos coeficientes de digestibilidade de dietas contendo bagaço de cana hidrolisado por

1635 NaOH, justificando que o nível de inclusão deve ser muito bem controlado, pois é um dos
1636 principais fatores limitantes para avaliação, sobretudo de ingredientes fibrosos.

1637 Ainda, foram encontrados valores de PD e ED de 2,04 g/kg e 352 kcal/kg para o bagaço
1638 de cana *in natura* e de 3,27 g/kg e 556 kcal/kg para o bagaço de cana *in natura* enriquecido
1639 com vinhaça, por Ferreira et al. (2015) para coelhos em crescimento.

1640

1641 4.4. Contribuição nutritiva dos cecotrofos

1642 Diversos são os fatores que influenciam a composição dos cecotrofos, dentre eles está a
1643 composição da dieta (Martínez-Vallespín et al., 2011), tais fatores devem ser considerados,
1644 visto que a principal decorrência da ingestão de cecotrofos é a reutilização de proteínas. Em
1645 dietas com alto teor de fibra a cecotrofia é aumentada em função de uma alta motilidade
1646 intestinal e um menor tempo de retenção cecal (Gidenne et al., 2010), que são as possíveis
1647 razões para as alterações na composição química dos cecotrofos (Carabaño et al., 2010). Os
1648 achados deste trabalho se assemelham a diversos autores que demonstraram variação na
1649 composição química dos cecotrofos em relação à alteração de ingredientes da dieta (Carabaño
1650 et al., 1988; Gomes e Ferreira, 1999; Arruda et al., 2003).

1651 A diferença no consumo foi reportada por diversos autores (Gomes e Ferreira, 1999;
1652 Ferreira et al., 2015; Coelho et al., 2016), contudo, as avaliações destas diferenças devem ser
1653 cuidadosamente discutidas uma vez que o experimento acontece durante um curto período (24
1654 horas) e pode não refletir o consumo real, que pode ser alterado por diversos outros fatores
1655 como a idade do animal no momento do experimento, tempo de coleta, estresse devido ao uso
1656 dos colares elizabetanos, e outro fatores não relacionados à dieta (Gomes e Ferreira, 1999).
1657 Também é importante ressaltar que a produção diária de cecotrofos é, geralmente, proporcional
1658 ao consumo médio diário (Bellier e Gidenne, 1996; Motta Ferreira et al., 1996; Arruda et al.
1659 2003), o que não se confirmou no presente estudo.

1660 A produção diária de cecotrofos, aos 63-77 dias de idade, varia de 15,0 a 30,0 g MS,
1661 com uma composição média em PB de 300 g/kg, dos quais de 30 a 68% são de origem
1662 microbiana, e MS de 340 g/kg. A CNMS varia de 9 a 15% e a CNPB de 15 a 22%, sendo que
1663 estes valores podem ser modificados pela dieta (Carabaño et al., 2010; Villamide et al., 2010).
1664 Nota-se, portanto, que os valores encontrados no presente trabalho corroboram os achados da
1665 literatura.

1666 Gomes e Ferreira (1999), avaliando a composição química dos cecotrofos de coelhos
1667 que recebiam diferentes dietas, encontraram valores de MS maiores para dietas contendo palha
1668 seca de milho branco (274 g/kg) e feno de coast-cross (275 g/kg), quando comparado a dietas

1669 contendo feno de alfafa (251 g/kg), feno de guandú (267 g/kg) e palha de feijão (264 g/kg). O
1670 valor de PB dos cecotrofos do presente experimento foi semelhante aos do trabalho supracitado
1671 contendo palha seca de milho branco (253 g/kg), feno de coast-cross (253 g/kg), feno de alfafa
1672 (297 g/kg), feno de guandú (268 g/kg) e palha de feijão (284 g/kg).

1673 O aumento do teor de lignina seria responsável pelo aumento do teor de MS dos
1674 cecotrofos (Carabaño et al., 2010; Gidenne et al., 2010). Este fato não foi observado no presente
1675 estudo, pois a diferença encontrada no teor de MS dos cecotrofos não acompanhou a diferença
1676 nos teores de ligninas das dietas.

1677 Vieira et al. (2003) encontraram maiores taxas de renovação dos constituintes cecais dos
1678 animais alimentados com dietas contendo alto conteúdo fibroso, reduzindo o tempo de retenção
1679 cecal e elevando os valores de produção diária de cecotrofos. Esse fato explica o
1680 comportamento semelhante dos valores de produção diária de cecotrofos e CNMS do presente
1681 estudo.

1682 Coelho em crescimento alimentados com dietas com inclusão de bagaço de cana *in*
1683 *natura* e bagaço de cana *in natura* enriquecido com vinhaça na proporção de 300 g/kg atingem
1684 um CMD de 141 g MS/dia e produção de cecotrofos de 22,1 g MS/dia, com uma composição
1685 de 221 g/kg de MS, 250 g/kg de PB, que atingem uma CNMS de 13,6% e CNPB de 22,7% sem
1686 diferenças estatísticas entre os bagaços (Ferreira et al., 2015).

1687 De semelhante modo, o enriquecimento de diferentes tipos de fenos com vinhaça em
1688 dietas semi simplificadas não altera a produção diária de cecotrofos (22,8 g MS/dia), sua
1689 composição em MS (318 g/kg), PB (240 g/kg) ou sua CNMS (16,0%) e CNPB (18,2%), mesmo
1690 que o CMD varie de 110 a 128 g MS/dia (Coelho et al., 2016).

1691 Isto sugere que dietas balanceadas, que promovam sincronização entre o fluxo de fontes
1692 de nitrogênio amoniacal (como NIDN, por exemplo) e carboidratos altamente fermentescíveis
1693 no ceco, não afetam a produção de cecotrofos, nem sua composição em MS e PB (Arruda et al.,
1694 2003), mantendo níveis estáveis desses princípios nutritivos, bem como o volume da massa
1695 microbiana presente nos cecotrofos (Feketi e Bokori, 1985).

1696

1697 **5. CONCLUSÃO**

1698 Conclui-se que, nas condições do presente estudo, a inclusão de bagaço de cana-de-
1699 açúcar autoclavado, juntamente com a inclusão de vinhaça alteram negativamente algumas
1700 características digestivas e fermentativas *in vitro*. Por outro lado, elevam a presença proteica
1701 nos cecotrofos.

CAPÍTULO IV

DIGESTIBILIDADE E DEGRADABILIDADE *IN VITRO* E DESEMPENHO PRODUTIVO DE COELHOS EM CRESCIMENTO ALIMENTADOS COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* OU AUTOCLAVADO E VINHAÇA

RESUMO

O estudo foi conduzido para avaliar o uso potencial do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* ou autoclavado, enriquecidos ou não com vinhaça, em dietas para coelhos em crescimento, pela avaliação do desempenho produtivo e parâmetros de carcaça, a digestibilidade e degradabilidade *in vitro* e parâmetros fermentativos. Um total de 110 coelhos foram utilizados, distribuídos em cinco grupos com 22 animais cada em um delineamento completamente aleatorizado e alimentados com dietas contendo: 100 g/kg de bagaço de cana *in natura* (BIN); 100 g/kg de bagaço de cana *in natura* enriquecido com vinhaça (BINV); 100 g/kg de bagaço de cana autoclavado (BA); 100 g/kg de bagaço de cana autoclavado enriquecido com vinhaça (BAV) e; uma dieta controle, sem bagaço ou vinhaça. Os ensaios *in vitro* foram realizados empregando-se inóculo cecal sobre os tratamentos dietéticos supracitados. Os resultados mostraram que todos os bagaços contêm altos teores de FDN (742 a 900 g/kg MS), FDA (493 a 616 g/kg MS) e ligninas (88.1 a 136 g/kg MS), e baixo teor de PB (22.6 a 30.3 g/kg MS). A inclusão de vinhaça aumentou a digestibilidade e degradabilidade *in vitro* da matéria seca das dietas (0,72 e 0,67, respectivamente). A dieta controle apresentou maior degradabilidade *in vitro* (0,68) quando comparada às dietas BIN (0,65) e BA (0,65), mas não foi significativamente diferente às dietas BINV (0,67) e BAV (0,66). Para dietas contendo bagaço autoclavado, a inclusão de vinhaça aumenta a taxa específica de produção de gás de 4,33 para 4,74. A máxima taxa de fermentação foi maior para a dieta BAV do que para BINV (6,09 vs. 5,54 mL/h, respectivamente), e a autoclavagem do bagaço e a inclusão de vinhaça aumentou o tempo de latência. A autoclavagem do bagaço aumentou a CA de 30 a 51 dias (2,26 vs. 2,44) e a CA de 51 a 72 dias foi reduzida pela inclusão de vinhaça (4,84 e 5,28). Não houve diferenças significativas para peso vivo, GPD, CMD e peso ao abate entre os grupos. Autoclavar o bagaço reduz o peso relativo do fígado e aumenta o conteúdo de N-NH₃ cecal. Além disso, o conteúdo de N-NH₃ cecal do grupo controle (3.71 mmol/L) foi menor do que do BINV (4.64 mmol/L), BA (5.01 mmol/L) e BAV (5.11 mmol/L), mas similar ao grupo BIN (4.05 mmol/L). O resultado do estudo revela que 100 g/kg de bagaço de cana podem ser incluídos em dietas para coelhos em crescimento sem efeitos adversos sobre o desempenho produtivo. Adicionalmente, a autoclavagem e a inclusão de vinhaça podem promover maior taxa e extensão de digestão *in vitro*, que é refletida sobre a atividade cecal.

Palavras-chave: bagaço de cana-de-açúcar, características de carcaça, desempenho produtivo, parâmetros *in vitro*, vinhaça

CHAPTER IV

***IN VITRO* DIGESTIBILITY AND DEGRADABILITY AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GROWING RABBITS FED WITH *IN NATURA* OR AUTOCLAVED SUGARCANE BAGASSE AND VINASSE**

ABSTRACT

The current study was conducted to evaluate the potential use of *in natura* or autoclaved sugarcane bagasse, enriched or non-enriched with vinasse, in diets for growing rabbits, by assessing the growth and slaughtering performance, *in vitro* digestibility, degradability and fermentation parameters. A total of 110 rabbits were used, distributed in five groups with 22 animals each in a completely randomized design and fed diets containing: 100 g/kg of *in natura* sugarcane bagasse (INB); 100 g/kg of *in natura* sugarcane bagasse enriched with vinasse (INBV); 100 g/kg of autoclaved sugarcane bagasse (AB); 100 g/kg of autoclaved sugarcane bagasse enriched with vinasse (ABV); and a control diet, without bagasse or vinasse. The *in vitro* assays were conducted employing cecum inoculum on the same aforementioned dietary treatments. The results showed that all bagasses show high amounts of aNDF (742 to 900 g/kg DM), ADF (493 to 616 g/kg DM) and lignins (88.1 to 136 g/kg DM), and low CP (22.6 to 30.3 g/kg DM). The inclusion of vinasse increased the *in vitro* DM digestibility and *in vitro* DM degradability of the diets (0.72 and 0.67, respectively). The control diet presented higher *in vitro* DM degradability (0.68) when compared to INB (0.65) and AB (0.65), but was no significantly different to the INBV (0.67) and ABV (0.66) diets. For diets with autoclaved bagasse, vinasse inclusion increased the specific gas production rate from 4.33 to 4.74. Maximum fermentation rate was higher for ABV than for INBV diet (6.09 vs. 5.54 mL/h, respectively), and the autoclaving of bagasse and inclusion of vinasse increased the lag time. Bagasse autoclaving increased FCR from 30 to 51 days (2.26 vs. 2.44), and FCR from 51 to 72 days was reduced by inclusion of vinasse (4.84 and 5.28). There were no significant differences to live weight, ADG, ADFI and slaughter weight among the groups. Autoclaving bagasse reduced the relative liver weight and increased caecal N-NH₃ content. Moreover, the N-NH₃ of the control group (3.71 mmol/L) was lower than INBV (4.64 mmol/L), AB (5.01 mmol/L) and ABV (5.11 mmol/L), but similar to the INB group (4.05 mmol/L). The results of this study revealed that 100 g/kg of sugarcane bagasse can be included in the diet of growing rabbits without adverse effects on growth performance. Additionally, autoclaving and vinasse inclusion promote higher rate and extent of *in vitro* digestion, which is reflected on the caecal activity.

Keywords: sugarcane bagasse, carcass traits, growth performance, *in vitro* parameters, vinasse

1776 1. INTRODUÇÃO

1777

1778 Pesquisas anteriores já se concentraram sobre o manejo e descarte de resíduos oriundos
1779 das indústrias de biocombustíveis devido à inadequada e indiscriminada maneira de tratamento
1780 destes efluentes. Com aproximadamente 370 refinarias ativas, 10,9 milhões de hectares
1781 plantados e capacidade de produzir 28 bilhões de litros de etanol por ano (UNICA, 2016), o
1782 Brasil é atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (Demattê et al., 2004). De
1783 12 a 13 litros de vinhaça são geradas para cada litro de etanol produzido (Martinelli e Filloso,
1784 2008) e 270 kg de bagaço são gerados por tonelada de cana-de-açúcar processada (Castañón-
1785 Rodríguez et al., 2015).

1786 A vinhaça é composta principalmente por água, ácidos orgânicos, açúcar e minerais
1787 (Doelsch et al., 2009), e, usualmente, apresenta pH entre 3,5 e 5,0 (Espanña-Gamboa et al., 2011).
1788 Se aplicado em água ou solos de maneira negligente, pode se tornar um grande poluidor. A
1789 produção de etanol gera grandes volumes de bagaço, um resíduo lignocelulósico originado do
1790 caule da cana processada que pode ser usada para gerar energia, produtos fermentados e
1791 alimento para animais, este último limitado por seu baixo valor nutricional. Sua composição
1792 alcança valores de 590 a 974 g/kg de FDN, 380 a 620 g/kg de FDA e 100 a 120 g/kg de ligninas.
1793 Além disso, apresenta 12 a 24 g/kg de PB e até 90 % do nitrogênio pode estar indisponível,
1794 associado às fibras (Pires et al., 2004; Carvalho 2009).

1795 O enriquecimento do bagaço com vinhaça já foi utilizado em dietas para coelhos
1796 (Ferreira et al., 2015). Ainda, a vinhaça foi utilizada no enriquecimento de fenos de Tifton 85
1797 (Coelho et al., 2016) e incluída in natura em diferentes proporções em dietas para coelhos
1798 (Oliveira, et al., 2013). Neste contexto, sendo um herbívoro não-ruminante que requer uma
1799 inclusão mínima de conteúdo fibroso (De Blas and Mateos, 2010) e mantém uma comunidade
1800 microbiana rica e ativa em seu ceco (Abecia et al., 2005; Monteils et al., 2008), o coelho se
1801 torna um animal estratégico que é capaz de usar uma ampla gama de ingredientes alternativos,
1802 mantendo altos níveis produtivos.

1803 O uso de fontes fibrosas de baixo valor nutricional, ricas em frações insolúveis, afetam
1804 a taxa de retenção da digesta, a atividade microbiana, a fermentabilidade da fibra e o *turnover*
1805 cecal (Gómez-Conde et al., 2009; Gidenne et al., 2010; Rodríguez-Romero et al., 2011), mas
1806 quando supridas em quantidades adequadas, estas frações fibrosas podem manter níveis de
1807 mortalidade por desordens intestinais abaixo dos 5 % (Trocino et al., 2013).

1808 O objetivo com este estudo foi avaliar o uso potencial do bagaço de cana-de-açúcar *in*
1809 *natura* ou autoclavado, enriquecido ou não com vinhaça em dietas para coelhos em crescimento

1810 pela avaliação do desempenho produtivo e de abate, a digestibilidade e degradabilidade *in vitro*
1811 e parâmetros fermentativos.

1812

1813 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

1814

1815 *2.1. Local do estudo*

1816 O estudo foi realizado no setor de cunicultura da Fazenda Experimental Prof. Hélio
1817 Barbosa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Igarapé, Minas Gerais, Brasil. Os
1818 animais foram mantidos em um galpão semifechado com ventilação e fotoperíodo naturais,
1819 durante os meses de junho e julho de 2015. A média das temperaturas máxima, mínima e a
1820 umidade relativa do ar no período foram $22,6 \pm 2,3$ °C, $9,3 \pm 2,5$ °C e $62,3 \pm 9,5$ %
1821 respectivamente.

1822

1823 *2.2. Preparo do bagaço de cana-de-açúcar*

1824 O bagaço de cana-de-açúcar e vinhaça utilizados no experimento foram obtidos de uma
1825 usina produtora de açúcar e etanol (Bambuí, Minas Gerais, Brasil). Todos os bagaços *in natura*
1826 foram moídos a 2mm e a vinhaça (35 g/kg MS) armazenada em galões selados até o momento
1827 do uso. O bagaço autoclavado foi obtido submetendo o bagaço *in natura* e moído à autoclave
1828 por 30 minutos a 120 °C de temperatura e 15 kg/força/cm² de pressão. Para o enriquecimento
1829 com vinhaça, ambos os bagaços foram regados com 300 mL de vinhaça por kg de bagaço, *in*
1830 *natura* ao ar por uma hora e, então, incorporados às dietas.

1831

1832 *2.3. Animais, tratamentos e delineamento experimental*

1833 Um total de 110 coelhos Nova Zelândia branco de ambos os sexos, desmamados aos 30
1834 dias de idade e com peso inicial de 725 ± 80 g foram alojados em gaiolas individuais (60 x 60
1835 x 40 cm). Os coelhos foram aleatoriamente divididos em cinco grupos de 22 animais cada e
1836 designados a cinco tratamentos dietéticos, baseados em quadro dietas experimentais contendo
1837 100 g/kg de bagaço de cana *in natura* (BIN); 100 g/kg de bagaço de cana *in natura* enriquecido
1838 com vinhaça (BINV); 100 g/kg de bagaço de cana autoclavado (BA) e; 100 g/kg de bagaço de
1839 cana autoclavado enriquecido com vinhaça (BAV) e uma dieta controle, similar às demais
1840 dietas experimentais, porém sem bagaço ou vinhaça. A inclusão de diferentes tipos de bagaço
1841 foi em detrimento ao feno de alfafa e farelo de soja para obter dietas isofibrosas, isoenergéticas
1842 e isoproteicas.

1843 Todos os grupos receberam dietas na forma de péletes de 4,0 mm de diâmetro. Os
 1844 coelhos tiveram acesso *ad libitum*   alimenta o e água durante todo o período experimental.
 1845 Nem ra es nem a água foram tratadas com antibióticos. Os ingredientes e a composi o
 1846 química das dietas experimentais estão demonstrados nas tabelas 11 e 12.

1847 Os animais foram pesados individualmente aos 30, 51 e 72 dias de vida. O consumo
 1848 médio diário (CMD) o ganho de peso diário (GPD) e a conversão alimentar (CA) foram
 1849 determinados para os mesmos períodos. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê
 1850 de  tica para Uso Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo n  266/2015.

1851

1852 **Tabela 11.** Ingredientes (g/kg) das dietas experimentais contendo diferentes tipos de bagaço de
 1853 cana e inclusão de vinhaça

Itens	BIN	BINV	BA	BAV	Controle
Bagaço de cana	100,0	100,0	100,0	100,0	-
Feno de alfafa	188,0	176,1	188,0	176,1	362,3
Farelo de trigo	236,7	250,0	236,7	250,0	224,2
MDPS ¹	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Farelo de soja	145,2	144,7	145,2	144,7	85,4
Milho	100,0	100,0	100,0	100,0	96,4
�leo de soja	31,0	30,0	31,0	30,0	30,0
Melaço de cana	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Sal comum	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Premix Vit. & Min. ²	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Calc�rio	7,7	8,6	7,7	8,6	-
Fosfato bic�lcico	4,2	3,3	4,2	3,3	12,5
Bentonita	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
L-lisina	0,5	0,5	0,5	0,5	2,3
DL-metionina	1,7	1,7	1,7	1,7	1,9

1854 ¹MDPS: milho desintegrado com palha e sabugo; ²Premix vitam nico e mineral, conte do por kg de dieta: 10.000
 1855 IU Vit. A; 100 IU Vit. D3; 20 IU Vit. E; 3.61 mg Vit. K; 2.0 mg Vit. B1; 5.0 mg Vit. B2; 3.0 mg Vit. B6; 0.01 mg
 1856 Vit. B12; 15.0 mg  cido Pantat nico; 30.0 mg Niacina; 0.11 mg Biotina; 0.5 mg  cido Fólico; 500 mg Cloreto
 1857 de colina; 70.0 mg Zn; 20.0 mg Mn; 100.0 mg Fe; 20.0 mg Cu; 0.7 mg I; 0.1 mg Se. and 133.4 mg Mg.

1858 **Tabela 12.** Composição química analisada (g/kg MN) de dietas experimentais contendo
 1859 diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça

Itens	BIN	BINV	BA	BAV	Controle
Matéria seca	900	897	897	888	903
Cinzas	64,6	62,8	60,1	62,3	69,0
Proteína bruta (PB)	161	163	160	162	156
FDN ¹	372	370	377	371	359
FDA ²	160	159	161	159	163
LDA	35,0	33,6	33,9	32,3	36,6
Hemiceluloses (FDN-FDA)	213	212	217	212	197
Celulose (FDA-LDA)	125	125	127	127	126
NIDN ³ , % PB	24,2	22,0	21,4	23,2	22,5
NIDA ⁴ , % PB	6,79	6,31	6,05	6,12	6,29
Extrato etéreo	52,6	53,0	53,4	53,1	57,9
Cálcio	14,5	14,2	14,2	14,7	15,9
Fósforo total	5,5	5,5	5,9	5,7	4,5
Lisina ⁵	7,3	7,3	7,3	7,3	8,0
Met+Cis ⁵	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Energia digestível ⁵ , MJ/kg	2510	2510	2510	2510	2557

1860 ¹Fibra em detergente neutro analisada com amilase termoestável e expressa incluindo cinzas residuais; ²Fibra em
 1861 detergente ácido, expressa incluindo cinzas residuais; ³Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁴Nitrogênio
 1862 insolúvel em detergente ácido; ⁵Calculado (Maertens et al., 2002).
 1863

1864 2.4. Ensaio de digestibilidade *in vitro* da matéria seca

1865 A análise foi realizada seguindo os métodos propostos por Ramos et al., (1992) e Boisen
 1866 (1991) utilizando sacos filtrantes Ankom como modificado por Abad et al., (2013) para
 1867 determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). Foram pesadas 0,5 g dos
 1868 cinco tratamentos dietéticos utilizados no ensaio de desempenho produtivo, moídos
 1869 previamente a 1 mm, em bolsas filtrantes Ankom e colocados em jarros para incubadora Daisy
 1870 II (modelo D220, Ankom Technology Corp., Macedon, New York, USA). 25 mL de tampão
 1871 fosfato (0,1 M, pH 6,0) e 10 mL de solução HCl 0,2 M foram adicionados para cada bolsa.

1872 O pH foi mensurado e então ajustado a pH 2,0 com solução HCl 1 M ou NaOH 1 M.
 1873 Então, foi adicionado 1 mL/bolsa de solução fresca de pepsina [25 mg de pepsina (pepsina
 1874 porcina, 2000 unidades FIP/g proteína, Merck nº 7190) / mL de HCl 0,2 M] e misturado. O
 1875 jarro foi fechado e as amostras incubadas a 40 °C por 1,5 h. Após esta incubação, 10 mL/bolsa

1876 de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,8) e 5 mL/bolsa de solução NaOH 0,6 M foram adicionados.
1877 Após mistura, o pH foi ajustado para 6,8 adicionando-se soluções de HCl 1 M ou NaOH 1 M.
1878 Posteriormente, 1 mL/bolsa de solução de pancreatina fresca [100 mg de pancreatina
1879 (pancreatina porcina, grau VI, Sigma nº 1750) / mL de tampão fosfato pH 6,8] foi adicionado,
1880 o jarro fechado e as amostras incubadas a 40 °C por 3,5 h. Para o último passo, após a segunda
1881 incubação, foi empregada uma adaptação que utilizou conteúdo cecal diluído a uma proporção
1882 de 1:1 (p/v) com solução de Theodorou et al. (1994) como inóculo. O pH foi ajustado para 4,8
1883 com ácido acético e então adicionou-se 16,5 mL/bolsa de inóculo e incubou-se a 40 °C por 24h.

1884 Todo o resíduo solúvel foi então eliminado e as bolsas foram lavadas no jarro com água
1885 por três vezes, seguindo-se a submersão destes em acetona para prevenir aderência de qualquer
1886 resíduo nas bolsas. Finalmente, as bolsas foram secas em estufa a 105 °C por 24h. Para cada
1887 amostra foram utilizadas seis réplicas e para cada jarro, três bolsas sem amostra foram
1888 incubadas como branco. A DIVMS foi obtida calculando-se a diferença de peso entre a MS da
1889 amostra antes e após a incubação, corrigindo-a para as amostras em branco.

1890

1891 2.5. Ensaio de produção de gás e degradabilidade *in vitro* da matéria seca

1892 A técnica foi descrita por Theodorou et al. (1994) e adaptada por Maurício et al. (1999),
1893 utilizando bolsas Ankom (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). O preparo do
1894 inóculo, manipulação e seleção dos animais foram realizadas de acordo com os métodos usados
1895 por Calabro et al. (1999), com amostras frescas de conteúdo cecal de três coelhos Nova Zelândia
1896 branco, saudáveis de 72 dias de idade, aleatoriamente escolhidos e alimentados com dieta
1897 comercial. Dieta e água foram oferecidas *ad libitum* do desmame aos 30d dias até o abate. Os
1898 animais foram insensibilizados por eletronarcose e abatidos por exanguinação por volta das
1899 8h, sem jejum prévio e os cecos foram isolados amarrando em suas duas extremidades fios de
1900 *nylon* e armazenados em recipientes preaquecidos a 39 °C, até o transporte ao laboratório.
1901 Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética para Uso Animal da
1902 Universidade Federal de Minas Gerais, sob protocolo 266/2015.

1903 Foram pesadas 0,5 g dos cinco tratamentos dietéticos utilizados no ensaio de
1904 desempenho produtivo, moídos previamente a 1 mm, em bolsas Ankom, seladas e introduzidas
1905 em frascos de 50 mL previamente lavados com água destilada, secos em estufa e preaquecidos
1906 a 39 °C. O conteúdo cecal foi diluído na proporção de 1:1 (p/v) com a solução de Theodorou et
1907 al. (1994). Toda a manipulação e o enchimento dos frascos foi realizada sob fluxo constante de
1908 CO₂ livre de oxigênio, para assegurar as condições de anaerobiose, e a temperatura foi mantida
1909 sempre em 39 °C. Foram adicionados 16,5 mL do inóculo sobre as amostras nos frascos, que

1910 foram imediatamente vedados com rolhas de borracha e levados a estufa. A pressão gerada
1911 pelos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida por meio de um transdutor
1912 digital de pressão (modelo T443A, Bailey & Mackey, Birmingham, UK) acoplado a uma agulha
1913 de 0,70 x 25 mm inseridas através das tampas de borracha dos frascos. A produção de gás
1914 resultante da atividade fermentativa microbiana foi mensurada manualmente pela leitura após
1915 0 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 h de incubação. Após leitura, o frasco foi retirado do
1916 transdutor e a agulha é mantida por alguns segundos para estabilização entre pressão externa e
1917 interna. Para cada amostra, foram utilizadas seis repetições e seis frascos sem substrato (branco)
1918 também foram incubados.

1919 Os valores de gás produzido nos diferentes tempos de incubação foram corrigidos para
1920 a quantidade de gás produzido pelo branco no tempo correspondente para cada repetição. Estes
1921 valores foram também corrigidos para o conteúdo de matéria seca das amostras. Os valores
1922 corrigidos foram então ajustados ao Modelo de Gompertz (Lavrenčič et al., 1997; Lavrenčič,
1923 2007):

1924

$$1925 \quad Y_t = B \cdot \exp[(-C) \cdot \exp(-At)]$$

1926

1927 Onde, Y_t é o gás produzido (mL/g MS) no tempo t ; B é a quantidade assíntota de gás produzido
1928 (quantidade máxima de gás produzido ou potencial total de produção de gás em mL/g MS); C
1929 é a taxa produção de gás específica, afetada por t e governada pela constante A que descreve o
1930 decaimento taxa produção de gás específica e ; t é o tempo em h.

1931 A variação na taxa de produção de gás foi obtida pelo cálculo da primeira derivada do
1932 modelo de Gompertz em relação ao tempo de incubação:

1933

$$1934 \quad dY/dt = BCA \cdot \exp(-At) \cdot \exp[(-C) \cdot \exp(-At)]$$

1935

1936 O tempo para máxima taxa de fermentação (TM_{TF}; h) foi calculado ajustando a segunda
1937 derivada do modelo de Gompertz igual a 0 e resolvendo para t :

1938

$$1939 \quad d^2Y/dt^2 = AB^2C^2 \cdot [\exp(-At)]^2 \cdot \exp[(-C) \cdot \exp(-At)] - ABC^2 \cdot \exp[(-C) \cdot \exp(-At)] = 0$$

1940

1941 A taxa máxima de fermentação (TM_F; mL/h) foi então calculada inserindo o valor
1942 TM_{TF} correspondente na equação da primeira derivada. O atraso na fermentação no início da
1943 incubação (LAG; h) foi obtido a partir da equação:

1944

1945

$$\text{LAG} = (\log(C)-1)/A$$

1946

1947

1948

1949

1950

1951

2.6. Avaliações de órgãos e parâmetros de carcaça

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

Ao final do período experimental, 12 coelhos de ambos os sexos, apresentando 2502.56 ± 145.80 g de peso vivo médio foram aleatoriamente selecionados de cada tratamento. Os animais selecionados foram pesados individualmente para apontar o peso ao abate. Cada coelho foi abatido por eletronarcose seguida por exanguinação sem jejum prévio. Pele comercial (sem cabeça e patas), vísceras torácicas (coração, pulmões, traqueia, esôfago e timo), trato gastrointestinal, estômago, fígado, rins, ceco e carcaça referência (sem cabeça e vísceras) foram coletados e pesados (Blasco and Ouhayoun, 1996).

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

Para determinação da relação carne:osso, a perna esquerda foi dissecada para separação do osso da carne e pesada para registro de ambas as partes. Rendimento de cortes comerciais (pernas dianteiras mais cavidade torácica, parte intermediária e pernas traseiras) e relação carne:osso foram pesados em relação à carcaça referência. Percentuais de fígado, rins, vísceras torácicas, estômago e ceco foram pesados em relação ao peso ao abate. O pH do conteúdo cecal foi mensurado e, então, alíquotas de aproximadamente 1 g foram pesadas e diluídas com 3 mL de solução de ácido sulfúrico 2% para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), as amostras foram armazenadas a -80 °C até o momento da análise. O conteúdo cecal remanescente foi armazenado a -20 °C até realização de análise de MS.

1969

2.7. Análises químicas

1970

1971

1972

1973

1974

1975

1976

1977

A composição química dos bagaços e dietas experimentais foram determinadas utilizando-se os métodos da AOAC (2000) para matéria seca (MS; 934.01), cinzas (MM; 967.05), proteína bruta (PB; 986.06), extrato etéreo (EE; 920.39) e cálcio (Ca; 927.02). Matéria orgânica (MO) foi calculada como MS-MM. A Fibra em detergente neutro analisada com amilase termoestável e expressa incluindo cinzas residuais (FDN), fibra em detergente ácido expressa incluindo cinzas residuais (FDA) e ligninas determinadas pela solubilização da celulose com ácido sulfúrico foram analisadas de acordo com Mertens (2002), AOAC (2000), procedimento 973.187 e Van Soest et al. (1991), respectivamente, utilizando procedimentos

1978 sequenciais e sistema de bolsas filtrantes (Ankom Technology, Macedon, New York, USA). Os
1979 componentes da FDN e FDA foram posteriormente processados para seu conteúdo nitrogenado
1980 (NIDN e NIDA, respectivamente) de acordo com o procedimento 984.13 da AOAC (2000).

1981 Hemiceluloses foram calculadas como FDN-FDA e celulose como FDA-LDA. O
1982 fósforo foi mensurado em espectrofotômetro (modelo E-225D, CELM, Barueri, São Paulo,
1983 Brasil). MS e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) do conteúdo cecal foi determinado de acordo com
1984 a AOAC (2000), seguindo os procedimentos 934.01 e 973.49, respectivamente.

1985 O pH do conteúdo cecal foi mensurado em peagâmetro digital (modelo HI 221, Hanna
1986 Instruments, Woonsocket, Rhode Island, USA)

1987

1988 2.8. Análises estatísticas

1989 O desenho experimental foi completamente aleatorizado e todos os dados foram
1990 analisados em um arranjo fatorial com tratamento adicional (2x2+1) utilizando dois tipos de
1991 bagaço de cana (*in natura* e autoclavado) e dois níveis de inclusão de vinhaça (presença ou
1992 ausência), como fatores e suas interações. O grupo controle foi considerado um tratamento
1993 adicional, sendo uma dieta similar aos demais tratamentos, porém sem bagaço ou vinhaça.
1994 Quando a interação bagaço x vinhaça (B x V) e/ou o contraste (C x T) foi significativo, as
1995 médias foram submetidas ao teste *post-hoc* de Tukey. As respostas foram consideradas
1996 significativamente diferentes quando P<0,05. Todas as análises estatísticas foram realizadas
1997 usando o Software R (R Core Team, 2017).

1998

1999 3. RESULTADOS

2000

2001 3.1. Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade *in vitro* da matéria seca

2002 A tabela 13 apresenta a digestibilidade e degradabilidade *in vitro* e os parâmetros da
2003 produção de gás das dietas experimentais. A inclusão de vinhaça elevou (P<0,05) a DIVMS e
2004 a DEGMS das dietas (0,72 e 0,67, respectivamente), quando comparado àquelas que não
2005 continham vinhaça (0,69 e 0,65, respectivamente). Adicionalmente, a dieta controle apresentou
2006 maior (P<0,05) DIVMS (0,68) quando comparada às dietas BIN (0,65) e BA (0,65), mas não
2007 foi significativamente diferente às dietas BINV (0,67) e BAV (0,66). Uma interação
2008 significativa (P<0,05) foi encontrada entre o tipo de bagaço e a inclusão de vinhaça para C para
2009 as dietas BA e BAV, a inclusão de vinhaça elevou o C de 4,33 para 4,74, sem diferenças
2010 significativas entre BIN e BINV. A TMF foi significativa (P<0,05) para a interação entre o tipo
2011 de bagaço e a inclusão da vinhaça, e a dieta BAV apresentou maior TMF do que a dieta BINV

2012 (6,09 vs. 5,54 mL/h, respectivamente). A autoclavagem elevou ($P<0,05$) o LAG entre as dietas,
2013 comparada aos bagaços *in natura* (3,15 e 3,00 h, respectivamente). O LAG também foi elevado
2014 pela inclusão de vinhaça, sendo maior ($P<0,05$) em dietas que a continham (3,16 vs. 2,98 h).
2015 Entre as dietas, BAV apresentou maior LAG do que BIN, BINV e BA (3,30, 2,97, 3,02 e 2,99
2016 h, respectivamente). Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) para os
2017 parâmetros B, A e TMTF.

2018

2019 3.2. Desempenho produtivo

2020 O desempenho produtivo dos grupos está reportado na tabela 14. Animais alimentados
2021 com bagaço autoclavado apresentaram melhor CA ($P<0,05$) no período de 30 a 51 dias,
2022 comparado aos animais alimentados com dietas contendo bagaço *in natura* (2,26 vs. 2,44).
2023 Além disso, a CA no período de 51 a 72 dias foi reduzida ($P<0,05$) pela inclusão de vinhaça
2024 (4,84 e 5,28). Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) para peso vivo, GPD e
2025 CMD entre os tratamentos, em todos os períodos avaliados.

2026

2027 3.3. Parâmetros de carcaça, órgãos e abate

2028 Como demonstrado na tabela 15, o peso da carcaça ao abate e peso da carcaça referência
2029 não diferiram ($P>0,05$) entre os tratamentos, nem o rendimento de carcaça, que alcançou média
2030 de 50%. Os grupos alimentados com bagaço de cana autoclavado apresentaram menor peso
2031 relativo de fígado ($P<0,05$) do que animais que consumiram bagaço de cana *in natura* (3,61 e
2032 4,11 %, respectivamente). Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) para as
2033 demais variáveis relacionadas às características de carcaça.

2034 Por sua vez, os dados referentes às características do trato digestivo dos coelhos, estão
2035 expostos na tabela 16. O teor de N-NH₃ no conteúdo cecal, foi menor ($P<0,05$) nos grupos
2036 alimentados com bagaço de cana *in natura* em relação ao autoclavado (4,35 e 5,06 mmol/L).
2037 Além disso, o valor de N-NH₃ do grupo controle (3,71 mmol/L) foi menor ($P<0,05$) do que nos
2038 grupos BINV (4,64 mmol/L), BA (5,01 mmol/L) e BAV, mas não foi significativamente
2039 diferente do grupo BIN (4,05 mmol/L). Para as demais variáveis relacionadas ao trato digestivo,
2040 não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$).

2041 **Tabela 13.** Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DEGMS) e parâmetros ajustados ao modelo
 2042 Gompertz para quantidade máxima de gás produzido (B, mL/g de MS), taxa específica de produção de gás (C), decaimento na taxa específica de
 2043 produção de gás (A), taxa máxima de fermentação (TMF, mL/h), tempo para máxima taxa de fermentação (TMTF, h) e tempo de latência (LAG,
 2044 h) das dietas experimentais

	Tratamentos dietéticos					EPM ¹	Valor de P			
	BIN	BINV	BA	BAV	Controle		Bagaço	Vinhaça	B x V ²	C x T ³
DIVMS	0,70	0,74	0,69	0,71	0,70	0,01	0,063	0,005	0,256	0,821
DEGMS	0,65 ^b	0,67 ^{ab}	0,65 ^b	0,66 ^{ab}	0,68 ^a	0,05	0,943	0,016	0,224	<0,001
B, mL/g DM	134	136	143	133	133	1,69	0,491	0,283	0,120	0,426
C	4,47 ^{ab}	4,37 ^{ab}	4,33 ^b	4,74 ^a	4,56 ^{ab}	0,49	0,234	0,096	0,011	0,432
A	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,002	0,884	0,754	0,078	0,702
TMF, mL/h	5,87 ^{ab}	5,54 ^b	5,59 ^{ab}	6,09 ^a	5,84 ^{ab}	0,09	0,480	0,651	0,037	0,732
TMFR, h	14,8	15,6	16,1	14,6	14,9	0,28	0,480	0,070	0,214	0,732
LAG, h	2,97 ^b	3,02 ^b	2,99 ^b	3,30 ^a	3,14 ^{ab}	0,03	0,004	0,001	0,010	0,212

2045 ¹EPM: erro padrão da média; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; ³Contraste entre média dos tratamentos dietéticos e tratamento controle; Médias na mesma
 2046 linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0.05).
 2047

2048 **Tabela 14.** Peso vivo, ganho de peso diário (GPD, g/dia), consumo médio diário (CMD, g/dia) e conversão alimentar (CA, g/g) de coelhos em
 2049 crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão de vinhaça (n = 22 coelhos/tratamento)

	Tratamentos dietéticos					EPM ¹	Valor de P			
	BIN	BINV	BA	BAV	Controle		Bagaço	Vinhaça	B x V ²	C x T ³
Peso vivo										
30 d, g	723,4	724,5	731,2	729,1	724,5	7,97	0,674	0,915	0,991	0,926
51 d, g	1648	1633	1703	1709	1689	17,52	0,093	0,919	0,792	0,721
72 d, g	2459	2449	2494	2541	2473	24,55	0,337	0,579	0,750	0,766
Primeiro período (30 to 51 d)										
GPD, g/dia	44,0	43,3	46,3	46,7	45,9	0,69	0,071	0,950	0,744	0,626
CMD, g/dia	105	106	102	106	107	1,26	0,614	0,440	0,423	0,446
CA, g/g	2,44	2,44	2,23	2,28	2,38	0,03	0,007	0,664	0,670	0,665
Segundo período (51 to 72 d)										
GPD, g/dia	38,6	38,9	37,7	39,6	37,4	0,66	0,675	0,265	0,814	0,327
CMD, g/dia	197	192	201	186	195	3,11	0,999	0,120	0,561	0,848
CA, g/g	5,14	4,88	5,42	4,80	5,32	0,09	0,600	0,021	0,340	0,210
Período total (30 to 72 d)										
GPD, g/dia	41,3	41,1	42,0	43,2	41,6	0,55	0,379	0,529	0,729	0,774
CMD, g/dia	151	145	151	146	151	1,99	0,873	0,332	0,843	0,697
CA, g/g	3,70	3,56	3,64	3,40	3,69	0,05	0,290	0,070	0,603	0,310

2050 ¹EPM: erro padrão da média; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; ³Contraste entre média dos tratamentos dietéticos e tratamento controle.

2051 **Tabela 15.** Características de carcaça de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos de bagaço de cana e inclusão
 2052 de vinhaça (n = 12 coelhos/tratamento)

	Tratamentos dietéticos					EPM ¹	Valor de P			
	BIN	BINV	BA	BAV	Controle		Bagaço	Vinhaça	B x V ²	C x T ³
Peso ao abate, g	2512	2489	2480	2536	2495	18,8	0,863	0,707	0,364	0,845
Pele comercial, %PA	13,4	13,1	13,3	13,3	12,9	0,14	0,861	0,734	0,611	0,278
Fígado, % PA	4,07	4,14	3,71	3,51	4,06	0,09	0,012	0,732	0,475	0,339
Rins, % PA	0,64	0,62	0,66	0,66	0,60	0,01	0,303	0,884	0,807	0,172
Visceras torácicas, % PA	0,99	1,01	1,04	1,02	1,02	0,02	0,348	0,929	0,526	0,978
Carcaça referência, g	1246	1220	1252	1266	1262	10,4	0,270	0,802	0,397	0,551
Patas dianteiras e caixa torácica, %CR	36,3	35,8	36,2	35,7	35,8	0,19	0,876	0,270	0,994	0,662
Peça intermediária, %CR	26,5	27,2	26,9	27,3	27,0	0,19	0,530	0,201	0,746	0,959
Patas traseiras, %CR	37,3	37,0	36,9	37,0	37,3	0,18	0,623	0,857	0,729	0,609
Relação carne:osso, g/g	9,70	10,4	9,31	9,37	10,8	0,21	0,306	0,194	0,240	0,413
Rendimento de carcaça, %	49,6	49,1	50,5	50,0	50,6	0,25	0,111	0,327	0,951	0,171

2053 %PA: proporcional ao peso ao abate; %CR: proporcional à carcaça referência; ¹EPM: erro padrão da média; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; ³Contraste
 2054 entre média dos tratamentos dietéticos e tratamento controle.

2055

2056 **Tabela 16.** Características do trato gastrointestinal do conteúdo cecal de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos
 2057 de bagaço de cana e inclusão de vinhaça (n = 12 coelhos/tratamento)

	Tratamentos dietéticos					EPM ¹	Valor de P			
	BIN	BINV	BA	BAV	Controle		Bagaço	Vinhaça	B x V ²	C x T ³
Peso ao abate, g	2512	2489	2480	2536	2495	18,8	0,863	0,707	0,364	0,845
Peso relativo dos segmentos do trato digestivo										
Trato gastrointestinal cheio, %PA	17,9	16,1	16,7	17,5	16,9	0,32	0,914	0,442	0,080	0,791
Estômago cheio, % PA	4,24	3,90	3,77	4,15	3,93	0,12	0,695	0,954	0,207	0,773
Estômago vazio, % PA	0,97	0,89	0,87	0,92	0,92	0,02	0,242	0,652	0,084	0,951
Conteúdo estomacal, % PA	3,27	3,01	2,90	3,23	3,01	0,12	0,797	0,903	0,268	0,753
Ceco cheio, % PA	5,81	5,64	5,54	5,40	5,35	0,10	0,288	0,503	0,958	0,357
Ceco vazio, % PA	1,59	1,53	1,53	1,58	1,57	0,02	0,934	0,894	0,327	0,775
Conteúdo cecal, % PA	4,22	4,11	4,01	3,82	3,78	0,09	0,233	0,464	0,852	0,262
Características do conteúdo cecal										
Matéria seca, g/kg	222	224	220	225	223	0,14	0,905	0,203	0,691	0,926
pH	5,93	5,91	5,93	6,04	6,00	0,04	0,413	0,581	0,425	0,585
N-NH ₃ , mmol/L	4,05 ^{bc}	4,64 ^{ab}	5,01 ^a	5,11 ^a	3,71 ^c	0,13	0,005	0,161	0,331	<0,001

2058 %PA: proporcional ao peso ao abate; ¹EPM: erro padrão da média; ²Interação entre tipo de bagaço e inclusão de vinhaça; ³Contraste entre média dos tratamentos dietéticos e
 2059 tratamento controle; Médias na mesma linha seguidas por letras distintas diferem pelo teste de Tukey (P<0.05).

2060 4. DISCUSSÃO

2061

2062 4.1. Produção de gás, digestibilidade e degradabilidade *in vitro* da matéria seca

2063 Diversos autores utilizaram técnicas *in vitro* para avaliar ingredientes e dietas para
2064 coelhos (Lavrenčič, 2007; Villamide et al., 2009; De Blas et al., 2015; Kara, 2016). À medida
2065 em que o valor nutritivo de um alimento ou dieta é determinado pelas concentrações de sua
2066 composição química e sua taxa e extensão da digestão, os valores similares de DIVMS entre as
2067 dietas revelam que a inclusão de bagaço de cana e vinhaça, uma vez que os níveis nutricionais
2068 sejam mantidos, não altera ($P=0,821$) a digestibilidade da MS das dietas. Neste estudo,
2069 obtivemos valores entre 0,69 e 0,74, próximos às médias obtidas por Villamide et al. (2009),
2070 quando avaliaram ingredientes e dietas europeias tradicionais para coelhos. Em contraste, as
2071 15,2 h de TMTF em média encontradas entre as dietas está acima do tempo de retenção cecal
2072 médio, correspondente a 10h (Gidenne et al., 2000), assim, a DEGMS que representa o
2073 potencial de degradação cecal, pode ter superestimado parte das frações potencialmente
2074 degradáveis como a celulose e as hemiceluloses que apresentam TMTF acima de 10h
2075 (Lavrenčič, 2007).

2076 O efeito promovido pela vinhaça sobre a DIVMS e a DEGMS pode estar relacionada
2077 ao seu baixo pH (Espanña-Gamboa et al., 2011), que favorece o desenvolvimento de micro-
2078 organismos anaeróbicos. Entretanto, a vinhaça promoveu um efeito inverso sobre o LAG
2079 ($P=0,001$), sendo maior em dietas contendo vinhaça. A razão para isto não está clara, bem como
2080 o efeito da autoclavagem sobre o LAG ($P=0,004$), uma vez que esta variável está diretamente
2081 relacionada à concentração de bactérias ativas e nutrientes no inóculo e à sua diluição
2082 (Lavrenčič, 2007). Compart et al. (2013) relataram a presença de substâncias inibidoras no
2083 processo de fermentação que culmina na produção de vinhaça, além de fitotoxinas e compostos
2084 recalcitrantes, como fenóis e polifenóis, que são comuns neste tipo de resíduo agroindustrial
2085 (Espanña-Gamboa et al., 2011). Esses elementos podem contribuir para a toxicidade da vinhaça
2086 para micro-organismos, elevando o LAG, sem, no entanto, interferir no B, A, DIVMS e
2087 DEGMS. Entende-se também que, como a adaptação (hidratação e colonização) dos
2088 microrganismos presentes no inóculo diluído ao substrato é necessária (Lavrenčič, 2007), uma
2089 comunidade microbiana potencial já presente na vinhaça pode ter um efeito sobre o substrato,
2090 fornecendo taxas mais elevadas ou mais céleres no início do processo fermentativo. No entanto,
2091 esse fato pode ser contestado pelo mais alto LAG observado na presença de vinhaça.

2092

2093 4.2. *Desempenho produtivo*

2094 Poucos estudos foram realizados para avaliar o uso potencial de bagaço de cana-de-
2095 açúcar e vinhaça em dietas para não ruminantes. Em resultados preliminares obtidos com os
2096 coelhos Nova Zelândia branco (Ferreira et al., 2015), verificou-se que o uso de bagaço de cana-
2097 de-açúcar *in natura* enriquecido com vinhaça em dietas de crescimento é seguro até níveis de
2098 150 g/kg. No presente estudo, a manutenção da composição nutricional, especialmente em
2099 energia e proteína, das dietas permitiu que o bagaço e a vinhaça pudessem ser incluídos em uma
2100 elevada proporção (100 g/kg) mantendo um desempenho produtivo satisfatório ao longo de
2101 todo o período de crescimento. Além disso, o tratamento do bagaço de cana com alta pressão
2102 parece aumentar a porosidade das fibras de celulose, o que promove um melhor acesso à região
2103 amorfa na fibra (Castañón-Rodríguez et al., 2015), o que pode ter facilitado a exposição de
2104 nutrientes que melhoram a CA no primeiro período (30 a 51 dias).

2105 Além disso, o melhor DIVMS, encontrada quando a vinhaça está presente, além
2106 possivelmente melhorar a utilização digestiva de nutrientes intestinais relacionados à presença
2107 de ácidos orgânicos (Ryznar-Luty et al., 2008), poderia explicar a melhor CA no segundo
2108 período (51 a 72 dias).

2109 Coelho et al. (2016), alimentando coelhos com dietas semi-simplificadas a base de
2110 Tifton 85 (530 g/kg de inclusão dietética) enriquecidas ou não com vinhaça, relataram um
2111 desempenho produtivo semelhante entre as dietas. No entanto, Oliveira et al. (2013)
2112 encontraram um efeito linear e negativo na CA, ao incluir vinhaça líquida em até 100 g/kg em
2113 dietas comerciais para coelhos em crescimento. Comportamento semelhante foi observado
2114 quando a vinhaça foi suplementada e fornecida a frangos de corte (Hidalgo et al., 2009),
2115 codornas (Eshak et al., 2013), suínos (Stemme et al., 2005), novilhos (Maneerat et al., 2015) e
2116 cordeiros (López-Campos et al., 2011).

2117 Os efeitos adversos relacionam o uso da vinhaça com a redução da MS fecal com a
2118 possibilidade de ocorrência diarreias em suínos (Stemme et al., 2005) devido aos altos níveis
2119 de sulfatos encontrados neste resíduo, que suaviza as fezes e induz a defecação (Kamphues et
2120 al., 1999). No entanto, os níveis de sulfatos e outros minerais podem variar muito dependendo
2121 do seu processo de produção (Parnaudeau et al., 2006; España-Gamboa et al., 2012).

2122

2123 4.3. *Parâmetros de carcaça, órgãos e abate*

2124 A suplementação de vinhaça em dietas para coelhos parece não alterar os parâmetros de
2125 carcaça e o rendimento de vísceras conforme relatado por Oliveira et al. (2013), bem como
2126 neste trabalho, embora a vinhaça apresente altos níveis de minerais e ácidos orgânicos (Doelsch

2127 et al., 2009). No entanto, Coelho et al. (2016) relataram maior peso relativo dos rins de animais
2128 que receberam feno de Tifton 85 enriquecido com vinhaça.

2129 Neste estudo, a inclusão e o tipo de bagaço influenciaram os níveis de N-NH₃,
2130 considerando que a autoclavagem foi responsável por aumentar as concentrações de cecal,
2131 demonstrando uma possível alteração na taxa de digestão entre os tipos de bagaço avaliados,
2132 com o conseqüente aumento da atividade fermentativa. Assim, os resíduos nitrogenados
2133 derivados de materiais endógenos, como alimentos não digeridos (Villamide et al., 2010),
2134 fornecem fontes de nitrogênio para fermentação cecal, resultando em amônia como produto
2135 final (García et al., 2005). A inversão da matriz proteica dietética (feno de alfafa no tratamento
2136 de controle e farelo de soja nos demais tratamentos), juntamente com uma possível alteração
2137 na taxa de digestão e as diferenças nos níveis de NIDA e NIDN entre os tratamentos, resultaram
2138 em níveis mais baixos de N-NH₃ cecal no tratamento controle em comparação com os
2139 tratamentos contendo bagaço. Kovitvadhí et al. (2016) relataram que baixos níveis de N-NH₃
2140 cecal podem estar relacionados a uma redução no uso de proteína no ambiente cecal,
2141 provavelmente devido à baixa fermentabilidade da fração insolúvel que prejudica a síntese de
2142 proteína microbiana (Rodríguez-Romero et al., 2011).

2143

2144 **5. CONCLUSÃO**

2145 Em conclusão, o bagaço de cana-de-açúcar pode ser incluído a um nível de 100 g/kg em
2146 dietas para coelhos em crescimento sem efeitos adversos sobre o seu desempenho produtivo.
2147 Além disso, a autoclavagem e a inclusão da vinhaça promoveram uma maior taxa e extensão
2148 de digestão *in vitro*, com reflexos sobre a atividade cecal. Novos estudos são necessários para
2149 entender os efeitos da inclusão de bagaço e vinhaça na produção de ácidos graxos voláteis e
2150 demais produtos de fermentação cecal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2151
2152
2153 ABAD, R.; IBÁÑEZ, M.A.; CARABAÑO, R. et al. Quantification of soluble fibre in feedstuffs
2154 for rabbits and evaluation of the interference between the determinations of soluble fibre and
2155 intestinal mucin. *Anim. Feed Sci Technol.*, v.182, p.61-70, 2013.
- 2156
2157 ABDEL-AZIZ, N.A.; EL-ADAWY, M.; MARIEZCURRENA-BERASAIN, M.A., et al.
2158 Effects of exogenous enzymes, *Lactobacillus acidophilus* or their combination on feed
2159 performance response and carcass characteristics of rabbits fed sugarcane bagasse. *J. Integr.
2160 Agric.*, v.14, p.544-549, 2015.
- 2161
2162 ABECIA, L.; FONDEVILA, M.; BALCELLS, J. et al. Molecular profiling of bacterial species
2163 in the rabbit caecum. *FEMS Microbiol. Lett.*, v.244, p.111-115, 2005.
- 2164
2165 AHMADI, F.; ZAMIRI, M.J.; KHORVASH, M. et al. Pre-treatment of sugarcane bagasse with
2166 a combination of sodium hydroxide and lime for improving the ruminal degradability:
2167 optimization of process parameters using response surface methodology, *J Appl Anim Res*, v.44,
2168 p.287-296, 2015.
- 2169
2170 AHMED, O.; SULLIE MAN, A.M.E.; ELHARDDALLOU, S.B. Physicochemical, chemical
2171 and microbiological characteristics of vinasse, a by-product from ethanol industry. *Am. J.
2172 Biochem.* v.3, p.80-83, 2013.
- 2173
2174 ALVAREZ, J. L.; MARGÜENDA, I.; GARCÍA-REBOLLAR, P. et al. Effects of type and level
2175 of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World
2176 Rabbit Sci.* v.15, p.9-17, 2007.
- 2177
2178 AMOROSO, L.; BARALDI-ARTONI, S.M.; SANTOS, E.A. et al. Análise morfológica do
2179 intestino delgado de coelhos da raça Nova Zelândia branco alimentados com diferentes níveis
2180 de fibra. *Rev. Cient. Elet. Med. Vet.*, v.13, p.1-11, 2009.
- 2181
2182 ANAYA-LIRA, M.; GUTIÉRREZ-OLVERA, C.; DUCOING-WATTY, A.M.; et al.
2183 Description of surgical technique in rabbit cannulation for obtaining cecal content. *Arch Med
2184 Vet.*, v.48, p.133-137, 2016.
- 2185
2186 AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 17th edition. Association of Official Analytical
2187 Chemists, Washington, DC, USA.
- 2188
2189 ARRIGONI, M.B.; SILVEIRA, A.C.; FURLAN, L.R. et al. Avaliação da vinhaça líquida em
2190 substituição à água na terminação de bovinos em confinamento. 1. DESEMPENHO. *Pesq.
2191 Agropec. Bras.*, v.28, n.11, p.1333-1340,1993.
- 2192
2193 ARRUDA, A.M.V.; FILGUEIRA, T.M.B.; FERNANDES, R.T.V. et al. Avaliação nutricional
2194 do feno de mata pasto para aves caipiras, *Acta Vet. Bras.*, v.4, p.193-198. 2010.
- 2195
2196 ARRUDA, A.M.V.; LOPES, D.C.; FERREIRA, W.M.; et al. Desempenho e características de
2197 carcaça de coelhos alimentados com rações contendo diferentes níveis de amido e fontes de
2198 fibra. *R. Bras. Zootec.* v.32, p.1311-1320, 2003.
- 2199

- 2200 BAGÓNÉ VÁNTUS, V.; KOVÁCS, M.; ZSOLNAI, A. The rabbit caecal microbiota:
2201 development, composition and its role in the prevention of digestive diseases – a review on
2202 recent literature in the light of molecular genetic methods. *Acta Agr. Kaposv.*, v.18, p.55-65,
2203 2014.
2204
- 2205 BELENGUER, A.; ABECIA, L.; BELANCHE, A. et al. Effects of carbohydrate source on
2206 microbial nitrogen recycling in growing rabbits. *Livest. Sci.*, v.150, p.94-101, 2012.
2207
- 2208 BELENGUER, A.; FONDEVILA, M.; BALCELLS, J. et al. Methanogenesis in rabbit caecum
2209 as affected by the fermentation pattern: *in vitro* and *in vivo* measurements. *World Rabbit Sci.*,
2210 v.19, p.75-83, 2011.
2211
- 2212 BELLIER, R.; GIDENNE, T. Consequence of reduced fibre intake on digestion, rate of passage
2213 and caecal microbial activity in the young rabbit. *Br J Nutr.* v.75, p.353-363, 1996.
2214
- 2215 BLAS, E.; GIDENNE, T. Digestion of starch and sugars. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J.
2216 (Ed). *The Nutrition of the Rabbit*. 2.ed. Reino Unido: CABI Publishing, 2010. p.19-38, 2010.
2217
- 2218 BLASCO, A.; OUHAYOUN, J. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat
2219 research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, v.4, p.93-99, 1996.
2220
- 2221 BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag
2222 degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.61,
2223 p.113-128, 1993.
2224
- 2225 BOISEN, S. A model for feed evaluation based on *in vitro* digestibility dry matter and protein.
2226 In: FULLER, M.F. (Ed.), *In vitro digestion for pigs and poultry*. CAB International,
2227 Wallingford, UK., p.135-145, 1991.
2228
- 2229 BOULAHROUF, A.; FONTY, G.; GOUET, P. Establishment, counts and identification of the
2230 fibrolytic bacteria in the digestive tract of rabbit. Influence of feed cellulose content. *Curr.*
2231 *Microbiol.*, v.22, p.1-25, 1991.
2232
- 2233 BOVERA, F.; CALABRÒ, S.; CUTRIGNELLI, M.I. et al. Prediction of rabbit caecal
2234 fermentation characteristics from faeces by *in vitro* gas production technique: roughages. *J.*
2235 *Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, v.92, p.260-271, 2008.
2236
- 2237 BOVERA, F.; D'URSO, S.; CALABRÒ, S. et al. Use of faeces as an alternative inoculum to
2238 caecal content to study *in vitro* feed digestibility in domesticated ostriches (*Struthio camelus*
2239 var. *domesticus*), *Br. Poult. Sci.*, v.48, p.354-362, 2007.
2240
- 2241 BOVERA, F.; D'URSO, S.; DI MEO, C. et al. Comparison of rabbit caecal content and rabbit
2242 hard faeces as source of inoculum for the *in vitro* gas production technique. *Asian-Aust. J. Anim.*
2243 *Sci.*, v.19, p.1649-1657, 2006.
2244
- 2245 BRODERICK, G.A.; COCHRAN, R.C. *In vitro* and *in situ* methods for estimating digestibility
2246 with reference to protein degradability. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E. et al.
2247 (eds). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CAB International, p.53-79, 2000.
2248

- 2249 CALABRÒ, S.; CARCIOFI, A.C.; MUSCO, N. et al. Fermentation characteristics of several
2250 carbohydrate sources for dog diets using the *in vitro* gas production technique. *Ital. J. Anim.*
2251 *Sci.*, v.12, p.21-27, 2013.
2252
- 2253 CALABRÒ, S.; NIZZA, A.; PINNA, W. et al. Estimation of digestibility of compound diets
2254 for rabbits using the *in vitro* gas production technique. *World Rabbit Sci.*, v.7, p.197-201, 1999.
2255
- 2256 CAMHI, J.D. Tratamento do vinho, subproduto da destilação de álcool. *Brasil Açucareiro*, v.
2257 94, p.18-23, 1979.
2258
- 2259 CARABAÑO R, FRAGA MJ, SANTOMÁ G. et al. Effect of diet on composition of cecal
2260 contents and on excretion and composition of soft and hard feces of rabbits. *J. Anim. Sci.* v.66,
2261 p.901-910, 1988.
2262
- 2263 CARABAÑO, R.; PIQUER, J.; MENOYO, D. et al. The digestive system of the rabbit. In: DE
2264 BLAS, C.; WISEMAN, J. (Ed). *The Nutrition of the Rabbit*. 2.ed. Reino Unido: CABI
2265 Publishing, 2010. p.1-18, 2010.
2266
- 2267 CARRARO, L.; TROCINO, A.; FRAGKIADAKIS, M. et al. Digestible fibre to ADF ratio and
2268 starch level in diets for growing rabbits. *Ital. J. Anim. Sci.*, v.6, p.752-754, 2007.
2269
- 2270 CARRERA, R.A.B.; VELOSO, C. M.; KNUPP, L.S. et al. Protein co-products and by-products
2271 of the biodiesel industry for ruminants feeding. *R. Bras. Zootec.*, v.41, p.1202-1211, 2012.
2272
- 2273 CARVALHO, G.G.P.; CAVALI, J.; FERNANDES, F.E.P. et al. Composição química e
2274 digestibilidade da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. *Arq.*
2275 *Bras. Med. Vet. Zoo.*, v.61, p.1346-1352, 2009.
2276
- 2277 CARVALHO, L.C.C. O Brasil e a saga do etanol – 25 anos. *STAB*. v. 25, n.2, nov-dez, 2006.
2278
- 2279 CASTAÑÓN-RODRIGUEZ, J.F., WELTI-CHANES, J., PALACIOS, A.J. et al. Influence of
2280 high-pressure processing and alkaline treatment on sugarcane bagasse hydrolysis. *J. Food*. v.13,
2281 p.613-620, 2015.
2282
- 2283 CHANG, Y.; QIN, Y.; XIONG, Y. et al. Response of growth performance, cecal fermentation
2284 traits and *in vitro* gas production to substitution of soyhulls for lignified fiber in rabbit diets.
2285 *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, v.20, p.45-51, 2007.
2286
- 2287 CHAO, H.Y.; LI, F.C. Effect of level of fibre on performance and digestion traits in growing
2288 rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.144, p.279-291, 2008.
2289
- 2290 CHEEKE, P.R. *Rabbit feeding and nutrition*, Orlando: Academic Press, Inc., p.376, 1987.
2291
- 2292 CHISTOFOLETTI, C.A.; ESCHER, J.P.; CORREIA, J.E. et al. Sugarcane vinasse:
2293 environmental implications of its use. *Waste Manage.*, v.33, p.2752–2761, 2013.
2294
- 2295 COELHO, C.C.G.M., FERREIRA, W.F., MOTA, K.C.N. et al. Utilização digestiva e produtiva
2296 de dietas semi simplificadas com fenos enriquecidos com vinhaça para coelhos em crescimento.
2297 *B. Indúst. Anim.*, v.73, 1-8, 2016.
2298

- 2299 COMBES S.; FORTUN-LAMOTHE L.; CAUQUIL L. et al. Engineering the rabbit digestive
2300 ecosystem to improve digestive health and efficacy. *Animal*, v.7, p.1429-1439, 2013.
- 2301
- 2302 COMBES, S.; MICHELLAND, R.J.; MONTEILS, V. et al. Postnatal development of the rabbit
2303 caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol.*, v.77, p.680-689, 2011.
- 2304
- 2305 COMPART, D.M.P.; CARLSON, A.M.; CRAWFORD, G.I. et al. Presence and biological
2306 activity of antibiotics used in fuel ethanol and corn co-product production. *J. Anim. Sci.*, v.91,
2307 p.2395–2404, 2013.
- 2308
- 2309 CORAZA, R.I.; SALLES-FILHO, S.L.M. Opções produtivas mais limpas: uma perspectiva
2310 evolucionista a partir de um estudo de trajetória tecnológica na agroindústria canavieira. XXI
2311 Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Núcleo
2312 PGT, 2000.
- 2313
- 2314 CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira
2315 e sua valorização. *R. Bras. Energ.*, v.2, n.2, 1992.
- 2316
- 2317 COSTA, F.G.P.; OLIVEIRA, C.F.S.; BARROS, L.R. Valores energéticos e composição
2318 bromatológica dos fenos de jureminha, feijão-bravo e maniçoba para aves, *R. Bras. Zootec.*,
2319 v.36, p.813-817, 2007.
- 2320
- 2321 DE BLAS, J. C.; RODRÍGUEZ, C. A.; BACHA, F. et al. Nutritive value of co-products derived
2322 from olivecake in rabbit feeding. *World Rabbit Sci.*, v.23, p.255-262, 2015.
- 2323
- 2324 DE BLAS, J.C. Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits.
2325 *Animal*, v.7, p.102-111, 2012.
- 2326
- 2327 DE BLAS, J.C.; MATEOS, G.G. Feed formulation. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. (Ed). *The*
2328 *Nutrition of the Rabbit*. 2.ed. Reino Unido: CABI Publishing, 2010. p.222-232, 2010.
- 2329
- 2330 DELGADO, A.A. *Tecnologia dos produtos agropecuários: Tecnologia do açúcar e das*
2331 *fermentações industriais*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. Brasil.
2332 p.209, 1975.
- 2333
- 2334 DEMATTÊ, J.A.M.; GAMA, M.A.P.; COOPER, M. et al. Effect of fermentation residue on
2335 the spectral reflectance properties of soils. *Geoderma*, v.120, p.187-200, 2004.
- 2336
- 2337 DEPETERS, E.J.; FADEL, J.G.; AROSEMENA, A. Digestion kinetics of neutral detergent
2338 fiber and chemical composition within some selected by-product feedstuffs. *Anim. Feed Sci.*
2339 *Technol.*, v.67, p.127-140, 1997.
- 2340
- 2341 DIAS, C.A.B. Perspectivas de tratamento do vinhoto com benefícios ambientais e econômicos
2342 (1a parte). *Brasil Açucareiro*, v.96, p.45-53, 1980.
- 2343
- 2344 DOELSCH, E., MASON, A., CAZEVIEILLE, P. et al. Spectroscopic characterization of
2345 organic matter of a soil and vinasse mixture during aerobic or anaerobic incubation. *Waste*
2346 *Manage.*, v.29, p.1929-1935, 2009.
- 2347

- 2348 EARING, J.E.; CASSILL, B.D.; HAYES, E.S., et al. Comparison of *in vitro* digestibility
2349 estimates using the Daisy II incubator with *in vivo* digestibility estimates in horses. *J. Anim.*
2350 *Sci.* v.88, p.3954–3963, 2010.
- 2351
- 2352 ESHAK, M.G., FARAG, I.M., FADEL, M. et al. Effect of distillery vinasse on the productive
2353 performance, DNA damage, expression of IGF1 gene and histopathological changes in
2354 japanese quail fed diets contaminated with phenol. *Glob. Vet.* v.11, p.657-673, 2013.
- 2355
- 2356 ESPAÑA-GAMBOA, E., MIJANGOS-CORTES, J., BARAHONA-PEREZ, L. et al. Vinasses:
2357 characterization and treatments. *Waste Manage. Res.*, v.29, p.1235-1250, 2011.
- 2358
- 2359 ESPAÑA-GAMBOA, E.I., MIJANGOS-CORTÉS, J.O., HERNÁNDEZ-ZÁRATE, G. et al.
2360 Methane production by treating vinasses from hydrous ethanol using a modified UASB reactor.
2361 *Biotechnol. Biofuels.*, v.5, p.82, 2012.
- 2362
- 2363 EULER, A.C.C.; FERREIRA, W.M.; TEIXEIRA, E.A. et al. O uso da técnica de Tilley e Terry
2364 como avaliação de alimentos para coelhos. *Anais... Águas de Lindóia/SP FZEA/USP-ABZ*,
2365 2009.
- 2366
- 2367 EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; MENDES, A.R. et al. Desempenho e características de
2368 carcaça de bovinos Nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e
2369 diferentes fontes energéticas. *Rev Bras Zootec.*, v.35, p.2050-2057, 2006.
- 2370
- 2371 FALCÃO-E-CUNHA, L.; REIS, J.; FREIRE, J.B. et al. Effects of enzyme addition and source
2372 of fiber on growth and fibrolytic activities of growing-finishing rabbits. In: BECERRIL, C.M.;
2373 PRO, A. (eds) *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla. Colegio de
2374 Postgraduados, Montecillo, Spain, pp. 1532–1537, 2004.
- 2375
- 2376 FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
2377 *Production: livestock primary: rabbit meat.* 2016. Disponível em:
2378 <<http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>>. Acesso em: 10 de dezembro de
2379 2016.
- 2380
- 2381 FEKETE, S.; BOKORI, J. The effect of the fiber and protein level of the ration upon the
2382 cecotrophy of rabbit. *J. Appl. Anim. Rabbit Res.* 8:68-71, 1985.
- 2383
- 2384 FERNÁNDEZ, B.; BODAS, R.; LÓPEZ-CAMPOS, A. et al. Vinasse added to dried sugar beet
2385 pulp: Preference rate, voluntary intake, and digestive utilization in sheep. *J. Anim. Sci.*, v.87,
2386 p.2055-2063, 2009.
- 2387
- 2388 FERNÁNDEZ-CARMONA, J.; CERVERA, C.; BLAS, E. Um nuevo método *in vitro* para el
2389 estudio de la digestion em el conejo. *Proceedings... XVIII Symposium de Cunicultura*,
2390 Granoller, Spain, p.43-45, 1993.
- 2391
- 2392 FERREIRA, F.N.A., FERREIRA, W.M., MOTA, K.C.N. et al. Avaliação nutricional do bagaço
2393 de cana-de-açúcar enriquecido com vinhaça em dietas para coelhos em crescimento. *Rev.*
2394 *Caatinga.* v.28, p.217-226, 2015.
- 2395

- 2396 FERREIRA, M.; MACHADO, L.C.; FERREIRA, W.M. et al. Parte aérea de diferentes
2397 cultivares de mandioca como fonte de fibra para utilização na alimentação animal. *Rev. Raízes*
2398 *Amidos Trop.*, v.7, p.1-11, 2011.
- 2399
2400 FERREIRA, M.; MELO, R. S.; MACHADO, L. C. et al. Avaliação da energia digestível e
2401 degradabilidade cecal *in vitro* das frações obtidas no processamento da rama da mandioca para
2402 coelhos. In: I JORNADA CIENTÍFICA E VI FIPA DO CEFET, 2008, Bambuí.
2403 *Anais...Bambuí*: 2008.
- 2404
2405 FERREIRA, W.M.; HERRERA, A.D.P.N.; SCAPINELLO, C. et al. Digestibilidade aparente
2406 dos nutrientes de dietas simplificadas baseadas em forragens para coelhos em crescimento. *Arq.*
2407 *Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.59, p.451-458, 2007.
- 2408
2409 FRANZ, R.; SOLIVA, C.R.; KREUZER, M. et al. Methane output of rabbits (*Oryctolagus*
2410 *cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed a hay-only diet: implications for the scaling
2411 of methane production with body mass in nonruminant mammalian herbivores. *Comp.*
2412 *Biochem. Physiol. A: Physiol.*, v.158, p.177–181, 2011.
- 2413
2414 GARCÍA, A.I.; DE BLAS, A.J.C.; CARABAÑO, R. Comparison of different methods for
2415 nitrogen and amino acid evaluation in rabbit diets. *Anim. Sci.* v.80, p.169-178, 2005.
- 2416
2417 GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas measuring
2418 techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*,
2419 v.72, p.261-281, 1998a.
- 2420
2421 GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The *in vitro* gas coupled with ammonia
2422 measurement for evaluation of nitrogen degradability on low quality roughages using
2423 incubation medium of different buffering capacity. *J. Sci. Food Agric.* v.77, p.87-95, 1998b.
- 2424
2425 GETACHEW, G.; ROBINSON, P.H.; DEPETERS, E.J. et al. Relationships between chemical
2426 composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds.
2427 *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.111, p.41-56, 2004.
- 2428
2429 GIDENNE, T.; FORTUN-LAMOTHE, L. Feeding strategy for young rabbits around weaning:
2430 a review of digestive capacity and nutritional needs. *Anim. Sci.* v.75, p.169–184, 2002.
- 2431
2432 GIDENNE, T.; GARCÍA, J.; LEBAS, F.; et al. Nutrition and feeding strategy: interactions with
2433 pathology. In: DE BLAS, C.; WISEMAN, J. (Ed). *The Nutrition of the Rabbit*. 2.ed. Reino
2434 Unido: CABI Publishing, p.179-199, 2010.
- 2435
2436 GIDENNE, T.; JEHL, N.; SEGURA, M. et al. Microbial activity in the caecum of the rabbit
2437 around weaning: impact of a dietary fibre deficiency and of intake level. *Anim. Feed Sci.*
2438 *Technol.*, v.99, p.107–118, 2002.
- 2439
2440 GIDENNE, T.; KERDILES, V.; JEHL, N. et al. Protein replacement by digestible fibre in the
2441 diet of growing rabbits: 2: Impact on performances, digestive health and nitrogen output. *Anim.*
2442 *Feed Sci. Technol.*, v.183, p.142-150, 2013.
- 2443
2444 GIDENNE, T.; LAPANOUSE, A. Technical note: The measurement of soft faeces production
2445 is affected by the type of collar. *World Rabbit Sci.*, v.8, p.41-42, 2000.

2446
2447 GIDENNE, T.; LICOIS, D. Effect of high fibre intake on the resistance of the growing rabbit
2448 to an experimental inoculation with an enteropathogenic strain of Escherichia coli. *Anim. Sci.*
2449 v.80, p.281-288, 2005.
2450
2451 GIDENNE, T.; PINHEIRO, V.; FALCÃO-E-CUNHA, L. A comprehensive approach of the
2452 rabbit digestion: consequences of a reduction in dietary fibre supply. *Livest. Prod. Sci.*, v.64,
2453 p.225-237, 2000.
2454
2455 GIDENNE, T.; RUCKEBUSCH, Y. Flow and rate of passage studies at the ileal level in the
2456 rabbit. *Reprod. Nutr. Dev.*, v.29, p.403-412, 1989.
2457
2458 GIDENNE, T.; SEGURA, M.; LAPANOUSE, A. Effect of cereal sources and processing in
2459 diets for the growing rabbit. Effects on digestion and fermentative activity in caecum. *Anim.*
2460 *Res.*, v.54, p.55-64, 2005.
2461
2462 GOMES, A.V.C.; FERREIRA, W.M. Composição química e contribuição nutritiva de
2463 cecotrofos de diferentes dietas. *R. Bras. Zoot.* 28:1297-1301, 1999.
2464
2465 GÓMEZ-CONDE, M.S.; GARCIA, J.; CHAMORRO, S. et al. Neutral detergent-soluble fiber
2466 improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits. *J. Anim. Sci.*, v.85,
2467 p.3313-3321, 2007.
2468
2469 GÓMEZ-CONDE, M.S.; PÉREZ DE ROZAS, A.; BADIOLA, I. et al. Effect of neutral
2470 detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty five day
2471 old weaned rabbits. *Livest. Sci.*, v.125, p.192-198, 2009.
2472
2473 GRUESO, I.; DE BLAS, J.C.; CACHALDORA, P. et al. Combined effects of supplementation
2474 of diets with hops and of a substitution of starch with soluble fiber on feed efficiency and
2475 prevention of digestive disorders in rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.180, p.92-100, 2013.
2476
2477 HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J.A.; LEME, P.R. et al. Avaliação da silagem de grãos
2478 de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação: desempenho e
2479 características de carcaça. *R. Bras. Zootec.*, v.36, n.1, p.183-190, 2007.
2480
2481 HIDALGO, K., RODRÍGUEZ, B., VALDIVIÉ, M. et al. Utilización de la vinaza de destilería
2482 como aditivo para pollos en ceba. *Cuban J. Agric. Sci.*, v.43, p.281-284, 2009.
2483
2484 HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *J.*
2485 *Dairy Sci.*, v.82, p. 1791-1794, 1999.
2486
2487 HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S. et al. 2017. FactoMineR: multivariate exploratory data analysis
2488 and data mining. <http://factominer.free.fr>. (Acessado em: 07 outubro de 2017).
2489
2490 IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo*
2491 *Agropecuário: Brasil, grandes regiões e unidades da federação* – Rio de Janeiro, 2006, p.1-
2492 777.
2493

- 2494 JHA, R.; BINDELLE, J.; ROSSNAGEL, B. et al. *In vitro* evaluation of the fermentation
 2495 characteristics of the carbohydrate fractions of hulless barley and other cereals in the
 2496 gastrointestinal tract of pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.163, p.185-193, 2011.
 2497
- 2498 JIAO, J.; WANG, P.; HE, Z. et al. *In vitro* evaluation on neutral detergent fiber and cellulose
 2499 digestion by post-ruminal microorganisms in goats. *J. Sci. Food Agric.*, v.94 p.1745-1752,
 2500 2014.
 2501
- 2502 KAMPHUES, J.; STOLTE, M.; TSCHENTSCHER, A. et al. Investigations on the sulfate
 2503 concentration in milk substitutes and milk products and its effect on feces composition in
 2504 calves. *Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.*, v.106, p.466-470, 1999.
 2505
- 2506 KARA, K. Effect of dietary fibre and condensed tannins concentration from various fibrous
 2507 feedstuffs on gas production kinetics with rabbit faecal inoculum. *J. Anim. Feed Sci.*, v.25,
 2508 p.266–272, 2016.
 2509
- 2510 KERMAUNER A.; LAVRENČIČ A. *In vitro* fermentation of different commercially available
 2511 pectins using inoculum from rabbit caecum. *World Rabbit Sci.*, v.18, p.1-7, 2010.
 2512
- 2513 KHOLIF, A.E.; GOUDA, G.A.; MORSY, T.A. et al. *Moringa oleifera* leaf meal as a protein
 2514 source in lactating goat's diets: Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and
 2515 composition, and its fatty acids profile. *Small Rumin. Res.*, v.129, p.129-137, 2015.
 2516
- 2517 KIMSE, M.; BAYOUTHE, C.; MONTEILS, V. et al. Live yeast stability in rabbit digestive
 2518 tract: Consequences on the caecal ecosystem, digestion, growth and digestive health. *Anim.*
 2519 *Feed Sci. Technol.*, v.173, p.235-243, 2012.
 2520
- 2521 KNUDSEN, C.; COMBES, S.; BRIENS, C. et al. Increasing the digestible energy intake under
 2522 a restriction strategy improves the feed conversion ratio of the growing rabbits without
 2523 negatively impacting the health status. *Livest. Sci.*, v.169, p.96-105, 2014.
 2524
- 2525 KOVITVADHI, A.; GAI, F.; DABBOU, S. et al. Rabbit dietary supplementation with
 2526 palepurple coneflower. 2. Effects on the performances, bacterial community, blood parameters
 2527 and immunity of growing rabbits. *Animal*, v.10, p.1101-1109, 2016.
 2528
- 2529 LA O, A.L. *Alimentación de conejos (Oryctolagus cuniculus) con follajes, caña de azúcar y*
 2530 *semillas de girasol.* 117f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Ciencia Animal, La
 2531 Habana, Cuba, 2007.
 2532
- 2533 LAVRENČIČ, A. The effect of rabbit age on *in vitro* caecal fermentation of starch, pectin,
 2534 xylan, cellulose, compound feed and its fibre. *Animal*, v.1, p.241-248, 2007.
 2535
- 2536 LAVRENČIČ, A., STEFANON, B. SUSMEL, P. An evaluation of the Gompertz model in
 2537 degradability studies of forage chemical components. *Anim. Sci.*, v.64, p.423-431, 1997
 2538
- 2539 LIPPKE, H.; ELLIS, W.C.; JACOBS, B.F. Recovery of indigestible fiber from feces of sheep
 2540 and cattle on forage diets. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.403-412, 1986.
 2541

- 2542 LÓPEZ-CAMPOS, Ó.; BODAS, R.; PRIETO, N. et al. Vinasse added to the concentrate for
2543 fattening lambs: Intake, animal performance, and carcass and meat characteristics. *J. Anim. Sci.*,
2544 v.89, p.1153-1162, 2011.
- 2545
- 2546 MACHADO, L.C.; FERREIRA, W. M.; EULER, A.C.C., et al. Métodos de digestibilidade *in*
2547 *vitro* na avaliação dos alimentos para coelhos. *Rev. Bras. Cunic.*, v.6, n.1, 2014.
- 2548
- 2549 MACHADO, L.C.; FERREIRA, W.M. Atualidades em nutrição de coelhos: 2006 a 2011, *Rev.*
2550 *Bras. Cunic.*, v.1, p.1-11, 2012.
- 2551
- 2552 MACHADO, L.C.; FERREIRA, W.M.; FARIA, H.G. et al. Avaliação da digestibilidade
2553 aparente de dietas simplificadas com base em forragens para coelhas em reprodução, *Vet. Zoot.*,
2554 v.14, p.81-90, 2007.
- 2555
- 2556 MAERTENS, L., PEREZ, J.M., VILLAMIDE, M., et al. Nutritive value of raw materials for
2557 rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci.* 10, 157-166, 2002.
- 2558
- 2559 MAERTENS, L.; DUCATELLE, R.; DE GROOTE, G. Influence de l'incorporation alimentaire
2560 d'une vinasse a taux élevé de parois cellulaires de levure sur les performances du lapin en
2561 engraissement. *World Rabbit Sci.*, v.2, p.15-19, 1994.
- 2562
- 2563 MAERTENS, L.; GUERMAH, H.; TROCINO, A. Dehydrated chicory pulp as an alternative
2564 soluble fibre source in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, v.22, p.97-104, 2014.
- 2565
- 2566 MANEERAT, W., PRASANPANICH, S., TUMWASORN, S., et al. Evaluating agro-industrial
2567 by-products as dietary roughage source on growth performance of fattening steers. *Saudi J Biol*
2568 *Sci.* v. 22, p.580-584, 2015.
- 2569
- 2570 MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F., et al. Digestibilidade do bagaço de
2571 cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. *Rev. bras. zootec.*, v.29,
2572 p.1196-1204, 2000.
- 2573
- 2574 MARCOS, A.C.M., LEME, P.R., BOIN, C. Efeito do tempo de tratamento a pressão de vapor
2575 na composição química e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca do bagaço de cana-de-
2576 açúcar. *Zootecnia*, v.22, p.383-395, 1984.
- 2577
- 2578 MARTINELLI, L.A., FILLOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil:
2579 environmental and social challenges. *Ecol. Appl.* v.18, p.885-898, 2008.
- 2580
- 2581 MARTÍNEZ-VALLESPÍN, B.; MARTÍNEZ-PAREDES, E.; RÓDENAS, L. et al. Combined
2582 feeding of rabbits female and young: Partial replacement of starch with acid detergent fibre
2583 or/and neutral detergent soluble fibre at two protein levels. *Livest. Sci.*, v.141, p.155-165, 2011.
- 2584
- 2585 MARTÍNEZ-VALLESPÍN, B.; MARTÍNEZ-PAREDES, E.; RÓDENAS, L. et al. Partial
2586 replacement of starch with acid detergent fibre and/or neutral detergent soluble fibre at two
2587 protein levels: Effects on ileal apparent digestibility and caecal environment of growing rabbits.
2588 *Livest. Sci.*, v.154, p.123-130, 2013.
- 2589

- 2590 MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S. et al. A semi-automated *in vitro* gas
2591 production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.321-
2592 330, 1999.
- 2593
- 2594 MC CLEARY, B.V.; DE VRIES, J.W.; RADER, J.L. et al. Determination of total dietary fiber
2595 (Codex Definition) by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography: collaborative
2596 study. *J. AOAC Int.* v.93, p.221-233, 2010.
- 2597
- 2598 MELLO JUNIOR, C.A.; COSTA; L.R.O.; MACHADO, P.F. et al. Efeito do tratamento a
2599 pressão de vapor no bagaço de cana de açúcar sobre a sua degradação *in vitro* e digestibilidade
2600 *in vivo*. *Livestock Res. Rural Dev.*, vol. 1, 1989.
- 2601
- 2602 MENKE, K.H.; RAAB. L.; SALEWSKY, A. et al. The estimation of the digestibility and
2603 metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are
2604 incubated with rumen liquor *in vitro*. *Agric. Sci. Camb.*, v.93, p.217-222, 1979.
- 2605
- 2606 MENKE, K.H.; STEINGASS, H. Estimation of the energetic feed value obtained from
2607 chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Devel.*, v.28, p.7-
2608 25, 1988.
- 2609
- 2610 MERINO, J.; CARABAÑO, R. Effect of type of fiber on ileal and fecal digestibilities. *J. Appl*
2611 *Rabbit Res.*, v.15, p.931-937, 1992.
- 2612
- 2613 MICHELLAND, R.J.; COMBES, S.; MONTEILS. V. et al. Rapid adaptation of the bacterial
2614 community in the growing rabbit caecum after a change in dietary fibre supply. *Animal*, v.5,
2615 p.1761-1768, 2011.
- 2616
- 2617 MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma*
2618 *abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005
- 2619
- 2620 MISSIO, R. L. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar para alimentação de ruminantes. *Arch.*
2621 *Zootec.*, v.65, p.267-278, 2016.
- 2622
- 2623 MONTEILS, V.; CAUQUIL, L.; COMBES, S. et al. Potential core species and satellite species
2624 in the bacterial community within the rabbit caecum. *FEMS Microbiol. Ecol.*, v.66, p.620-629,
2625 2008.
- 2626
- 2627 MOREIRA, P.C.; REIS, R.B.; WASCHECK, R.C. et al. Avaliação de alimentos pela técnica
2628 semi-automática *in vitro* de produção de gases: uma revisão. *Estudos*, v.35, p.357-374, 2008.
- 2629
- 2630 MOTTA FERREIRA, W.; FRAGA, M. J.; CARABAÑO, R. Inclusion of grape pomace, in
2631 substitution for alfalfa hay, in diets for growing rabbits. *Anim. Sci.*, v.63, p.167-174, 1996.
- 2632
- 2633 NASCIMENTO, M.S.C.B.; NASCIMENTO, H.T.S; OLIVEIRA, M.E. Análise do crescimento
2634 e do valor forrageiro de mata-pasto para a produção de feno. *Revista Caatinga*, v.19, p.215-
2635 220, 2006.
- 2636
- 2637 NGAMSAENG, A.; WANAPAT, M.; KHAMPA, S. Evaluation of local tropical plants by *in*
2638 *vitro* rumen fermentation and their effects on fermentation end-products. *Pakistan J. Nutr.*, v.5,
2639 p.414-418, 2006.

2640
2641 NIEVES, D.; TERÁN, O.; CRUZ, L. et al. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica
2642 (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, v.14, p.309-314,
2643 2011.
2644
2645 NONN, H. Produkte der Zuckerindustrie. In: Jeroch, H.; Flachowsky, G.; Weißbach, F. (Eds.).
2646 *Futtermittelkunde*. Fischer-Verlag, Stuttgart, p.323-335, 1993.
2647
2648 NUSSIO, L.G. E BALSALOBRE, M.A. Utilização de resíduos fibrosos da industrialização da
2649 cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos. Piracicaba.
2650 *Anais...* Piracicaba. FEALQ/USP. São Paulo. p.127, 1993.
2651
2652 OKANO, K.; IIDA, Y.; SAMSURI, M., et al. Comparison of *in vitro* digestibility and chemical
2653 composition among sugarcane bagasses treated by four white-rot fungi. *Animal Sci. J.*, v.77,
2654 p.308-313, 2006.
2655
2656 OLIVEIRA, M.C.; SILVA, D.M.; CARVALHO, C.A.F.R. et al. Effect of including liquid
2657 vinasse in the diet of rabbits on growth performance. *Rev. Bras. Zootec.*, v.42, n.4, p.259-263,
2658 2013.
2659
2660 PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P. et al. Biotechnological potential of agro-industrial
2661 residues. I: sugarcane bagasse. *Bioresource Technol.*, v.74, p.69-80, 2000.
2662
2663 PARNAUDEAU, V.; CONDOM, N.; OLIVER, R. et al. Vinasse organic matter quality and
2664 mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration
2665 processes. *Bioresource Technol.*, v.99, p.1553-1562, 2008.
2666
2667 PARNAUDEAU, V.; NICOLARDOT, B.; ROBERT, P. et al. Organic matter characteristics of
2668 food processing industry wastewaters affecting their C and N mineralization in a soil
2669 incubation. *Bioresource Technol.* v.97, p.1284-1295, 2006.
2670
2671 PASCUAL J.J.; CERVERA, C.; FERNANDEZ-CARMONA, J. Comparison of different *in*
2672 *vitro* digestibility methods for nutritive evaluation of rabbit diets. *World Rabbit Sci.*, v.8, p.93-
2673 97, 2000.
2674
2675 PASCUAL, M.; SOLER, M.D.; CERVERA, C. et al. Feeding programmes based on highly-
2676 digestible fibre weaning diets: Effects on health, growth performance and carcass and meat
2677 quality in rabbits. *Livest. Sci.*, v.169, p.84-95, 2014.
2678
2679 PAZIANI, S.F.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. Digestibilidade e degradabilidade de
2680 rações à base de milho desintegrado com palha e sabugo em diferentes graus de moagem. *Rev.*
2681 *bras. zootec.*, v.30, p.1630-1638, 2001.
2682
2683 PEDROSO, A.M.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. M. et al. Substituição do milho moído
2684 por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, n.5,
2685 p.1651-1657, 2007.
2686
2687 PEIXOTO, E.L.T.; MORENZ, M.J.F.; FONSECA, C.E.M.F. et al. Citrus pulp in lamb diets:
2688 intake, digestibility, and ruminal parameters. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, p.3421-3430,
2689 2015.

2690
2691 PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage
2692 digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.1063-1073, 1993.
2693
2694 PEREIRA, G.F.; ARAÚJO, G.G.L.; MEDEIROS, A.N. et al. Consumo e digestibilidade do
2695 feno de flor-de-seda em dietas para cabras leiteiras. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, v.11, p.79-90,
2696 2010.
2697
2698 PEREIRA, R.A.N.; FERREIRA, W.M.; GARCIA, S.K. et al. Digestibilidade do bagaço de
2699 cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio em dietas para coelhos em crescimento. *Ciênc.*
2700 *agrotec*, v.32, p.573-577, 2008.
2701
2702 PEREZ, JM, LEBAS, F, GIDENNE, T. et al. European reference method for *in vivo*
2703 determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, v.3, p.41-43, 1995.
2704
2705 PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.V. et al. Novilhas alimentadas com
2706 bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. *Rev. Bras. Zootec.*,
2707 v.33, p.1078-1085, 2004.
2708
2709 PUPO, N. I. H. *Substituição do melaço pela vinhaça concentrada na alimentação de novilhos*
2710 *de corte em regime de confinamento*. 49f. Dissertação - (Mestrado em Zootecnia) Universidade
2711 Federal de Viçosa, Viçosa, 1981.
2712
2713 R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for
2714 Statistical Computing. Vienna. Austria, 2017.
2715
2716 RABELO, M.M.A.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Digestibilidade dos nutrientes e parâmetros
2717 ruminais de bovinos de corte alimentados com rações contendo bagaço de cana-de-açúcar
2718 obtido pelo método de extração por difusão ou por moagem convencional. *Rev. Bras. Zootec.*,
2719 v.37, p.1696-1703, 2008.
2720
2721 RAMOS M.; CARABAÑO, R. *Nutritive evaluation of rabbit diets by an in vitro method*. In:
2722 6th World Rabbit Congr., Toulouse, 1, 277-282. 1996.
2723
2724 RAMOS, M.A., CARABANO, R., BOISEN, S. An *in vitro* method for estimating digestibility
2725 in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, v.15, p.938-946, 1992.
2726
2727 RANGNEKAR, D.V.; BADVE, V.C.; KHARAT, B.N., et al. Effect of high-pressure steam
2728 treatment on chemical composition and digestibility *in vitro* of roughages. *Anim. Feed Sci.*
2729 *Technol.* v.7, p.61-70, 1982.
2730
2731 RETORE, M.; SILVA, L.P.; TOLEDO, G.S.P. et al. Efeito da fibra de coprodutos
2732 agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, n.5,
2733 p.1232-1240, 2010.
2734
2735 ROBERTIELLO, A. Upgrading of agricultural and agro-industrial wastes: the treatment of
2736 distillery effluents (vinasses) in Italy. *Agr. Wastes*, v.4, p.387-395, 1982.
2737

2738 ROCHA, F.C.; GARCIA, R. FREITAS, A.W.P. et al. Casca de café em dietas para vacas em
2739 lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. *R. Bras. Zootec.*, v.35,
2740 p.2163-2171, 2006.
2741
2742 RODRIGUÉZ-ROMERO, N.; ABECIA, L.; FONDEVILA, M. Microbial ecosystem and
2743 fermentation traits in the caecum of growing rabbits given diets varying in neutral detergent
2744 soluble and insoluble fibre levels. *Anaerobe*, v.20, p.50-57, 2013.
2745
2746 RODRIGUEZ-ROMERO, N.; ABECIA, L.; FONDEVILA, M.; BALCELLS, J. Effects of
2747 levels of insoluble and soluble fibre in diets for growing rabbits on faecal digestibility, nitrogen
2748 recycling and *in vitro* fermentation. *World Rabbit Sci.*, v.19, p.85-94, 2011.
2749
2750 ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F T.; HANNAS, M.I. et al. Tabelas brasileiras para aves e
2751 suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4a edição. Viçosa, MG:
2752 Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.
2753
2754 RYZNAR-LUTY, A., KRZYWONOS, M., CIBIS, E. et al. Aerobic biodegradation of vinasse
2755 by a mixed culture of bacteria of the genus *Bacillus*: optimization of temperature, pH and
2756 oxygenation state. *Polish J. Environ. Stud.* v.17, p.101-112, 2008.
2757
2758 SALLAM, S.M.A.; NASSER, M.E.A; EL-WAZIRY, A.M. et al. Use of an *in vitro* rumen gas
2759 production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. *J. Appl. Sci. Res.* v.3, p.34-41, 2007.
2760
2761 SALOMON K.; LORA, E. Estimate of the electric energy generating potential for different
2762 sources of biogás in Brazil. *Biomass and Bioenerg.*, v.33, p.1101-1107, 2009.
2763
2764 SCAPINELLO, C, TAFURI, ML, ROSTAGNO, HS et al. Valor nutritivo do feno de aveia, do
2765 milho e do farelo de soja para coelhos em crescimento. *Rev. Bras. Zootec.*, v.24, p.1001-1007,
2766 1995.
2767
2768 SCHLITTLER, L.A.F.S. 2006. *Engenharia de um bioprocesso para produção de etanol de*
2769 *bagaço de cana-de-açúcar*. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio
2770 de Janeiro. Rio de Janeiro. p.175, 2006.
2771
2772 SILVA, V. P.; SOUZA, D. O.; PEREIRA, M. B.; SOUZA, V. C.; ZANOLLI, Y. A. et al.
2773 Qualidade do inóculo cecal de coelhos submetidos ao jejum em estudos de fermentação *in vitro*.
2774 In: *Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Zootecnia*. Universidade Estadual do Oeste do
2775 Paraná, 2013.
2776
2777 SOUSA, H.M.H. Avaliação do mata-pasto (*Senna obtusifolia* L. Irwin & Barneby) e (*Senna*
2778 *uniflora* (P. Miller) Irwin & Barneby) para alimentação de caprinos, *R. Cient. Prod. Anim.*, v.7,
2779 p.65-66, 2005.
2780
2781 SOUZA, O.E.; SANTOS, E.I. *Aproveitamento de resíduos e subprodutos agropecuários pelos*
2782 *ruminantes na Embrapa*. Aracaju, 2004. Disponível em:
2783 <www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=914>. Acesso em: 5 de
2784 dezembro 2016.
2785

2786 STANCO, G., DI MEO, C., CALABRÒ, S., NIZZA, A. Prediction of nutritive value of diets
2787 for rabbits using an *in vitro* gas production technique. *World Rabbit Sci.*, v.11, p.199-210,
2788 2003a.
2789
2790 STANCO, G.; DI MEO, C.; PICCOLO, G.; NIZZA A. Effect of storage duration on frozen
2791 inoculum to be used for the *in vitro* gas production technique in rabbit. *Ital. J. Anim. Sci.*, v.2,
2792 p.265–270, 2003b.
2793
2794 STEMME, K., GERDES, B., HARMS, A., KAMPHUES. J. Beet-vinasse (condensed molasses
2795 solubles) as an ingredient in diets for cattle and pigs - nutritive value and limitations. *J. Anim.*
2796 *Physiol. Anim. Nutr.*, v.89, p.179-183, 2005.
2797
2798 TAZZOLI, M.; BIROLO, M.; FILIOU, E. et al. Increasing dietary energy with starch and
2799 soluble fibre and reducing ADF at different protein levels for growing rabbits. *Agric. Conspec.*
2800 *Sci.*, v.78, p.1-5, 2013.
2801
2802 TAZZOLI, M.; TROCINO, A.; BIROLO, M. et al. Optimizing feed efficiency and nitrogen
2803 excretion in growing rabbits by increasing dietary energy with high-starch, high-soluble fibre,
2804 low-insoluble fibre supply at low protein levels. *Livest. Sci.*, v.175, p.59-68, 2015.
2805
2806 THEODOROU, M.K., WILLIAMS, B.A., DHANOA, M.S. et al. A simple gas production
2807 method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds.
2808 *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.48, p.185-197, 1994.
2809
2810 TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage
2811 crops. *J. Brit. Grass Soc.*, v.18, p.104-113, 1963.
2812
2813 TROCINO A.; FRAGKIADAKIS M.; MAJOLINI D. et al. Effect of the increase of dietary
2814 starch and soluble fibre on digestive efficiency and growth performance of meat rabbits. *Anim.*
2815 *Feed Sci. Technol.*, v.165, p.265-277, 2011.
2816
2817 TROCINO, A.; FRAGKIADAKIS, M.; MAJOLINI, D. et al. Soluble fibre, starch and protein
2818 level in diets for growing rabbits: effects on digestive efficiency and productive traits. *Anim.*
2819 *Feed Sci. Technol.*, v.180, p.73-82, 2013.
2820
2821 TROCINO, A.; FRAGKIADAKIS, M.; RADAELLI, G.; XICCATO, G. Effect of dietary
2822 soluble fibre level and protein source on growth, digestion, caecal activity and health of
2823 fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, v.18, p.199-210, 2010.
2824
2825 UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar - *Relatório final da safra 2015/2016*. 2016.
2826 Available at: < www.unicadata.com.br/download_media.php?idM=24141552> Accessed on:
2827 Dez. 10, 2016.
2828
2829 UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. *Avaliação quinzenal da safra 2013/2014 DA*
2830 *REGIÃO CENTRO-SUL* – São Paulo, p.1-2, 2013.
2831
2832 VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca: Comstock Publishing
2833 Associations, p.476, 1994.
2834

2835 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral
2836 detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*,
2837 v.74, p.3583-3597, 1991.
2838

2839 VAN SOEST, P.J.; WINE, R.J.; MOORE, L.A. Estimation of the true digestibility of forage by
2840 the *in vitro* digestion of cell walls. In: *Proceedings of the 10th International Grasslands*
2841 *Congress*; Helsinki, Finland. p 438 -441, 1966
2842

2843 VIEIRA, F.S.; GOMES, A.V.C.; PESSOA, M.F. Effect of particle size of sugar cane bagasse
2844 on the digestive traits and the nutritive contribution of caecotrophes. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32,
2845 p.935-941, 2003.
2846

2847 VILLAMIDE, M. J.; CARABAÑO, R.; MAERTENS, L. et al. Prediction of the nutritional
2848 value of European compound feeds for rabbits by chemical components and *in vitro* analysis.
2849 *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.150, p.283-294, 2009.
2850

2851 VILLAMIDE, M.J.; MAERTENS, L.; CERVERA, C. et al. A critical approach of the
2852 calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits.
2853 *World Rabbit Sci.*, v.9, p.19-25, 2001.
2854

2855 VILLAMIDE, M.J.; NICODEMUS, N.; FRAGA, M.J. et al. Protein digestion. In: De Blas, C.,
2856 Wiseman, J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*, 2nd CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 39-
2857 55, 2010.
2858

2859 VOGEL, K.P.; PEDERSEN, J.F.; MASTERSON, S.D. et al. Evaluation of a filter bag system
2860 for NDF, ADF IVDMD forage analysis. *Crop Sci.*, v.39 p.276-279, 1999.
2861

2862 WALISZEWSKI, K.N., ROMERO, A., PARDIO, V.T. Use of cane condensed molasses
2863 solubles in feeding broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.67, p.253-258, 1997.
2864

2865 WESTENBRINK, S.; BRUNT, K.; VAN DER KAMP, J.W. Dietary fibre: Challenges in
2866 production and use of food composition data. *Food Chem.*, v.140, p.562-567, 2013.
2867

2868 WILKIE, A.C.; KELLY, J.; OWENS. M. Stillage characterization and anaerobic treatment of
2869 ethanol stillage from conventional and cellulosic feed-stock. *Biomass and Bioenerg.*, v.19,
2870 p.63-102, 2000.
2871

2872 WILLIAMS, B.A; BHATA, S.K.; BOER, H. et al. A preliminary study using the cumulative
2873 gas production technique to compare the kinetics of different fermentation by use of standard
2874 substrates. *Ann. Zootech.*, v.44, n.35, 1995.
2875

2876 WOYENGO, T.A.; JHA, R.; BELTRANENA, E. et al. *In vitro* digestion and fermentation
2877 characteristics of canola co-products simulate their digestion in the pig intestine. *Animal*, v.10,
2878 p.911-918, 2016.
2879

2880 XICCATO, G.; TROCINO, A.; MAJOLINI, D. et al. Effect of decreasing dietary protein level
2881 and replacing starch with soluble fibre on digestive physiology and performance of growing
2882 rabbits. *Animal*, v.5, p.1179-1187, 2011.
2883

2884 YANG, H.J.; CAO, Y.C.; ZHANG, D.F. Caecal fermentation patterns *in vitro* of glucose,
2885 cellobiose, microcrystalline cellulose and NDF separated from alfalfa hay in the adult rabbit.
2886 *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.162, p.149-154, 2010.