

LUIZ CARLOS MACHADO

AVALIAÇÃO DA PARTE AÉREA DE CULTIVARES DE MANDIOCA ,
DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE EM DIETAS SIMPLIFICADAS E SEMI-
SIMPLIFICADAS COM OU SEM SUPLEMENTAÇÃO ENZIMÁTICA PARA
COELHOS EM CRESCIMENTO

Tese apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito parcial para obtenção do
grau de Doutor em Zootecnia.

Área de Nutrição Animal

Orientador: Prof. Dr. Walter Motta Ferreira

Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2010

M149a Machado, Luiz Carlos, 1977-

Avaliação da parte aérea de cultivares de mandioca, desempenho e digestibilidade em dietas simplificadas e semi-simplificadas com ou sem suplementação enzimática para coelhos em crescimento / Luiz Carlos Machado. – 2010.

140 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. Mandioca como ração – Teses.
3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. 5. Digestibilidade – 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 05 de Março de 2010, pela Comissão Examinadora constituída por:

Prof. Dr. Walter Motta Ferreira
(Orientador)

Prof. Dr. Adriano Geraldo

Prof. Dr. Cláudio Scapinello

Profa. Dra. Eloísa de Oliveira Simões Saliba

Prof. Dr. Iran Borges

“SOMOS HERDEIROS DOS PRÓPRIOS ATOS”

André Luiz

À memória de meus pais Tereza e João
por toda ternura, esforço, dedicação e extrema
dignidade, mesmo com recursos escassos

À minha filha Tereza Cristina
minha inspiração e fonte
de inesgotável alegria

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À DEUS, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas.

À minha esposa Lindamar, por todo o carinho, dedicação e principalmente por estar ao meu lado em todos os momentos de minha vida.

À minha família, em especial ao Paulinho, Luciene, Marques, Ceíça e meus tios Catarina e Chiquinho, pela união e adorável convívio.

Ao professor Dr. Walter Motta Ferreira, pela amizade e pelos ensinamentos técnicos, éticos e humanistas.

Aos professores Adriano Geraldo, Cáudio Scapinello, Eloísa Saliba e Iran Borges, pelo aceite em participar da banca e pelas sugestões para melhoria do conteúdo deste trabalho.

Aos Srs. Ronaldo, Varlei e Renato, funcionários da fazenda experimental prof. Hélio Barbosa, pela colaboração para a realização dos trabalhos.

Aos colegas de trabalho do IFMG-BambuÍ, em especial aos professores do Núcleo de Zootecnia, por toda a amizade e companheirismo.

Aos queridos alunos dos cursos Técnico Agrícola e Graduação em Zootecnia, em especial ao Mauro, Tiago, Rafael Simão, Rafael Maciel, Márcio, Leandro, Maicon, Mariana e Marcelo, pelo auxílio na execução dos trabalhos, pela convivência tranqüila e por todo o aprendizado me proporcionado como orientador.

À EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, na pessoa dos pesquisadores Dr. Jaeveson Silva e Dra. Luciana Alves, pelo apoio técnico.

À Fazenda Novo Horizonte, pertencente à COOPATAN, Município de Tancredo Neves, pelo fornecimento de material para pesquisa.

Aos amigos da Escola de Veterinária, em especial ao Luciano, Guilherme, Danado, Vinícius, Toninho, Carol e Sandra.

Ao programa de pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao Instituto Federal Minas Gerais, Campus Bambuí, por ceder a área para execução de parte dos experimentos.

Às indústrias D'vita e Uniquímica, pela colaboração nas análises e fornecimento de aditivos.

Enfim, a todos que colaboraram, diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

LUIZ CARLOS MACHADO, filho de Tereza Neves Pinto Machado e João Rodrigues Machado, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, no dia 16 de Dezembro de 1977.

Em 1996 formou-se em Química Industrial pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Em 2003 graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em 2006, concluiu o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Minas Gerais, realizando estudos na área de nutrição de coelhos. Ainda naquele ano, iniciou a carreira de professor no CEFET-BambuÍ, hoje IFMG-BambuÍ, lecionando disciplinas relacionadas à área de nutrição animal.

Em 2006, iniciou o curso de pós-graduação em Zootecnia, nível de Doutorado, na Universidade Federal de Minas Gerais, realizando estudos na área de utilização da mandioca para alimentação animal e nutrição de coelhos.

Em Março de 2010, submeteu-se à banca para defesa de Tese.

SUMÁRIO

	RESUMO	15
	ABSTRACT	17
	RESUMEN	19
	INTRODUÇÃO GERAL	20
1	REVISÃO DE LITERATURA	21
1.1	FIBRA DIETÉTICA, COMPONENTES DA PAREDE CELULAR E ESTIMATIVA QUÍMICA BROMATOLÓGICA	21
1.2	IMPORTÂNCIA DA FIBRA NA ALIMENTAÇÃO E ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS DOS COELHOS.....	24
1.3	A CULTURA E PLANTA DA MANDIOCA.....	28
1.4	FATORES ANTINUTRICIONAIS PRESENTES NA MANDIOCA.....	32
1.5	VALOR NUTRICIONAL DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA.....	35
1.6	UTILIZAÇÃO DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DOS COELHOS.....	38
1.7	UTILIZAÇÃO DA PARTE AÉREA DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DE OUTROS ANIMAIS.....	40
1.7.1	Eqüinos.....	40
1.7.2	Suínos.....	40
1.7.3	Aves.....	41
1.7.4	Peixes.....	43
1.7.5	Bovinos.....	43
1.7.6	Ovínos.....	44
1.8	USO DE DIETAS COM ALTA INCLUSÃO DE INGREDIENTES FIBROSOS (SIMPLIFICADAS E SEMI-SIMPLIFICADAS) PARA COELHOS.....	44
1.9	ENSAIOS DE DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> NA AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS PARA ANIMAIS	49
1.10	SIMULAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO PROCESSO DIGESTIVO DOS COELHOS.....	51
1.11	TÉCNICAS <i>IN VITRO</i> UTILIZADAS NA AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS PARA COELHOS.....	52
1.12	FITATO E POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS.....	55
1.13	USO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA ALIMENTAÇÃO DOS COELHOS E OUTROS ANIMAIS.....	57
1.14	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
2	PRÉ-SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA PROPÍCIAS À UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO DOS COELHOS: ESTUDOS PRELIMINARES	70
2.1	INTRODUÇÃO	70
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	70
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
2.4	CONCLUSÕES	74
2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
3	POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DO PROCESSAMENTO DA RAMA DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DOS COELHOS	77
3.1	INTRODUÇÃO	77
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	77
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
3.4	CONCLUSÕES	81
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
4	AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA: PRODUTIVIDADE DE RAIZ E CUSTO, COMPOSIÇÃO E PRODUTIVIDADE DO TERÇO SUPERIOR	84

4.1	INTRODUÇÃO	84
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	84
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4.4	CONCLUSÕES	89
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
5	DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS DIETAS SIMPLIFICADAS E SEMI-SIMPLIFICADAS, COM E SEM ADIÇÃO DE ENZIMAS E VALOR NUTRICIONAL DAS FONTES FIBROSAS	91
5.1	INTRODUÇÃO	91
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	91
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
5.4	CONCLUSÕES	103
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
6	AVALIAÇÃO DAS DIETAS SIMPLIFICADAS E SEMI-SIMPLIFICADAS COM BASE NA MISTURA DE FORRAGEIRAS PARA COELHOS EM CRESCIMENTO	107
6.1	INTRODUÇÃO	107
6.2	MATERIAL E MÉTODOS	107
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	110
6.4	CONCLUSÕES	125
6.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
7	UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA SEMI-AUTOMÁTICA DE DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> COM PRODUÇÃO DE GASES NA AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS PARA COELHOS	129
7.1	INTRODUÇÃO	129
7.2	MATERIAL E MÉTODOS	129
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	131
7.4	CONCLUSÕES	135
7.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
8	ESTUDO DE MODIFICAÇÃO AO MÉTODO DE TILEY E TERRY PARA DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> NA AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS PARA COELHOS	137
8.1	INTRODUÇÃO	137
8.2	MATERIAL E MÉTODOS	137
8.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	139
8.4	CONCLUSÕES	140
8.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Digestibilidade fecal aparente das frações da fibra dietética	23
Tabela 2 -	Produção de mandioca nas regiões brasileiras nos anos de 2007, 2008 e 2009	30
Tabela 3 -	Fatores antinutricionais presentes na folha de mandioca desidratada	35
Tabela 4 -	Conteúdo de aminoácidos das folhas de mandioca desidratadas	37
Tabela 5 -	Teores de β -caroteno e seus isômeros na folha de mandioca desidratada.....	38
Tabela 6 -	Desempenho de coelhos em crescimento, dos 35 aos 70 dias, recebendo dietas com níveis crescentes de feno do terço superior da rama da mandioca	39
Tabela 7 -	Média de ganho de peso diário (GPD) e do ganho de peso total (GPT) em função dos níveis de feno da parte aérea da mandioca (FPAM) no volumoso	43
Tabela 8 -	Efeito da utilização de dietas simplificadas com base em feno de alfafa sobre os parâmetros de crescimento	46
Tabela 9 -	Desempenho de coelhos dos 35 as 70 dias de idade alimentados com dietas simplificadas, à base de feno de alfafa e feno de rama de mandioca	48
Tabela 10 -	Comparação entre os valores de digestibilidade obtidos <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>	55
Tabela 11 -	Valor nutritivo, teor de compostos cianogênicos e degradabilidade <i>in vitro</i> de nove cultivares de mandioca	72
Tabela 12 -	Valor nutritivo, teor de compostos cianogênicos e degradabilidade <i>in vitro</i> das frações do processamento da rama da mandioca	79
Tabela 13 -	Médias mensais de temperatura, precipitação e umidade relativa para a cidade de Bambuí, MG, durante o período de Novembro de 2008 a Novembro de 2009	85
Tabela 14 -	Produtividade de cultivares de mandioca	86
Tabela 15 -	Composição químico-bromatológica do feno do terço superior de cultivares de mandioca .	88
Tabela 16 -	Estimativa de custo para produção de uma tonelada de feno do terço superior da rama de mandioca com 90,0% de MS e moído	88
Tabela 17 -	Granulometria das rações experimentais e dos ingredientes fibrosos	93
Tabela 18 -	Composição químico-bromatológica dos ingredientes fibrosos utilizados nas dietas experimentais (MN)	93
Tabela 19 -	Composição químico-bromatológica dos demais ingredientes utilizados para confecção das rações (MN)	94
Tabela 20 -	Custo considerado dos ingredientes utilizados para confecção das deitas experimentais	94
Tabela 21 -	Composição percentual e nutricional das dietas experimentais	95

Tabela 22 -	Coeficientes de digestibilidade aparente e consumo de MS das dietas experimentais	98
Tabela 23 -	Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas simplificadas com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa, com ou sem enzimas	100
Tabela 24 -	Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas semi-simplificadas com base no feno do terço superior da rama da mandioca, com ou sem enzimas	100
Tabela 25 -	Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas semi-simplificadas com base em farinha das folhas de mandioca, com ou sem enzimas	100
Tabela 26 -	Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas semi-simplificadas com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa, com ou sem enzimas	101
Tabela 27 -	Coeficientes de digestibilidade aparente das dietas com alta inclusão de ingredientes fibrosos em função da presença de enzimas	101
Tabela 28 -	Níveis nutricionais de energia digestível e proteína digestível e relação energia/proteína das dietas experimentais estudadas	102
Tabela 29 -	Valor nutricional das fontes fibrosas	103
Tabela 30 -	Descrição matemática dos modelos de crescimento utilizados	110
Tabela 31 -	Consumo de ração ao longo do experimento e consumo geral de nutrientes	111
Tabela 32 -	Ganho de peso dos animais, em função das dietas, ao longo do experimento	113
Tabela 33 -	Ganho de peso geral e conversão alimentar geral segundo as dietas experimentais	115
Tabela 34 -	Evolução do peso dos animais ao longo do experimento	115
Tabela 35 -	Equações lineares de crescimento dos animais utilizados no experimento e idade necessária para se atingir 2,0 kg de peso vivo	118
Tabela 36 -	Valores encontrados para os parâmetros dos modelos não lineares a partir do crescimento de coelhos, em função da dieta	122
Tabela 37 -	Peso absoluto da carcaça e parâmetros digestivos segundo as dietas experimentais	123
Tabela 38 -	Peso relativo da carcaça e parâmetros digestivos segundo as dietas experimentais	123
Tabela 39 -	Degradabilidade <i>in vitro</i> das diferentes dietas e dos diferentes inóculos utilizados	131
Tabela 40 -	Produção de gás total de acordo com as dietas e com as diferentes fontes de inóculo	132
Tabela 41 -	Parâmetros de produção de gases estimados pelo modelo de France et al. (1993)	135
Tabela 42 -	Digestibilidade da MS de acordo com diferentes metodologias <i>in vitro</i>	139

LISTA DE FIGURAS		
Figura 01 -	Representação esquemática da estrutura da parede celular vegetal	22
Figura 02 -	a)Esquematização de uma microfibrila de celulose (polímero de Glicose unido por ligações β -1,4)	22
	b)Estrutura da molécula de lignina	22
Figura 03 -	Divisão da planta da mandioca	31
Figura 04 -	Colheita da biomassa de mandioca obtida sob plantio adensado	31
Figura 05 -	Glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca	32
Figura 06 -	Ação das enzimas responsáveis pela liberação do cianeto	33
Figura 07 -	Esquematização do método proposto por Tiley e Terry (1963)	50
Figura 08 -	Complexação de nutrientes pela molécula do fitato	56
Figura 09 -	Trituração e secagem da biomassa de mandioca obtida a partir do plantio adensado.....	77

LISTA DE GRÁFICOS		
Gráfico 01 -	Produção de cecotrofos e fezes duras e ingestão de alimentos pelos coelhos ao longo do dia	26
Gráfico 02 -	Evolução da colonização de microorganismos em coelhos jovens	27
Gráfico 03 -	Peso final de frangos de corte em função dos níveis de inclusão da farinha das folhas de mandioca	42
Gráfico 04 -	Curva de produção cumulativa de gás em função do tempo de fermentação	53
Gráfico 05 -	Representação da cinética de fermentação cecal <i>in vitro</i> de coelhos em crescimento alimentados com diferentes níveis e tipos de gordura	54
Gráfico 06 -	Consumo dos animais, em função das dietas experimentais, ao longo do experimento	111
Gráfico 07 -	Ganho de peso dos animais ao longo do experimento	113
Gráfico 08 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta referência	118
Gráfico 09 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca	119
Gráfico 10 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em feno do terço superior da rama de mandioca	119
Gráfico 11 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em feno de alfafa	119

Gráfico 12 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em farinha das folhas de mandioca	120
Gráfico 13 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa	120
Gráfico 14 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base na mistura de feno do terço superior da rama de mandioca e feno de alfafa	120
Gráfico 15 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa com enzimas exógenas	121
Gráfico 16 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em feno do terço superior da rama de mandioca com enzimas exógenas	121
Gráfico 17 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em farinha das folhas de mandioca com enzimas exógenas	121
Gráfico 18 -	Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa com enzimas exógenas	122
Gráfico 19 -	Taxa de produção de gases de acordo com os tempos de leitura	134
Gráfico 20 -	Curva de produção de gases em função do tempo	134

LISTA DE ABREVIATURAS

AGVs	Ácidos graxos voláteis
Ca	Cálcio
CDa	Coefficiente de digestibilidade aparente
CNF	Carboidratos não fermentáveis
CT	Carboidratos totais
CV	Coefficiente de variação
DMO	Digestibilidade da matéria orgânica
DMS	Digestibilidade da matéria seca
ED	Energia digestível
EB	Energia bruta
EDa	Energia digestível aparente
EDm	Energia digestível de manutenção
EM	Energia metabolizável
ENN	Extrato não nitrogenado
FAL	Feno de alfafa
FB	Fibra bruta
FD	Fibra digestível
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FPAM	Feno da parte aérea da mandioca
FRA	Feno de rami
FT	Feno de tifton
FTSRM	Feno do terço superior da rama de mandioca
GPD	Ganho de peso diário
ha	Hectare
HCN	Ácido cianídrico
Hem	Hemicelulose
kg	Quilo
kcal	Quilocalorias
LDA	Lignina em detergente ácido
Mcal	Megacalorias
MM	Matéria mineral
MN	Matéria natural
MO	Matéria orgânica
MOD	Matéria orgânica digestível
MS	Matéria seca
MSD	Matéria seca digestível
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NIDA	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NIDN	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
PD	Proteína digestível
PDa	Proteína digestível aparente
PNAs	Polissacarídeos não amiláceos
REF	Dieta referência
SRD	Sem raça definida
TGI	Trato gastrointestinal
t	Tonelada

RESUMO

A mandioca consiste de alimento fundamental para grande parte da população mundial e sua parte aérea é pouco utilizada para alimentação dos animais, tendo a vantagem de não competir diretamente com a alimentação humana. A cunicultura é uma atividade estratégica, pois o coelho é altamente prolífero, produtivo, possui carne de excelente qualidade, se adequa a pequenas áreas, aceita dietas com grande quantidade de ingredientes fibrosos e causa baixo impacto ambiental, quesito fundamental para o desenvolvimento sustentável da sociedade moderna. Os objetivos principais deste trabalho foram propor uma cultivar de mandioca adequada para utilização na alimentação dos coelhos, avaliar a digestibilidade dos princípios nutritivos de dietas simplificadas e semi-simplificadas para coelhos e o desempenho de coelhos com essas dietas e avaliar técnicas de determinação da digestibilidade *in vitro* para coelhos. No primeiro ensaio, as manivas de 12 cultivares de mandioca foram coletadas em estação experimental da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, colhidas aos 10 meses, para avaliação da composição química, nível de ácido cianídrico (HCN) e digestibilidade *in vitro* com produção de gases do feno do terço superior. Em ensaio semelhante, foram avaliadas também as frações do processamento da rama da mandioca (frações 1 a 5), afim de estudar as suas potencialidades. Num terceiro ensaio, foi avaliada a produtividade da raiz e terço superior, composição do feno do terço superior e custo para produção do feno. No quarto ensaio foi avaliada a digestibilidade *in vivo* das dietas simplificadas e semi-simplificadas, com base na mistura de forrageiras, com ou sem enzimas exógenas, sendo comparadas a uma dieta referência. Os alimentos testados foram: feno de alfafa (FAL), feno do terço superior da rama da mandioca (FTSRM) e farinha das folhas de mandioca (FFM), sendo utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 11 tratamentos e oito repetições. As enzimas utilizadas foram as carboidrases (alfa-galactosidase, galactomanase, xilanase e betaglucanase) e a fitase. O desempenho produtivo e parâmetros digestivos foram avaliados também a partir das dietas anteriormente citadas, sendo os animais pesados a cada cinco dias. Nos últimos dois ensaios, os métodos de digestibilidade *in vitro* com produção de gases e de Tiley e Terry foram utilizados para avaliação das dietas experimentais, sendo o segundo método modificado quanto ao tempo de incubação e ao segundo estágio. As cultivares KIRIRIS, GRAVETINHO E CIGANA, apresentaram melhor composição químico-bromatológica, ausência de HCN e elevadas degradabilidade e produção de gases e foram pré-selecionadas para experimento de desempenho produtivo. A fração 1 do processamento se mostrou promissora para utilização na alimentação dos coelhos, apresentando

características similares ao FAL. A cultivar GRAVETINHO foi escolhida, por apresentar maior produtividade de raiz (19 t/há) e elevada produtividade de parte aérea. O custo para produção de 1 kg de feno foi de R\$ 0,36. Foi observado que a digestibilidade dos princípios nutritivos das dietas foi influenciada pelo tipo de alimento estudado ($p < 0,05$) e que as enzimas exógenas proporcionaram melhorias. Foi observado também que grande parte da proteína bruta (PB) da FFM está complexada em razão da alta temperatura utilizada em seu processamento. O valor nutricional encontrado para os alimentos fibrosos foram de 1822,7 kcal ED/kgMS e 12,26% proteína digestível (PD) na MS para o FTSRM, 2232,5 kcal ED/kgMS e 15,54% PD na MS para o FAL e 1888,9 kcal/kg ED/kgMS e 7,36% PD na MS para a FFM. O consumo das dietas foi influenciado pelo tipo de alimento estudado ($p < 0,05$) onde os tratamentos que tiveram elevada inclusão de FFM foram inferiores, o mesmo acontecendo com a conversão alimentar e o rendimento de carcaça. Na avaliação do ganho de peso diário (GPD) os tratamentos referência, semi-simplificada com base em FTSRM e semi-simplificada com base na mistura de FAL e FFM foram superiores ($p < 0,05$). Não foi observado ($p > 0,05$) efeito positivo das enzimas exógenas sobre os parâmetros de desempenho. Os modelos não lineares Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy se adaptaram ao crescimento desses animais, o que não foi observado para o modelo de Brody. Os parâmetros digestivos foram influenciados pelo tipo de dieta estudada onde dietas com maior conteúdo de fibra proporcionaram maior desenvolvimento do trato gastrointestinal. Na avaliação econômica, a dieta simplificada com base no FTSRM se mostrou como alternativa interessante, apresentando redução de 4% no custo para produção de 1 kg de coelho vivo. Os métodos de digestibilidade *in vitro* se mostraram eficientes na avaliação dos alimentos para coelhos e apresentaram alta correlação com os resultados *in vivo*.

Palavras-chave: enzimas exógenas, modelos não lineares, parâmetros digestivos, métodos *in vitro*, variedades de mandioca.

ABSTRACT

Cassava consists of major source of food for many communities worldwide. The aerial part of this plant, however, is not employed for human feeding. Animals, in contrast, eat that part of cassava, although it is not largely used for animal feeding. The rabbit production is a strategic activity due the animal high prolificacy and its excellent meat quality. Besides, rabbit demand relatively small areas to be raised, accept diets with great content of fibrous ingredients, and cause low environmental impact, an important question for sustainable development of the modern society. The main objectives of this work were to select a variety of cassava adequate for feeding farmed rabbits, to evaluate the digestibility of the nutritional principles of simplified and half-simplified diets for rabbits, as well as the performance of the animals fed these diets, and to evaluate *in vitro* digestibility methods for rabbits. In the first trial, 12 cassava varieties developed by EMBRAPA Mandioca e Fruticultura research station, harvested 10 months after planting and made into cassava hay, had evaluated their chemical composition, cyanidric acid (HCN) content and *in vitro* digestibility with gas production. In the second trial, it was investigated the potential of the fractions (1 to 5) of the aerial part cassava processing. In the third trial, the productivity of both parts, the cassava root and the upper third foliage hay (CUTFH), were studied. The CUTFH had studied its chemical composition, and its production cost was estimated. A fourth trial was set up to compare with a reference diet the *in vitro* digestibility of the simplified and half-simplified diets, with basis of the mixture of forage crops, with or without exogenous enzymes. The following types of food were tested: CUTFH, alfalfas hay (ALH), and cassava leaves flour (CLF), being utilized a completely randomized design, with 11 treatments and eight replications. Carbohydrase (xylanase, beta glucanase, alpha galactosidase and galactomanase) and phytase enzymes were also added. The productive performance and digestive parameters had been evaluated also from the diets previously cited, being the animals weighteds to each five days. In the last two assays, the *in vitro* digestibility methods with gas production and Tiley e Terry had been used for evaluation of the experimental diets being the second method modified on the time of incubation and the

second stage (enzymatic digestion). KIRIRIS, GRAVETINHO and CIGANA cassava varieties showed better chemical composition, no presence of HCN, as well as a high degradability and gas production. Therefore, those varieties were selected for the productive performance trial (trial 4). Fraction 1 of the processing seemed favorable for use in the feeding of the rabbits, as its characteristics were very similar to the ALH. GRAVETINHO variety was chosen since it yielded greater productivity of root (19 t/ha) as well as a high productivity of CUTFH. Production cost for cassava upper third foliage hay was R\$0.36/kg. While digestibility of the nutritional principles of the diets was negatively influenced by the type of food ($p < 0.05$), the exogenous enzymes improved it. It was also observed that a large amount of the crude protein (CP) of the CLF was conjugated, since it had undergone high temperatures during its processing. Fibrous ingredients had 1822.7 kcal DE/kg DM and 12.26% CP in the DM for the CUTFH, 2232.5 kcal DE/kg DM and 15.54% DP in the DM for ALH and 1888.9 kcal/kg DE/kg DM and 7.36% DP in the DM for the CLF. Feed consumption was affected by the type of food ($p < 0.05$). Treatments with higher inclusion of CFL resulted in lower feed conversion and lower carcass yield. For daily weight gain (DWG) the best results were obtained in the treatment reference, the half-simplified CUTFH and half-simplified on the basis of the mixture of ALH and CLF ($p < 0.05$). In contrast, no significant positive effect of exogenous enzymes was observed for DWG ($p > 0.05$). The non-linear models of Logistic, Gompertz and Von Bertalanffy adapted to the growth of the animals while Brody model did not. Diets with greater fiber content allowed greater development of the gastrointestinal tract. For the economic view, the simplified diet on the basis of the CUTFH seemed interesting, since it made possible a 4% reduction in the cost for production of 1 kg of rabbit. Regarding to the digestibility methods tested in this experiment, an excellent correlation was found between data obtained *in vitro* and data obtained *in vivo*.

Key-words: exogenous enzymes, non-linear models, digestive parameters, *in vitro* methods.

RESUMEN

La yuca es un alimento esencial para gran parte de la población mundial y su parte aérea es poco utilizada para la alimentación de los animales, no compitiendo directamente con la alimentación humana. La cunicultura es una actividad estratégica, ya que el conejo es muy prolífico, productivo, posee carne de excelente calidad, se adecua a pequeñas áreas, acepta dietas con grande cantidad de ingredientes fibrosos y causa bajo impacto ambiental, requisito fundamental para el desarrollo sustentable de la sociedad moderna. Los principales objetivos de este estudio fueron proponer una variedad de yuca adecuada para la utilización en la alimentación de los conejos, evaluar la digestibilidad aparente de los nutrientes de dietas simplificadas y semi-simplificadas para conejos, evaluar el desempeño de conejos que recibían esas dietas y evaluar métodos de digestibilidad *in vitro* para conejos. En la primera prueba, 12 variedades de yuca fueron colectadas en la estación experimental de la EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, siendo plantadas y cosechadas después de 10 meses para la evaluación de la composición química, nivel de ácido cianhídrico (HCN) y digestibilidad *in vitro* con producción de gases, del heno del tercio superior. En estudio semejante, fueron evaluadas también las fracciones (1 a 5) del procesamiento de la rama de la yuca, con el fin de estudiar sus potencialidades. En una tercera prueba, fue evaluada la productividad de raíz y tercio superior, composición del heno del tercio superior y costo para la producción del heno. En la cuarta prueba fue evaluada la digestibilidad *in vivo* de las dietas simplificadas y semi-simplificadas, con base en la mezcla de forrajeras, con o sin enzimas exógenas, siendo comparadas con una dieta referencia. Los alimentos evaluados fueron: heno de alfalfa (FAL), heno del tercio superior de la rama de yuca (HTSRY) y harina de las hojas de yuca (HHY), utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado con 11 tratamientos y ocho repeticiones. Las enzimas utilizadas fueron carbohidratasa (xilanasas, betaglucanasa, galactomanasa y alfa falactosdasa) y fitasa. El desempeño productivo y los parámetros digestivos fueron evaluados también con las dietas anteriormente mencionadas, siendo los animales pesados cada cinco días. En las últimas dos pruebas, los métodos de digestibilidad *in vitro* con producción de gases y Tiley e Terry, fueron utilizados para la evaluación de las dietas experimentales, siendo el segundo método modificado en relación al tiempo de incubación y la segunda fase. Las variedades KIRIRIS, GRAVETINHO y CIGANA presentaron mejor composición químico-bromatológica, ausencia de HCN y alta degradabilidad y producción de gases y fueron preseleccionadas para el experimento de desempeño productivo. La fracción 1 del procesamiento se mostró promisoría para la utilización en la alimentación de

conejos, presentando características semejantes al FAL. La variedad GRAVETINHO fue seleccionada, pues presentó mayor productividad de raíz (19 t/ha) y elevada productividad de parte aérea. El costo para la producción de 1 kg de heno fue de R\$ 0,36. Fue observado que la digestibilidad de los nutrientes de las dietas fue influenciada por el tipo de alimento estudiado ($p < 0,05$) y que las enzimas exógenas mejoraron los resultados. Fue también observado que gran parte de la proteína de la HHY está acomplejada en razón de la alta temperatura en su procesamiento. El valor nutritivo encontrado para los alimentos fibrosos fue de 1822,7 kcal ED/kgMS y 12,26% PD en la MS para el HTSRY, 2232,5 kcal ED/kgMS y 15,54% PD en la MS para la FAL y 1888,9 kcal/kg ED/kgMS y 7,36% PD en la MS para la HHY. El consumo de las dietas fue influenciado por el tipo de alimento estudiado ($p < 0,05$) donde los tratamientos que tuvieron elevada inclusión de la HHY fueron inferiores, lo mismo ocurriendo con la conversión alimenticia y el rendimiento de carcasa. En la evaluación de la ganancia diaria de peso (GPD) los tratamientos referencia, semi-simplificada con base en HTSRY y semi-simplificada con base en la mezcla de FAL y HHY fueron superiores ($p < 0,05$). No fue observado ($p > 0,05$) efecto positivo de las enzimas exógenas sobre los parámetros de desempeño. Los modelos no lineales Logístico, Gompertz y Von Bertalanffy se ajustaron al crecimiento de los animales, lo que no fue observado con el modelo de Brody. Los parámetros digestivos fueron influenciados por el tipo de dieta estudiada donde dietas con mayor contenido de fibra proporcionaron mayor desarrollo del tracto gastrointestinal. En la evaluación económica, la dieta simplificada con base en HTSRY se mostró como alternativa interesante, presentando una reducción del 4% en el costo de producción de 1 kg de conejo vivo. Los métodos de digestibilidad *in vitro* se mostraron eficientes en la evaluación de los alimentos para conejos e presentaron alta correlación con los resultados *in vivo*.

Palabras clave: enzimas exógenas, modelos no lineales, parámetros digestivos, métodos *in vitro*.

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de coelhos se iniciou no Brasil na década de 60 e ainda hoje não constitui parcela significativa entre as atividades de produção animal. Ainda assim, este animal mostra-se como estratégico, associando grandes vantagens como alta prolificidade, baixo impacto poluidor, alta produtividade em pequeno espaço físico e carne de altíssimo valor nutricional, que são características desejadas atualmente e em tempos futuros.

Para que essa promissora atividade tenha êxito, é essencial a pesquisa por fontes alternativas que proporcionem a formulação de rações de alta qualidade nutricional associadas a custos relativamente baixos, essenciais para maior competitividade. Em tempos futuros, de maior população e escassez de alimentos, ganharão destaque alimentos que não concorram para utilização na alimentação humana. Neste contexto, se destacam as dietas com alta inclusão de alimentos fibrosos sendo denominadas de simplificadas e semi-simplificadas.

A qualidade nutricional de alimentos fibrosos é limitada, sendo essencial a complementação a partir de outros ingredientes para eficiente equilíbrio da dieta. Na atual nutrição animal de precisão, a adição de aditivos estratégicos ganha destaque para redução do caráter antinutricional, melhorias no processo digestivo e redução do potencial poluidor das dietas.

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma planta tuberosa, originária nas Américas Central e Sul, que apresenta imenso potencial para aproveitamento na alimentação humana e animal. Mostra-se como substituta interessante às matérias primas ditas tradicionais para coelhos, tal como o feno de alfafa. Contudo há grande variação genética entre as mais de 3000 cultivares catalogadas. É essencial pesquisar

cultivares que associem alta produção de raiz e parte aérea, além de excelente composição químico- bromatológica.

Outra preocupação é o desenvolvimento de métodos *in vitro* para avaliação dos alimentos, que apresentem baixo custo, praticidade e que reflitam bem os resultados determinados com animais, pois a manutenção de animais vivos é trabalhosa e onerosa.

Esta obra é composta de 8 capítulos sendo o 1º uma revisão bibliográfica para dar suporte aos capítulos posteriores, o 2º os estudos preliminares para avaliação dos fenos de diferentes cultivares de mandioca e da potencialidade da farinha das folhas, o 3º é referente ao estudo da produtividade de raiz e feno e o custo para produção de feno das cultivares selecionadas, o 4º é o estudo da digestibilidade das dietas simplificadas e semi-simplificadas com e sem adição de enzimas exógenas, o 5º se refere ao estudo do desempenho e das características digestivas dos animais que recebiam as dietas experimentais, o 6º e o 7º capítulos apresentam o estudo das metodologias *in vitro* para avaliação dos alimentos para coelhos e o 8º capítulo apresenta as considerações finais.

Assim, este trabalho tem como objetivos avaliar diferentes cultivares de mandioca e verificar a eficiência da utilização de dietas simplificadas e semi-simplificadas na alimentação dos coelhos, com ou sem a adição de enzimas exógenas. Objetiva também comparar metodologias de determinação da digestibilidade *in vitro*.

CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 - Fibra dietética, componentes da parede celular vegetal e estimativa químico-bromatológica.

Materiais como o feno do terço superior da rama da mandioca (FTSRM), farinha das folhas de mandioca (FFM) e feno de alfafa (FAL) são ricos em fibra. O estudo dessa fração alimentar é de extrema importância, pois influencia diretamente a fisiologia digestiva dos animais. Do ponto de vista químico e botânico, a fibra constitui os componentes da parede celular vegetal (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996) sendo constituída de polissacarídeos e as ligninas que não são hidrolizados pelas enzimas endógenas produzidas pelos animais. Para cada espécie, o aproveitamento desta fração alimentar vai depender da peculiaridade morfológica de seu trato gastrointestinal (TGI).

A parede celular vegetal pode ser definida como uma matriz extremamente complexa, composta de polissacarídeos, proteínas, compostos fenólicos, água e minerais. Dentre os polissacarídeos, destacam-se a celulose, as hemiceluloses e as pectinas, sendo esses dois últimos, grupos de diferentes sacarídeos. O grupo de compostos fenólicos mais importante são as ligninas sendo essas substâncias as maiores limitantes à degradação fermentativa dos polissacarídeos da parede celular (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996; Pacciullo, 2002). A forma, tamanho e composição da

parede celular estão relacionados à função da célula em determinado tecido vegetal (McDougall et al., 1996).

A parede celular vegetal pode ser dividida em paredes primária, secundária e terciária, sendo as duas primeiras mais importantes e mais estudadas. A parede terciária constitui uma camada extremamente fina localizada internamente (lado do lúmen) à parede secundária (McDougall et al., 1996; Pacciullo, 2002). A parede primária desenvolve-se juntamente à expansão da célula e é constituída de pectinas, hemiceluloses e microfibrilas de celulose. A separação entre as paredes celulares de células vizinhas se dá através de uma fina camada conhecida por lamela média, composta, principalmente, de substâncias pectínicas (pectinas), que proporcionam ação cimentante entre as células. O avançar da idade da planta é acompanhado pelo espessamento da parede celular secundária e pelo processo de lignificação, o que proporciona maior resistência física da parede celular às forças de tensão e compressão e maior resistência química frente à degradação microbiana. A parede celular secundária é dividida em 3 camadas (S1, S2 e S3) sendo distinguidas pela orientação das microfibrilas de celulose (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996; Pacciullo, 2002). A estabilidade intermolecular é assegurada por interações de “Van Der Waals”, pontes de hidrogênio, interações iônicas e ligações covalentes (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996). A organização da parede celular vegetal pode ser verificada na figura 01.

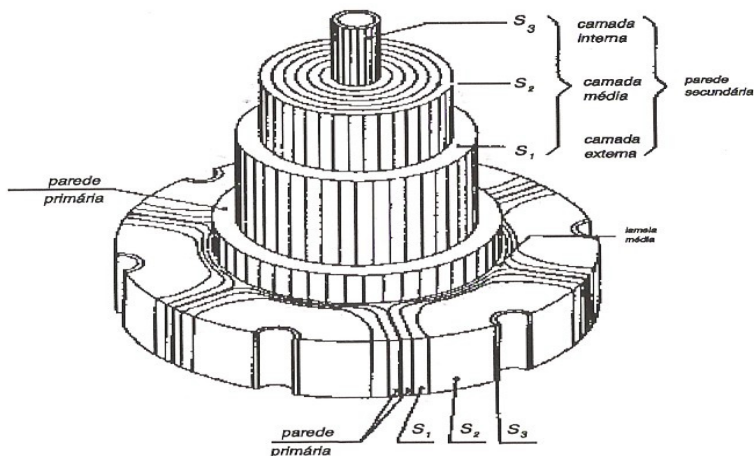


Figura 01 - Representação esquemática da estrutura da parede celular vegetal
Fonte - Ferreira (1994).

Quanto à composição química das frações que compõem a fibra, as hemiceluloses se apresentam como uma mistura de polissacarídeos, com grau de polimerização inferior à celulose. Estes polissacarídeos apresentam ligações glicosídicas β -1,4, sendo xilanos e glucomanos os principais polímeros presentes (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996). As pectinas ou substâncias pécticas são um grupo de substâncias formadas pelo ácido 1,4 β -D-galacturônico, arabinose e resíduos de galactose (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996). Gidenne (2000) afirma que a fração de pectinas é altamente digestível para os coelhos. A celulose representa a maior proporção dentre os componentes da parede celular sendo composta por cadeias lineares de D-Glicose, unidas por ligações β -1,4, sendo altamente polimerizada (acima de 15.000 unidades) e de alto peso molecular (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996). Essa regularidade favorece a estabilidade da rede cristalina, sendo insolúvel em diversos reagentes químicos. Já as ligninas consistem

de variados polímeros condensados de diferentes álcoois fenilpropanóides, sendo o p-cumárico, corifenílico e sinapílico os precursores, além de ácidos fenílicos e p-cumárico (Figura 02). Forma uma estrutura tridimensional, de elevado peso molecular, proporcionando suporte estrutural resistente, sendo sua concentração na planta incrementada com o avançar da idade (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996; Pacciullo, 2002). Em geral o ácido p-cumárico é o que proporciona maior toxidez e menor digestibilidade da parede celular (Pacciullo, 2002). Dietas ricas em ligninas podem proporcionar menor aproveitamento dos minerais da dieta, pois tem alta capacidade de ligação iônica com estes elementos. Gidenne (2000) cita que a ingestão de ligninas (LDA) proporciona uma severa redução da digestibilidade da dieta associada com redução do tempo de retenção da digesta no TGI e com piora na conversão alimentar.

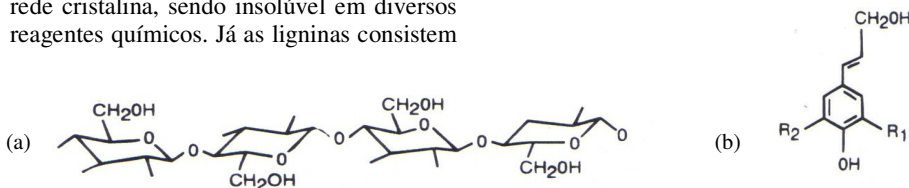


Figura 02 - a) Esquemática de uma microfibrila de celulose (polímero de Glicose unido por ligações β -1,4).
b) Estrutura da molécula de lignina (Onde $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{H}$: álcool p-cumárico; onde $\text{R}_1 = \text{H}$ e $\text{R}_2 = \text{OCH}_3$: álcool corifenílico; onde $\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{OCH}_3$: álcool sinapílico).
Fonte - McDougall et al. (1996)

Pacciullo (2002) discute alguns efeitos na digestão dos animais ruminantes proporcionados pela lignificação da parede celular, sendo: 1) efeito tóxico de componentes das ligninas aos microorganismos ruminais; 2) impedimento físico causado pela ligação lignina-polissacarídeo, que limita o acesso das enzimas fibrolíticas ao centro de reação de um carboidrato específico e 3) limitação da ação de enzimas hidrofílicas causada pela hidrofobicidade criada pelos polímeros de ligninas, sendo o segundo fator o mais importante. Para animais não ruminantes, um quarto efeito ganha destaque que é a elevação da taxa de passagem, o que proporciona menor tempo de ação das enzimas e menor tempo de absorção, que pode provocar redução na digestibilidade dos nutrientes. A lignificação é então o principal motivo para redução da digestibilidade da parede celular vegetal.

Na parede celular vegetal há também outras substâncias de baixa concentração, mas que podem proporcionar efeito significativo no comportamento digestivo das demais frações da fibra. A sílica participa como elemento

estrutural, associada às ligninas. A cutina tem natureza lipídica, estando relacionada à proteção dos tecidos vegetais. Já os taninos são polímeros fenólicos (500 a 3000 unidades), de alto peso molecular que podem formar estruturas estáveis com as proteínas, indisponibilizando-as no TGI, reduzindo sua digestibilidade, além da inibição de enzimas digestivas (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996). Os taninos também são adstringentes provocando redução da lubrificação do alimento ingerido com conseqüente redução voluntária da ingestão de alimentos. Além dessas substâncias há também proteínas estruturais (extensina), de natureza glicoprotéica, com cerca de 50% de proteínas de composição incomum, apresentando cerca de 40% de hidroxiprolina além de altas quantidades de lisina e serina (McDougall et al., 1996). Grande parte dessa proteína está fortemente ligada à parede celular vegetal, sendo de difícil aproveitamento. A atividade cecotrófica é essencial para incrementar o aproveitamento dessa parcela alimentar (Carabaño e Piquer, 1998). A tabela 01 apresenta a extensão da digestibilidade das frações fibrosas para os coelhos.

Tabela 01
Digestibilidade fecal aparente das frações da fibra dietética:

Fração da fibra	Média da digestibilidade (%)
Celulose (FDA – LDA)	15 – 18
Hemiceluloses (FDA – FDN)	25 – 35
Pectinas (Acido urônico total)	70 – 76

Fonte - Adaptado de Gidenne et al,(1998).

Para estimativa dos componentes da parede celular foram propostos vários métodos. Inicialmente, no século XIX, na estação experimental de Wende, foi desenvolvida a análise de fibra bruta que consistia de soluções ácida e básica para hidrolização do conteúdo celular. Esta metodologia, sempre foi muito questionada, havendo solubilização de parte das hemiceluloses e ligninas, subestimando o conteúdo real de fibra. O termo fibra bruta não quantifica assim uma fração de características

definidas, pois o conteúdo de substâncias diferentes, contido nessa fração, pode variar entre partes diferentes da planta ou entre plantas, sendo nutricionalmente inadequado (Ferreira, 1994; Van Soest, 1994; Silva e Queiroz, 2002). Assim, Van Soest (1963) desenvolveu o sistema de extração por detergentes, extensamente aceito por sua rapidez, baixo custo e aplicabilidade. A fibra em detergente neutro (FDN) é o resíduo após a extração, a quente, com o detergente neutro proposto pelo autor, e quantifica a

parede celular vegetal composta principalmente por celulose, hemiceluloses e ligninas, havendo solubilização do conteúdo celular e das substâncias pécnicas. Já a fibra em detergente ácido (FDA) quantifica o conteúdo de ligninas e celulose, como frações majoritárias, sendo que, para os coelhos, esta fração é considerada indigestível (Ferreira, 1994). É indicado se proceder a análise de FDA seqüente à análise de FDN, a fim de se eliminar substâncias indesejáveis na quantificação da FDA, como o resíduo de substâncias pécnicas parcialmente solúvel ao detergente ácido. A fração de ligninas é quantificada como lignina em detergente ácido (LDA), que consiste no tratamento do resíduo de FDA por $KMNO_4$, sendo quantificada através da perda de peso (Van Soest et al., 1991). Um procedimento alternativo consiste em submeter o resíduo de FDA ao H_2SO_4 72% por três horas, havendo solubilização do conteúdo de celulose. Após a calcinação da amostra, as ligninas são determinadas pela diferença.

Recentemente foi proposta a utilização das análises de NIDA (nitrogênio insolúvel em detergente ácido) e NIDIN (nitrogênio insolúvel em detergente neutro) as quais são um indicativo da quantidade de proteína lignificada, de difícil acesso às enzimas animais. Estes métodos consistem, basicamente, em se determinar o nitrogênio total do resíduo após a extração pelos detergentes.

1.2 - Importância da fibra na alimentação e estratégias nutricionais dos coelhos

O processo digestivo dos coelhos, assim como outros herbívoros não ruminantes como o equino, é baseado na adaptação evolutiva para utilização eficaz dos alimentos vegetais. Há alta capacidade de ingestão, acompanhada de amplo trânsito

intestinal (Ferreira, 1994, De Blas et al., 2002). Animais ruminantes, quando ingerem alimentos com alto conteúdo fibroso e altamente lignificados, reduzem sua taxa de passagem, o que proporciona queda na ingestão de alimentos. Já os coelhos, permanecem ingerindo altas quantidades de alimentos, mesmo de baixo valor nutricional, o que sugere vantagem evolutiva desses animais (Cheeke et al., 1986).

Mesmo ingerindo altas quantidades de fibra, esta fração alimentar não é bem aproveitada pelo coelho (Cheeke et al. 1986; Gidenne, 2000). Herrera et al. (2001) percebeu que a digestibilidade fibrosa é inferior quando comparada à obtida em animais ruminantes e equinos. Algumas frações fibrosas não são bem digeridas, em função da alta taxa de passagem do bolo alimentar pelo TGI. A importância da fibra, principalmente de sua fração de FDA, esta relacionada ao correto funcionamento do TGI, apresentando função de lastro, evitando transtornos intestinais, pois o aparelho digestivo desse animal apresenta hipomotilidade (Cheeke et al. 1986; Carabaño et al. 1988, Ferreira, 1994; Carabaño e Piquer, 1998; Gidenne, 2000; Herrera et al., 2001; De Blas et al., 2002; Faria et al., 2008). Níveis baixos de FDA estão associados com elevados tempos de retenção, baixa motilidade, fermentações indesejáveis e proliferação de bactérias patogênicas que proporcionam diarreias, enterites, diminuição do crescimento e aumento na mortalidade. Também dietas altamente digestíveis não são desejáveis, sendo consumidas em menor quantidade, permanecendo maior tempo no TGI, reduzindo o consumo, que prejudica a taxa de crescimento, além da pré-disposição aos transtornos mencionados. A fibra também é importante para estimular a renovação do epitélio intestinal, sendo que células jovens apresentam maior eficiência na absorção de nutrientes (Santos et al., 2004).

O coelho não digere e aproveita as ligninas, sendo essa importante para garantir a taxa de

passagem, evitando tempo excessivo de permanência no ceco. Este efeito proporcionado é mais importante que o proporcionado pela celulose, sendo essa também importante na prevenção de transtornos digestivos. O equilíbrio entre ligninas e celulose também é um fator importante nas dietas para esses animais e a redução dessa relação pode favorecer o aparecimento de desordens digestivas (Gidenne, 2000).

Fibra solúvel e partículas finas proporcionam maior conteúdo cecal. Já partículas de maior tamanho e mais lignificadas proporcionam menor conteúdo. Deve-se haver um mínimo de fibra indigestível para evitar os transtornos intestinais (De Blas et al. 2002). Gidenne (2000) cita que uma fina moagem (< 1mm) proporciona maior tempo de retenção no ceco, não proporcionando melhora nos coeficientes de digestibilidade. Somente partículas de pequena granulometria (0,25mm) proporcionam melhora significativa. Deve haver equilíbrio entre as frações grossa e fina da fibra, a fim de se proporcionar quantidade suficiente de material para funcionamento correto do ceco e garantir a taxa de passagem adequada, evitando transtornos digestivos. Gidenne (2000) cita que somente uma taxa muito baixa de partículas grossas (<25%) poderia causar efeitos negativos no desempenho dos animais. Na prática, essa situação é de difícil ocorrência. A redução do tamanho das partículas favorece a retenção cecal. Partículas de maior tamanho são importantes na prevenção de enterites, além de favorecer um maior aumento na taxa de passagem. Outro importante aspecto da fibra é a sua densidade e capacidade de absorção de água. O FAL é um alimento com alta capacidade de absorção, podendo influenciar a capacidade de ingestão do coelho (Cheeke et al., 1986).

Ferreira (1994) e Gidenne (2000) verificaram que o parâmetro fibra

indigestível é a melhor definição para as necessidades do coelho. A fração de FDA é o melhor estimador de fibra indigestível para este animal, assim como para predição do valor energético da dieta, apresentando correlação negativa. Herrera et al. (2001) indicam os valores entre 18 e 24% de FDA na dieta. Gidenne (2000) propõe a quantidade mínima de 19% até os 45 dias e 17% dos 46 dias ao final do período de engorda. Esse autor acrescenta ainda que deverá conter acima de 12% de hemiceluloses, até os 45 dias, e 10% após esse período. A relação entre a fibra digestível (FD) (hemiceluloses e pectinas) e a considerada indigestível (FDA ou lignocelulose) também é importante, devendo ser menor que 1,3. Gidenne (2000) informa que quando o amido é substituído por FD, o desempenho não é grandemente afetado, pois essa fração alimentar é bem utilizada pelos coelhos em crescimento.

O TGI dos coelhos é adaptado para proporcionar o máximo aproveitamento de alimentos de baixo valor nutricional. O ceco do animal representa por volta de 50% do volume do sistema digestivo (De Blas et al., 2002). No intestino grosso, propriamente no início do cólon, há movimentos peristálticos próprios que direcionam partículas de maior tamanho e menos densas para o cólon, que irão compor as fezes duras e ser rapidamente excretadas pelo animal. Os fluidos e partículas de menor tamanho (< 0,3mm) e mais densas são direcionados ao ceco, em um movimento retrógrado, permanecendo nesse compartimento por tempo prolongado, sofrendo fermentação microbiana. Esse material retido no ceco, será consumido pelo animal diretamente no ânus (cecotrofia). Carabaño et al. (1988), utilizando dietas com diferentes proporções de fibra, perceberam que o conteúdo fibroso do material cecal foi baixo, mesmo quando o animal recebia ração altamente fibrosa, o que sugere eficiente mecanismo de separação de partículas no intestino grosso.

Os cecotrofos são então reingeridos pelo animal, sofrendo nova digestão, o que proporciona maior eficiência na utilização de alguns princípios nutritivos (Cheeke et al. 1986, Carabaño et al. 1988; Carabaño e Piquer, 1998; Gidenne, 2000; De Blas et al., 2002). A cecotrofia também é extremamente importante para incrementar a digestibilidade da fração protéica de alimentos fibrosos, ou de outros nutrientes não digeridos, sendo um mecanismo de adaptação às difíceis condições ambientais, particularmente alimentares. Segundo Carabaño e Piquer (1998) os principais constituintes dos cecotrofos são as proteínas, fibra, ácidos graxos voláteis (AGVs), minerais (magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cloro, sódio e potássio) e vitaminas (ácido nicotínico, riboflavina e ácido pantotênico e cianocobalamina).

O consumo de alimento ocorre principalmente nos períodos vespertino e noturno. Pela manhã, o ceco do animal se esvazia para a ingestão dos cecotrofos (De Blas et al., 2002). O gráfico 01 apresenta a produção de cecotrofos, de fezes duras e ingestão de alimentos ao longo do dia. Pode-se observar que, nas condições ambientais consideradas por Carabaño e Piquer (1998), após as 15 h o coelho aumenta sua ingestão alimentar, permanecendo bastante ativo durante a noite. As fezes duras são produzidas principalmente no período noturno e os cecotrofos são ingeridos em maior quantidade após as 9 h da manhã. Conforme as condições ambientais, podem haver alterações nos períodos citados anteriormente.

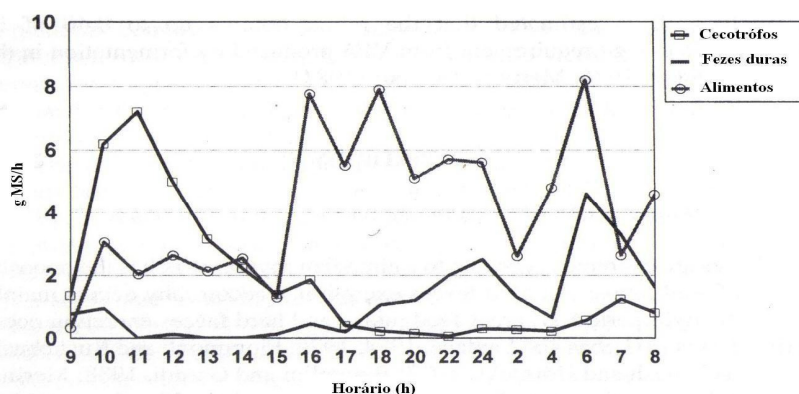


Gráfico 01 – Produção de cecotrofos e fezes duras e ingestão de alimentos pelos coelhos ao longo do dia
Fonte: Carabaño e Piquer (1998)

Pela ação dos microorganismos fecais, em ambiente anaeróbico, há fermentação de alguns nutrientes, principalmente carboidratos, havendo a formação de AGVs (Carabaño et al. 1988; Carabaño e Piquer, 1998; Gidenne, 2000). Herrera et al. (2001) citam que a fração solúvel da parede celular, composta principalmente por pectinas, pentosanas, β -glucanas e oligossacarídeos, é

degradada em maior intensidade. O tempo de fermentação é relativamente curto, de cerca de 10 horas.

Em condições normais, as proporções dos principais AGVs produzidos no ceco dos coelhos são da ordem de 60-70% acético, 10-15% propiônico e 15-20% butírico (Carabaño e Piquer, 1998). Carabaño et al.

(1988) trabalharam com dietas com diferentes níveis de FB e amido, encontrando a proporção média de 71,5; 5,5; 17,0; 1,6 e 4,4% para os ácidos acético, propiônico, butírico, isobutírico e valérico respectivamente. Estes ácidos são absorvidos pela mucosa cecal e participam do metabolismo energético. Ferreira (1994) cita que a contribuição desses AGVs pode satisfazer 38% das exigências de manutenção dos coelhos. Grande parte dos AGVs produzidos, principalmente butírico, são utilizados para garantir a integridade da própria mucosa intestinal (Carabaño et al. 1988; De Blas et al., 2002).

Além da energia, a atividade cecotrófica oferece grande aporte de outros nutrientes aos coelhos. De Blas et al. (2002) perceberam que a proporção de proteína bruta dos cecotrofos é alta (entre 23 e 33% na MS), sendo, aproximadamente, metade de origem microbiana, o que pode representar 15% das necessidades protéicas e maior conteúdo nas necessidades de lisina e treonina. É também importante na reciclagem de vitaminas K e complexo B, minerais e liberação de parte do fósforo

fítico. A amônia (NH₃) é o principal produto do catabolismo do nitrogênio no ceco, bem como a principal fonte para síntese de proteína microbiana (Vieira, et al. 2003).

Os componentes da parede celular vegetal constituem o principal substrato que chega ao intestino grosso, exercendo forte influência sobre a massa bacteriana e sua atividade enzimática. Com o aumento da fibra na dieta, o conteúdo de microorganismos pode aumentar (Ferreira, 1994). No coelho adulto, a população microbiana cecal é predominantemente formada por bactérias, gram negativas, não esporuladas do gênero *Bacillus* sp, com uma concentração entre 10⁹ e 10¹² bactérias por grama de conteúdo cecal (Ferreira, 1994; De Blas et al. 2002, Euler, 2009). Euler (2009) percebeu que há dominância de grupo de Eubactéria, dentre os microorganismos. Essa flora cecal é estabelecida após o início da ingestão de alimentos sólidos, o que é verificado quando os láparos saem do ninho, a partir dos 18 dias de idade. O gráfico 02 apresenta a evolução da flora microbiana em coelhos jovens.

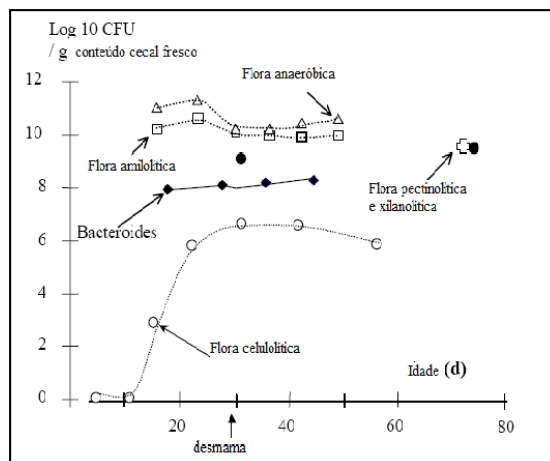


Gráfico 02 – Evolução da colonização de microorganismos em coelhos jovens.
Fonte: Gidenne e Licois, 2005

Carabaño et al. (1988) realizaram experimento avaliando diferentes níveis de fibra e amido sobre os parâmetros cecais de coelhos. Os principais resultados foram: 1) Os níveis de fibra do conteúdo cecal, cecotrofos e fezes duras aumentaram conforme aumento no conteúdo de FB da dieta, além de maior quantidade de fezes duras excretada por dia; 2) O teor de proteína bruta dos cecotrofos foi reduzido à medida que se aumentou a quantidade de fibra da dieta; 3) A concentração de AGVs no ceco foi diminuída ao se aumentar os níveis de FDA, não havendo diferença entre as proporções de AGVs produzidos. Houve tendência a demonstrar que quanto maior o nível de FDA da dieta, maiores são as proporções dos ácidos acético e propiônico e menor a de butírico; 4) A excreção diária de cecotrofos foi afetada pelo nível de fibra da ração. Animais que receberam dietas menos fibrosas (9,8% de FDA) excretaram 14,98g MS/dia enquanto animais que receberam dietas com maior conteúdo fibrosos (32,7% de FDA) excretaram 29,59g MS/dia; 5) Em dietas com nível de fibra abaixo do recomendado, somente uma pequena porção do conteúdo cecal é removida diariamente, o que favorece a proliferação de microorganismos indesejáveis; 6) O nível de fibra é o principal parâmetro que influencia o conteúdo de proteína bruta no ceco. Taxas altas de fibra proporcionam menor quantidade de energia disponível para crescimento microbiano o que pode ser confirmado pela menor concentração de AGVs observada; 7) O nível de NH_3 não foi afetado pelo tipo de dieta, pois todas elas continham conteúdo mínimo de proteína bruta (14,7%) para crescimento microbiano. 8) A contribuição do cecotrofos, no conteúdo total de matéria seca ingerida e proteína bruta ingerida, foi maior para dietas com maior nível de fibra.

Vieira et al. (2003) avaliaram a influencia da granulometria (DGM: 0,231; 0,506; 0,616 e 0,833) do bagaço de cana sobre o peso e volume do sistema digestivo. Houve efeito

linear sobre a produção de NH_3 , pois maiores partículas proporcionam maior taxa de passagem com maior quantidade de proteína não digerida chegando ao ceco. Não foi observada influência do tamanho da partícula sobre o peso do sistema digestivo cheio, sistema digestivo vazio, conteúdo do sistema digestivo, ceco cheio, ceco vazio e conteúdo cecal, embora se observou tendência a demonstrar a ocorrência de maiores valores de peso com menores tamanhos de partículas. Houve efeito linear do DGM para todas as variáveis avaliadas, afetando positivamente a produção de cecotrofos, contribuição de matéria seca e a contribuição de proteína bruta pelos cecotrofos. Partículas mais finas proporcionam maior tempo de retenção no ceco, diminuindo a renovação dos constituintes cecais. Quanto à composição química dos cecotrofos, não houve variação entre os tratamentos.

Santos et al. (2004), perceberam que o aumento no conteúdo de fibra proporciona redução da digestibilidade dos princípios nutritivos como MS e EB, o que muitas vezes não é observado para a digestibilidade da PB, sendo o coelho altamente eficiente no aproveitamento deste último princípio nutritivo, provindo de materiais de baixo valor nutricional. Aumentando o nível de FDA das dietas, e com menor relação amido/fibra, para animais em crescimento, foi observada melhoria no ganho de peso dos animais.

1.3 - A cultura e planta da mandioca

A mandioca é uma planta originária do Brasil. Carvalho (1994) e Otsubo (2004) citam que quando os portugueses aqui chegaram, já encontraram essa planta na lavoura indígena, tendo alto potencial para a produção de alimentos armazenáveis, associado à rusticidade e facilidade de cultivo. Conforme relatado por Silva e Ferreira Filho (2007) a mandioca constitui

de recurso de extremo valor nos trópicos, pois apresenta características agronômicas que permitem sua exploração não só em condições de alto nível tecnológico, mas também em situações de deficiência de insumos.

A planta pode ser dividida em parte aérea (hastes e folhas) e parte subterrânea (raízes tuberosas e feculentas). Gomes et al. (2002) citam que para humanos, os produtos mais utilizados são a farinha de mesa, goma, fécula ou polvilho doce, mandioca frita ou cozida. A mandioca também pode ser utilizada na alimentação animal, sendo os principais subprodutos a raspa integral, apara, farinha de raspa, farinha de varredura, casca desidratada e a parte aérea sob as formas fenada e ensilada.

É uma planta da família das Euphorbiaceae e do gênero *Manihot*, herbácea quando nova, lenhosa, sub-arbustiva e arbustiva na maturidade, com altura variando de um a cinco metros, podendo ser ramificadas ou não (Carvalho, 1983; Carvalho, 1994).

Tem enorme importância econômica e social, participando diretamente da atividade de agricultura familiar, empregando milhões de pessoas direta ou indiretamente, além da alimentação de famílias de baixa renda, pois é fonte de energia a baixo custo. Apresenta grande potencial produtivo sendo o rendimento por hectare superior ao do milho (Otsubo, 2004). A parte aérea (rama) da mandioca é muitas vezes deixada nos campos e constitui um alimento de boa qualidade para a alimentação animal, que poderia ser melhor aproveitada. Faltam

equipamentos específicos que facilitem a colheita da rama, há amplo desconhecimento de sua qualidade nutritiva para os animais além de falta de esclarecimento sobre a facilidade de redução da sua toxidez (Costa et al., 2005). As folhas são freqüentemente utilizadas na alimentação humana, principalmente em programas de desnutrição infantil, devido à sua riqueza em proteína, minerais e vitaminas (Flores, 1998; Wobeto et al., 2006; Silva e Ferreira Filho, 2007). Phuc e Lindberg (2000) citam que devido a déficits regionais de fontes protéicas e energéticas, nos trópicos, os pesquisadores têm trabalhado com fontes alternativas para animais não ruminantes onde a mandioca tem ampla aplicabilidade.

O Brasil se destaca como maior produtor do continente americano, mesmo apresentando produção estagnada nos últimos anos. Nos anos de 2007 e 2008 foram produzidas anualmente mais de 26 milhões de toneladas. Entre as unidades da federação, os maiores produtores de mandioca são o Pará, Bahia e Paraná que juntos respondem por cerca da metade da produção brasileira (IBGE, 2009). Há grande diferença entre a produtividade por hectare entre as regiões brasileiras. O sul, sudeste e centro oeste apresentaram os maiores rendimentos, com 20, 18 e 17 t/ha no ano de 2008. Já as regiões norte e nordeste obtiveram rendimento de 15 e 11 t/ha, no mesmo ano. O estado de São Paulo apresenta maior rendimento, apresentando produtividade de 24 t/ha. O estado de Minas Gerais apresentou, no ano de 2008, 889038 toneladas produzidas, distribuídas numa área de 57800 ha, com rendimento de 15 t/ha.

Tabela 02
Produção de mandioca* nas regiões brasileiras nos anos de 2007, 2008 e 2009

Região	2007	2008	2009**
Nordeste	10.009.236	9.869.056	9.421.388
Norte	7.582.659	7.281.274	7.534.766
Sul	5.377.114	5.248.156	5.859.805
Sudeste	2.440.340	2.340.793	2.401.137
Centro Oeste	1.511.172	1.597.373	1.359.656
Total Brasil	26.920.521	26.336.652	26.576.752

* Produção em toneladas

** Previsão

Fonte: IBGE (2009)

Quanto à produção mundial de mandioca, o continente africano é o maior produtor se destacando os países Nigéria e Congo que juntos contribuem com, aproximadamente, a metade da produção da África. Neste mesmo continente, o baixo nível tecnológico empregado na atividade, além da alta incidência de doenças e pragas, são os principais problemas agrônômicos observados, sendo amplamente cultivada como complemento alimentar ou em substituição ao arroz (Otsubo, 2004). Na Ásia, a maior parte da produção, provém da Tailândia e Indonésia. Neste continente a maior parte da mandioca é destinada à industrialização. Os problemas relatados no continente africano são observados em menor escala na Ásia que tem a maior produtividade por hectare a nível mundial. O continente sul-americano apresenta problemas semelhantes aos encontrados no continente africano, apresentando maior ocorrência de perdas como o apodrecimento de raízes em regiões úmidas. No ano 2000, o Brasil era o segundo produtor mundial, atrás

apenas da Nigéria. Atualmente, países como a Índia se destacam também no cenário mundial. Em alguns países da América Latina, existe grande dependência da importação de produtos de origem vegetal para a alimentação animal e a mandioca se apresenta como fonte alternativa de proteína e energia.

Da parte aérea da mandioca podem ser extraídos diferentes produtos para a alimentação animal. As folhas têm excelente valor nutritivo, mas baixo rendimento na colheita. Já o caule apresenta amplo rendimento, porém baixo valor nutricional, sendo rico em ligninas. Assim, vários pesquisadores trabalharam com o terço superior que associa produtividade e qualidade nutricional (Carvalho, 1986; Carvalho, 1993b; Scapinello et al. 1999; Herrera, 2003, Carvalho et al. 2006; Machado, 2006; Fariol et al., 2008). A planta de mandioca, bem como sua divisão, são apresentadas na figura 03.

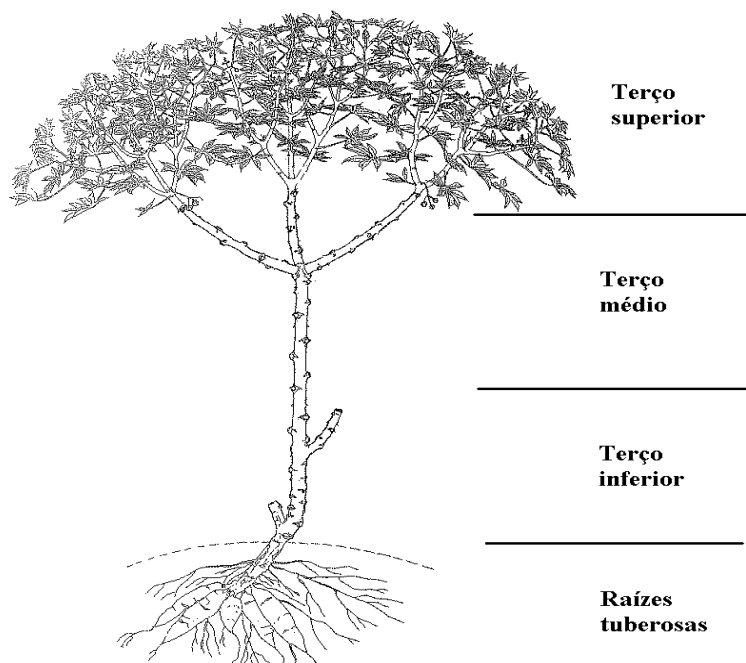


Figura 03 - Divisão da planta da mandioca

A produção de raiz normalmente é o principal objetivo do plantio de mandioca. Há também a modalidade de plantio adensado onde o principal intuito é a colheita de parte aérea, sendo as plantas espaçadas entre si em menor distância (0,50

a 0,70 m) e cortadas a cada três ou quatro meses, quando atingem a altura de 1,2 mts (Silva e Ferreira Filho, 2007; Veloso et al., 2008). A figura 04 mostra a colheita desse material para futura utilização na alimentação humana e animal.



Figura 04 – Colheita da biomassa de mandioca obtida sob plantio adensado
Fonte: Silva e Ferreira Filho (2007).

Sendo uma planta genuinamente brasileira, que evoluiu sob variadas condições edafoclimáticas, há grande variabilidade de seu material genético. No Brasil já existem mais de 3000 cultivares de mandioca catalogadas (Otsubo, 2004).

1.4 - Fatores antinutricionais presentes na mandioca

A avaliação da qualidade nutricional de um alimento também compreende o estudo das substâncias antinutricionais presentes, pois as mesmas podem interferir na digestão e absorção dos nutrientes ou apresentar toxicidade (Wobeto et al., 2007).

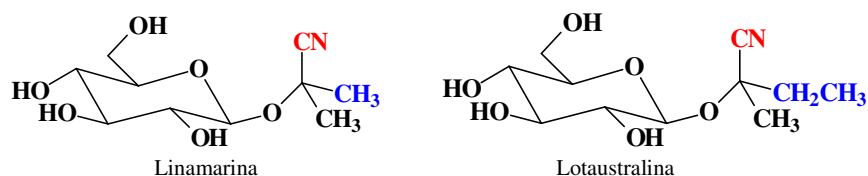


Figura 5- Glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca (Cereda e Vilpoux, 2003)

Vários autores relataram a redução do teor de ácido cianídrico, a níveis seguros, quando as hastes foram desidratadas (Carvalho, 1978; Carvalho, 1983; Almeida, 1990; Gomes e Dotoni, 1990; Carvalho, 1994; Butolo, 2002; Gomes et al. 2002; Ferreira Filho et al., 2004; Quiñónez et al., 2007). Carvalho (1978) cita métodos para eliminação dos glicosídeos cianogênicos, precursores do HCN na planta da mandioca. Por imersão em água os glicosídeos presentes na raiz, podem ser solubilizados, a enzima linamarase pode ser inativada pela alta temperatura e o ácido cianídrico produzido pode ser volatilizado.

No processo de secagem, a temperatura inicial não deve ser alta, pois poderá ocorrer a desnaturação das enzimas envolvidas,

Segundo diversos autores (Carvalho, 1983; Lorenzi et al., 1993; Ferreira e Donzele, 1994; Carvalho, 1994; Butolo, 2002; Cereda e Vilpoux, 2003; Otsubo, 2004) a planta da mandioca apresenta os glicosídeos cianogênicos linamarina e lotaustralina (Figura 5), os quais são potencialmente tóxicos, pois podem gerar o composto tóxico ácido cianídrico (HCN), através de uma seqüência de reações. O teor dos compostos cianogênicos na planta, auxilia na classificação das cultivares em mansas (macaxeiras, mandioca doce ou de mesa), moderadas e bravas (amargas, tóxicas ou industriais).

impossibilitando a degradação dos glicosídeos cianogênicos e posterior evaporação do HCN, o qual é volátil a 26°C. A formação deste ácido acontece após duas reações (Figura 6), na primeira reação ocorre a hidrólise dos glicosídeos cianogênicos formando glicose e α -hidroxinitrilas pela ação da enzima linamarase (Figura 6a), posteriormente as α -hidroxinitrilas são convertidas espontaneamente a cianeto e cetonas em pH maior do que 5 ou pela ação da enzima hidroxinitrila liase (Figura 6b) (Cereda e Vilpoux, 2003).

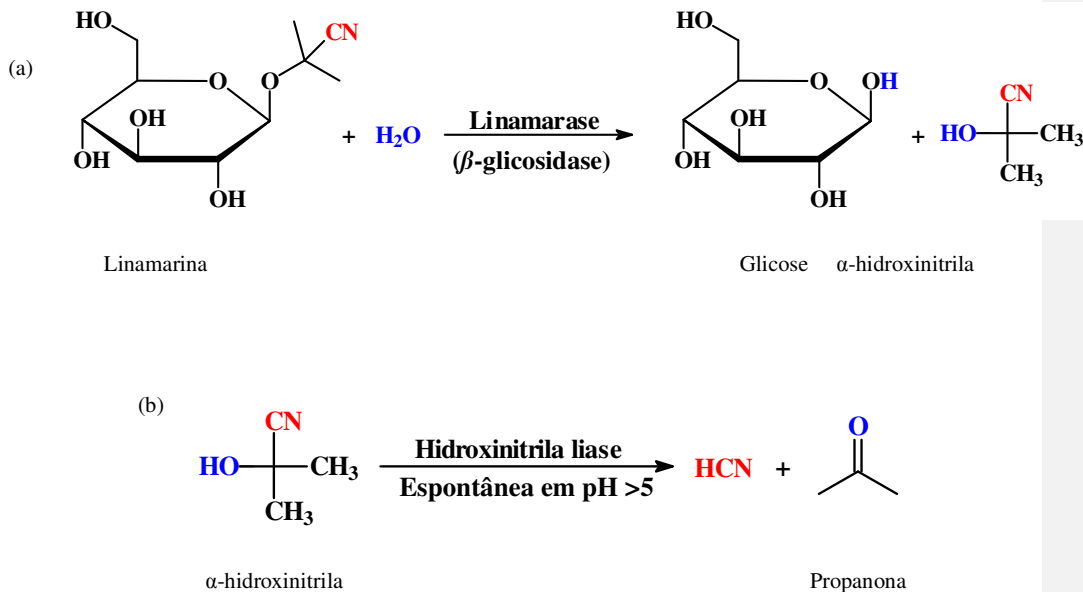


Figura 6 – Ação das enzimas responsáveis pela liberação do cianeto (Cereda e Vilpoux, 2003).

Carvalho (1978) e Gomes e Dotoni (1990) citam que a ação da enzima linamarase é iniciada pela destruição da estrutura celular, propiciando o contato enzima-substrato. Gomes e Dotoni (1990) explicam que a ingestão do HCN inibe a enzima oxidase terminal na cadeia respiratória causando asfixia e até morte ao animal, bem como há possibilidade da apresentação de distúrbios neurológicos e inibição da atividade da glândula tireóide. Assim, a propriedade tóxica da mandioca é atribuída ao seu potencial produtor de HCN.

Carvalho (1978), Lorenzi et al. (2003) e Wobeto et al. (2007) informam que as funções dos glicosídeos cianogênicos são as de proteger a planta contra ataques de insetos além dos produtos formados poderem ser utilizados na respiração ou incorporação de aminoácidos. A quantidade de linamarina no caule é maior quando se aproxima das folhas. Quanto à raiz, a quantidade desse glicosídeo é maior no córtex quando comparada às partes internas.

Tal informação é confirmada por Michelan et al. (2006) que observaram que a casca de mandioca desidratada apresenta grande concentração de HCN (220,80 ppm). Nesse experimento, a autora observou que o ganho de peso dos animais (coelhos) foi prejudicado. Butolo (2002) cita que o organismo animal gasta íons de enxofre, provenientes da metionina, para a desintoxicação frente ao HCN, formando tiocinato.

Jesus et al. (1986) trabalharam avaliando o teor de compostos cianogênicos nas folhas e raízes de dez cultivares de mandioca no primeiro ciclo, do 5° ao 10° mês após o plantio. Foi observado que o conteúdo dessas substâncias nas folhas era maior aos cinco meses de idade. Dentre as cultivares estudadas, a denominada ROSA apresentou menor teor de HCN nas folhas durante o ciclo estudado.

Avaliando a influência de diferentes formas de desidratação das folhas e raízes da

mandioca sobre a composição química, Quiñónez et al. (2007) procederam a secagem em quatro diferentes formas, sendo pátio de secagem (PS), quarto de secagem com teto de vidro (QS), estufa (E) e túnel de secagem (TS), utilizando as temperaturas de secagem de 25, 40, 65 e 183°C respectivamente. Para a raiz não foram observadas diferenças para os conteúdos de MS, amido e açúcares redutores. A porcentagem de açúcares totais aumentou com o aumento da temperatura, devido à maior eficiência de secagem, o que pode prejudicar a qualidade nutricional, quando excessiva. Todos os tratamentos reduziram eficientemente o teor de HCN das mandiocas sendo os valores mais baixos proporcionados pelas altas temperaturas. Para a folhagem, não foram observadas diferenças para os níveis de MS, PB e FDN após a secagem. Foi observada diferença onde as folhas secas ao pátio perderam menos HCN em comparação aos demais tratamentos, mas ainda assim apresentaram níveis aceitáveis. Assim, todos os processos se mostraram eficientes para redução dos conteúdos de HCN e a alta temperatura prejudicou o valor nutricional dos carboidratos.

A planta da mandioca não apresenta somente o fator antinutricional descrito acima. Flores (1998) e Wobeto et al. (2007) destacam outros fatores que podem estar presentes nas folhas da mandioca, sendo eles:

- a) ácido oxálico: reduz a disponibilidade de cálcio e outros minerais.
- b) nitrato: participa na formação de compostos carcinogênicos além de poder causar intoxicação.
- c) hemaglutininas ou lectinas: podem aglutinar hemáceas e células da mucosa intestinal.
- d) saponinas: têm atividade hemolítica, além de influenciar na absorção de alguns nutrientes.
- e) fitatos: podem causar prejuízo potencial, pois o ácido fítico tem a capacidade de

complexar várias substâncias como proteínas e minerais na dieta, além de indisponibilizar o fósforo contido nos alimentos para animais.

f) polifenóis: O tanino, assim como outros compostos polifenólicos é indesejável, pois são capazes de reduzir a digestibilidade das proteínas. Podem causar sensação de adstringência e complexação de aminoácidos.

Faria et al. (2008) chamou atenção para o fato da baixa digestibilidade da dieta simplificada a base do FTSRM, fornecida para coelhos, ter sido proporcionada, em parte, por taninos, o que já fora evidenciado anteriormente por Scapinello et al. (2000). Corrêa et al. (2004) avaliaram a farinha das folhas de mandioca desidratada e encontraram 63,77 mg de ácido tânico/g de MS. Nesse trabalho os autores verificaram que o tanino prejudica a digestibilidade da proteína neste co-produto da mandioca. Os autores verificaram também que existem solventes eficientes para redução do potencial antinutricional. Naquele trabalho a digestibilidade *in vitro* da proteína bruta foi incrementada em 22,93 a 74,37%, conforme o solvente empregado.

Fonseca et al. (2000) e Silva et al. (2000) citam a ocorrência de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) nos subprodutos da mandioca como a farinha da raiz e farinha das folhas. Essa fração do alimento aumenta a viscosidade da digesta, o que proporciona redução na digestibilidade dos nutrientes.

A tabela 03 apresenta a concentração de alguns fatores antinutricionais encontrados nas folhas de mandioca.

Tabela 03
Fatores antinutricionais presentes na folha de mandioca desidratada

Fatores antinutricionais	Teor na folha de mandioca desidratada
Fenólicos (%)	0,65
Taninos (%)	0,1
Inibidores de tripsina	ND
Inibidores de amilase	ND
Cianeto (ppm)	85,17
Cianeto após 1 mês (ppm)	0,02
Ácido fítico (%)	0,35

ND = não detectado
Extraído de Flores (1998)

Nas pesquisas de Wobeto et al. (2006) e Wobeto et al. (2007) foram estudados os teores de alguns nutrientes e antinutrientes na farinha das folhas de seis cultivares de mandioca, em três idades da planta sendo aos 12, 15 e 17 meses pós-plantio. As análises realizadas no material foram proteína bruta, β -caroteno, cinzas, vitamina C, minerais, nitrato, hemaglutinina, cianeto, polifenóis, oxalato, inibidor de tripsina e saponina. Foi destacada a cultivar IAC-289, aos 12 meses, que apresentou menores teores de antinutrientes além de níveis apreciáveis de proteína bruta, β -caroteno e minerais. Também foi observado que aos 12 meses, os níveis de antinutrientes, exceto hemaglutinina e nitrato, são menores e que os níveis de proteína bruta, β -caroteno e minerais são maiores. Carvalho et al. (1993a) estudaram a variação dos níveis de compostos fenólicos na rama da mandioca, de três cultivares, em função da idade da planta. Foi observado que nas folhas os valores mais baixos foram conseguidos aos 12 meses. Quanto ao terço superior, os menores valores foram observados aos 11 e 12 meses para todas as cultivares. Os autores destacaram a cultivar ENGANA LADRÃO, pelos baixos níveis desses fatores antinutricionais. Também foi aos 12 meses que Costa et al. (2005) obtiveram o maior rendimento de matéria seca total e de folhas em diferentes cultivares de mandioca.

1.5 - Valor nutricional da parte aérea da mandioca

A parte aérea da mandioca, forragem ou rama é toda a parte da planta que está acima do solo. No entanto, a grande maioria dos pesquisadores trabalha somente com o terço superior, sendo um material de valor protéico elevado e de menor conteúdo fibroso, de composição semelhante à forrageiras de qualidade nutricional reconhecidas. Segundo Pacciullo (2002), os tecidos que participam da sustentação da planta possuem células densamente agrupadas, com paredes espessadas e lignificadas. Já os tecidos relacionados ao processo de fotossíntese são ricos em cloroplastos, apresentando células com parede delgada e não lignificada.

Carvalho (1983) chama atenção para o fato da grande aceitabilidade da parte aérea da mandioca, seja sob a forma *in natura*, feno, silagem ou peletes. Este material é riquíssimo em proteína bruta sendo muitas vezes deixado nos campos devido à maioria dos produtores acreditar ser uma planta venenosa, desconhecendo seu uso, além da falta de equipamentos específicos que facilitem a sua colheita (Carvalho, 1994; Almeida 1990).

Carvalho (1994), Flores (1998), Ferreira Filho et al. (2004) e Silva e Ferreira Filho (2007) citam que a parte aérea da planta da mandioca apresenta elevado valor nutritivo,

tendo apreciável conteúdo de proteína bruta, açúcares, vitaminas A e C e minerais como cálcio e ferro. Os níveis nutricionais podem sofrer influência do crescimento vegetativo, época do ano e cultivar. Ferreira Filho (1997) conduziu uma pesquisa onde avaliou cinco épocas para corte, buscando melhor valor nutritivo e produção, sendo aos 4, 6, 8 e 10 meses após emergência e por ocasião da colheita. A maior quantidade de matéria seca no terço superior foi observada aos dez meses após emergência. Quanto ao nível de PB do FTSRM, o autor observou que se manteve constante, independente da época do corte.

A composição bromatológica da parte aérea é muito variável. Os níveis de proteína bruta variam de 8%, quando se usa bastante maniva, e 28-32% quando se utiliza apenas o limbo foliar. A parte aérea pode ser processada fornecendo diferentes frações de composições diferenciadas (Butolo, 2002).

No Brasil se verificam tipicamente duas estações climáticas. A estação de inverno apresenta menores níveis de umidade, temperatura e fotoperíodo, contrastando à estação de verão que apresenta maiores fotoperíodo, precipitação e temperatura média. Parte dos problemas de falta de alimentos apresentados pela sazonalidade, poderiam ser minimizados pelo armazenamento do alimento na forma de feno ou silagem (Carvalho et al., 2006). Carvalho et al. (1985) trabalharam selecionando as melhores épocas e cultivares para obtenção de fenos. As cultivares foram colhidas aos 8, 12, 16, 20 e 22 meses, num plantio de alta densidade, sendo 20.000 plantas por hectare. Foi conseguido, a partir das cultivares RIQUEZA, ENGANA LADRÃO E IRACEMA, aos 12 meses, produtividade de feno superior a 0,1 kg/planta ou 2,0 toneladas por hectare. Nesta época de colheita foi observado também teor protéico mais elevado. Carvalho (1986) trabalhou avaliando a qualidade nutricional de FTSRM e das folhas de diversas

cultivares. Foi observado que há diferenças significativas entre a proporção de nutrientes das cultivares, excetuando o fósforo. Foram encontradas, no FTSRM, variações na ordem de 54,06 a 84,06 mg/100g de vitamina C, 2,20 a 3,05 mg/100g de β -caroteno, 1,42 a 1,78% de Cálcio, 32,07 a 49,27 mg/100g de ferro, 14,43 a 17,04% de proteína bruta e 0,177 a 0,212% de fósforo. Trabalhando com a farinha das folhas de mandioca, Corrêa et al. (2004) verificou que este material continha, em média, 27,8% de PB na MS, 90,8mg de vitamina C/100g de MS e 78,02mg de β -caroteno/100g de MS. Carvalho et al. (1993b) pesquisaram a variação nos teores de PB nas folhas, terço superior e dois terços inferiores, em função da idade da planta sendo esta colhida aos 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 meses após o plantio. Foi observado decréscimo nos teores protéicos dos materiais considerados com o avanço da idade. Os teores protéicos das folhas e do terço superior foram comparáveis aos das melhores fontes protéicas vegetais tais como o FAL.

A colheita da mandioca pode ser realizada ao longo do ano, à medida que as plantas atingem a maturidade. Modesto et al. (2001) estudaram cinco cultivares (IAC-13, IAC-14, MICO, FIBRA E FÉCULA BRANCA) de mandioca em dez idades de colheita (12 aos 21 meses), analisando a proteína bruta e a digestibilidade *in vitro*, a partir de inóculo ruminal, da parede celular das folhas. Foram observados teores mais elevados de PB aos 12 e 13 meses após o plantio enquanto que a digestibilidade *in vitro* da parede celular da planta, colhida aos 12 meses, apresentou valor superior, devido, principalmente, à sua menor lignificação. Já Irmão et al. (2006), trabalhando no estado da Bahia, perceberam que há maior produtividade do feno do terço superior bem como maior teor de proteína bruta, aos 8 meses de idade da planta quando comparada aos 10, 12 e 14 meses. Nesta ocasião os autores conseguiram a produção de 2560 kg/ha com 24,84% de PB, na melhor idade citada.

Embora o conteúdo de proteína bruta nas folhas de mandioca esteja bem estabelecido, existem dúvidas quanto à sua qualidade nutricional. Eggun (1970), pesquisando sobre a digestibilidade protéica das folhas, trabalhou com ratos e encontrou o valor de 74,5%. Naquela época não haviam sido desenvolvidas as análises de NIDN e NIDA, as quais quantificam o nitrogênio retido na parede celular e lignocelulose respectivamente. Veloso et al. (2008), através das análises citadas anteriormente, observaram que 45,20 e 34,85% do nitrogênio estão associados à parede celular (NIDN) e à lignocelulose (NIDA), respectivamente. Machado et al. (2007a) trabalharam com uma dieta simplificada para coelhos, onde houve a inclusão de 88,13% do feno do terço superior da rama da

mandioca, verificando que nesta dieta cerca de 19,0% do nitrogênio estava contido na forma de NIDA. O aproveitamento deste nitrogênio será variável, de acordo com a espécie animal considerada.

Quanto à composição aminoacídica, Carvalho (1983) chama atenção para o fato da parte aérea ser deficiente em metionina. Eggun (1970) já havia observado essa deficiência nas folhas de mandioca, sendo indicado a suplementação por aminoácidos sintéticos. O mesmo autor chama atenção para o fato de que as folhas de mandioca apresentarem maiores conteúdos de treonina e triptofano que o farelo de soja. A tabela 04 apresenta o perfil de aminoácidos da proteína das folhas de mandioca desidratadas.

Tabela 04
Conteúdo de aminoácidos das folhas de mandioca desidratadas

Aminoácido	Teor (g/100 g proteína)	
	Eggun (1970)	Flores (1998)
Lisina	6,28	6,35
Metionina	2,07	2,63
Treonina	4,53	4,84
Triptofano	1,77	-
Arginina	5,55	6,20
Cisteína	1,29	2,19
Ácido aspártico	9,57	11,33
Serina	4,47	4,47
Ácido glutâmico	10,97	13,02
Prolina	-	5,25
Glicina	5,20	5,73
Alanina	5,71	6,36
Valina	5,80	6,42
Isoleucina	5,10	5,04
Leucina	9,17	9,11
Tirosina	4,30	3,01
Fenilalanina	5,80	5,83
Histidina	2,27	2,23

Adaptado de Flores (1998) e Eggun (1970)

Flores (1998) descreve que os carotenóides contribuem para a formação da vitamina A, além de serem compostos que proporcionam pigmentação. A clorofila pode mascarar a coloração dos carotenóides. Neste grupo de

substâncias, se destaca o β -caroteno cuja concentração nas folhas é cerca de 25 vezes superior ao conteúdo das raízes. Os teores de β -caroteno e seus isômeros nas folhas de mandioca são apresentados na tabela 05.

Tabela 05
Teores de β -caroteno e seus isômeros na folha de mandioca desidratada.

Carotenóides	Teor ($\mu\text{g/g}$)
β -Caroteno	162,20
Neo- β -caroteno B	9,14
β -caroteno-todo- <i>trans</i>	90,85
Neo- β -caroteno U	19,08
Total de isômeros	119,07
Total de carotenóides	281,27

Extraído de Flores (1998)

1.6 - Utilização da parte aérea da mandioca na alimentação dos coelhos

Para essa espécie, a proposta da utilização de grande quantidade de produtos da mandioca vem sendo bastante pesquisada. Um trabalho foi conduzido por Abd El-Baki et al. (1993) onde uma dieta comercial (referência) foi comparada a uma dieta teste com 30% de inclusão de farinha de mandioca, como fonte energética, e 15% de farinha de folhas, como fonte protéica, para coelhos em crescimento, avaliando a digestibilidade e desempenho, durante 15 semanas. Na dieta com mandioca foi adicionado também 1% de uréia como fonte alternativa de nitrogênio, no intuito que parte deste elemento chegasse ao ceco. Considerando todo o período experimental, a digestibilidade da PB não apresentou diferenças. O balanço de nitrogênio não apresentou diferenças significativas nas 10 últimas semanas de experimento. Quanto à digestibilidade da fibra, não houve diferenças e os animais mais velhos mostraram maior capacidade de aproveitamento desta fração alimentar, assim como o nitrogênio não protéico advindo da uréia. Esses animais têm maior capacidade de aproveitamento dos nutrientes, quando comparados aos animais mais jovens, em função do maior desenvolvimento do TGI, principalmente ceco. A conversão alimentar foi melhor para a dieta teste nas primeiras cinco semanas e após se inverteu. O consumo de ração no tratamento teste, bem como o ganho de peso

foi inferior nas cinco primeiras semanas, mas melhorou no restante do experimento. O peso final médio dos animais que recebiam os tratamentos referência e teste foi de 2,92 e 2,50 kg respectivamente e o peso da carcaça foi de 1,70 e 1,44 kg para os tratamentos referência e teste respectivamente. Não houve diferença significativa para o rendimento de carcaça, apresentando valores de 58,2 e 57,6% para as dietas referência e teste, respectivamente. Quanto à composição química da carne, a única diferença observada foi um maior teor de gordura (1,99 x 1,26%) encontrado na carcaça de animais alimentados com a dieta teste. Os autores concluíram que a raiz da mandioca, juntamente com suas folhas, podem substituir satisfatoriamente as fontes de energia e proteína em rações para coelhos. Embora esses autores nomeiem o ingrediente citado de folhas da mandioca, colhida aos 8 meses, seu teor de proteína bruta é muito baixo, tendo sido utilizado provavelmente o FTSRM. As folhas apresentam rendimento muito baixo quando no momento de sua colheita. Resultados semelhantes foram observados por Herrera (2003) que trabalhou com dietas com alto nível de inclusão do feno do terço superior da rama da mandioca e percebeu que se tratava de um alimento viável, que proporciona economia considerável no custo do quilo de carne produzida. Já Machado (2006), não obteve sucesso quando trabalhou com dietas com alta inclusão deste alimento para fêmeas reprodutivas e coelhos em crescimento.

Andrade (1997) avaliou o efeito da inclusão do feno do terço superior da rama de mandioca, em diferentes níveis sobre o desempenho de coelhas em reprodução. O nível de 30% promoveu maior número de lâparos por ninhada, ninhadas mais pesadas no nascimento e desmame, maior peso médio dos lâparos, redução da mortalidade e dos custos de produção. Altos níveis de fibra beneficiam a saúde intestinal, por aumentar a taxa de passagem e reduzir os transtornos intestinais. Já Scapinello et al. (2000) avaliaram o efeito da inclusão da rama de mandioca em níveis crescentes (0, 10, 20 e 30%) para coelhos, dos 50 aos 70 dias de idade, onde o intuito era o de substituir o farelo de trigo nas rações. Os autores observaram efeito linear na redução do peso ao abate que foi atribuído à elevação dos teores de fibra nas dietas e também à

presença de taninos. Foi citado ser viável a inclusão de até 20% de rama de mandioca nas rações para esses animais. Michelin (2004) avaliou a inclusão do FTSRM para coelhos em crescimento, substituindo o FAL em níveis de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%. O consumo de ração foi reduzido linearmente sem afetar os parâmetros de desempenho. Foi observado que o feno do terço superior pode substituir na totalidade o feno de alfafa para coelhos em crescimento. Ainda no mesmo trabalho, a autora utilizou o feno da parte aérea total da rama de mandioca verificando ser possível e viável a substituição total do FAL em dietas para coelhos em crescimento sem que haja queda no desempenho. Os resultados obtidos por Michelin (2004) são apresentados na tabela 06.

Tabela 06
Desempenho de coelhos em crescimento, dos 35 aos 70 dias, recebendo dietas com níveis crescentes de feno do terço superior da rama da mandioca.

Parâmetro	Dieta controle	Níveis de substituição do feno de alfafa por FTSRM					Média	CV%
		20%	40%	60%	80%	100%		
Peso vivo aos 70 dias (g)	2334	2283	2221	2217	2199*	2219	2246	5,58
GPD (g)	43,9	42,4	40,6	40,5	39,9*	40,5	41,3	8,92
CRD (g)	151	148	143	141*	136*	142	144	7,49
CA	3,45	3,52	3,55	3,48	3,43	3,51	3,49	9,10
Custo/kg GP	1,93	1,97	1,99	1,99	1,96	2,00	1,97	9,09
Peso carcaça (g)	1278	1245	1211	1216	1196*	1209*	1259	5,84
Rendimento carcaça (%)	54,74	54,52	54,56	54,82	54,32	54,48	54,57	2,07

* Difere do controle pelo teste de Dunnet ($p < 0,05$).

Retirado de Michelin (2004).

Quanto ao valor nutritivo Scapinello et al. (1999) trabalharam com FTSRM, cultivar Mantiqueira, colhida aos 15 meses de idade, usando coelhos com 50 dias de idade, onde o feno substituiu 30% da MS da dieta referência. Foram encontrados os coeficientes de digestibilidade em valores de 41,29; 41,95; 43,72; 33,77; e 36,63 para a MS, MO, PB, FB e EB do feno, respectivamente. Nas condições estudadas, o material possuía 8,85% de PD e 1639 kcalED/kg. Em experimento semelhante,

Michelin (2004) avaliou o feno da parte aérea total da mandioca, encontrando valores de 8,06% para PD e 1557 kcalED/kg. Já Ferreira et al. (2007) encontraram valores de 2155,55 kcal/kgMS e 10,57% para a ED e PD respectivamente, superiores aos encontrados por Machado et al. (2007a) que foram de 1149,81 kcal/kgMS e 9,6% de ED e PD respectivamente.

Oliveira (2009) trabalhou com dietas com alta inclusão de subprodutos da mandioca

(feno do terço superior e farinha de varredura) para coelhas em reprodução e coelhos em crescimento. Embora o desempenho das reprodutrices, bem como dos animais em crescimento foram prejudicados, a autora enfatizou que houve redução nos custos com alimentação quando utilizada a ração com alta inclusão dos subprodutos da mandioca, além de melhor conversão alimentar para animais em crescimento. Nessa pesquisa, os animais em crescimento que receberam a dieta teste foram abatidos aos 70 dias de idade, pesando 2084 g, sendo esse, valor considerável. A utilização dos subprodutos da mandioca pode ser uma excelente alternativa a se considerar na alimentação dos coelhos.

1.7 - Utilização da parte aérea da mandioca na alimentação de outros animais

A parte aérea da mandioca é um subproduto agrícola viável para alimentação dos animais. Apresenta elevado teor de carboidratos estruturais, podendo ser fonte de energia a partir do processo fermentativo, principalmente para herbívoros ruminantes e de ceco e cólon funcionais (Carvalho, 1983; Ferreira Filho et al., 2004). A seguir, são descritas algumas aplicações da parte aérea da mandioca para algumas espécies.

1.7.1 - Equínos

O equíno é um animal herbívoro não ruminante, que apresenta estômago pequeno e intestino grosso muito desenvolvido, capaz de fermentar carboidratos fibrosos com maior eficiência, quando comparado aos demais animais não ruminantes. São poucos os experimentos testando a utilização da parte aérea da mandioca na alimentação de equínos. Graça et al. (2001) avaliaram a digestibilidade aparente do feno da rama da mandioca (parte aérea total) encontrando valores de 1707 kcal/kg e 7,09% de ED e PD. Segundo os autores, este ingrediente

pode ser utilizado em dietas para equínos em crescimento. Já Moretini et al. (2004), trabalhando com cavalos SRD avaliaram o feno da parte aérea total da mandioca encontrando coeficientes de digestibilidade da ordem de 28,7; 24,6; 41,8; 11,8; 14,8 e 24,8% para a MS, MO, PB, FDA, FDN e EB respectivamente. Devido, principalmente, à alta fração fibrosa do alimento, a PD e a energia metabolizável aparente foram de apenas 3,3% e 874 kcal/kgMS, respectivamente.

1.7.2 - Suínos

Phuc et al. (2000) citam que a farinha das folhas de mandioca têm grande potencial na alimentação de suínos nos trópicos. Ela representa uma fonte alimentar não convencional, devendo ser processada. Carvalho (1983) cita que a parte aérea da mandioca pode ser fornecida a suínos de menor exigências nutricionais, como animais em pré-gestação, gestação e machos reprodutores. Animais adultos têm maior capacidade de aproveitamento dos nutrientes deste alimento, quando comparados aos animais jovens, devido, principalmente, a um TGI mais desenvolvido.

Para essa espécie, os experimentos utilizando a rama da mandioca são escassos. Phuc e Lindberg (2000) avaliaram a inclusão de folhas de mandioca secas e ensiladas a uma ração baseada em raiz de mandioca e farelo de soja sobre a digestibilidade ileal e total em suínos em crescimento. Foi observado que a digestibilidade ileal da MO, PB, ENN e EB foi reduzida com a adição do alimento teste, em contraste com a digestibilidade da FB que foi melhorada, possivelmente por adaptação do animal às dietas que continham maior nível de fibras. O melhor preditor da digestibilidade total da MO e da EB foi o conteúdo de FDN da dieta, sendo encontradas as equações $DMO = 98,4 - 1,10(\%FDN)$ ($R^2 = 0,87$) e $DE = 96,8 - 1,13(\%FDN)$ ($R^2 = 0,90$). Não houve diferenças na digestibilidade dos nutrientes das folhas de mandioca secas quando

comparadas às ensiladas. Foi encontrado coeficiente de digestibilidade da ordem de 54% para a EB que proporcionou valor de 2,7 Mcal/kg de MS para a ED, sendo esse valor superior aos demais observados para outras espécies. Já a PB apresentou digestibilidade de 45%. O valor de ED das fontes fibrosas estudadas mostrou que estes alimentos podem ser valiosos quando incluídos em níveis intermediários em dietas de baixo teor de fibra para suínos em crescimento, mas o alto conteúdo desta fração alimentar reduz a digestibilidade dos nutrientes, limitando seu uso para animais jovens.

Em experimento semelhante, Phuc et al. (2000) avaliaram a inclusão de folhas da mandioca, de seis diferentes cultivares, nas formas de farinha seca ou ensilada para suínos em crescimento. Os autores substituíram a proteína do farelo de soja pela da folha de mandioca, em níveis de 0, 35, 70 e 100% em rações, onde a base energética era provida de farinha da raiz de mandioca. Na mesma pesquisa, parte da proteína do farelo de soja foi também substituída em níveis crescentes de 0, 15, 30 e 45% pela proteína das folhas de mandioca ensiladas. A palatabilidade das rações apresentou efeito linear inverso assim como a digestibilidade, sendo observados coeficientes de 51% para a PB dos dois ingredientes e 52 e 49% para a digestibilidade da MO da silagem e farinha das folhas respectivamente. A retenção e utilização de nitrogênio foram diminuídas com o aumento das proporções de farinha das folhas nas rações. Quando altos níveis de fibra são adicionados nas rações desses animais, há efeito negativo na digestibilidade, principalmente em função do aumento na taxa de passagem.

Avaliando o valor nutricional do feno da rama da mandioca para suínos em crescimento e terminação, Marques et al. (2006) mostraram que animais em terminação tem maior capacidade de aproveitamento dos princípios nutritivos

quando comparados aos animais em crescimento. Nesta pesquisa foram encontrados valores de digestibilidade para a PB da ordem de 28,90 e 33,51% para animais em crescimento e terminação respectivamente, além de valores de 26,06 e 29,09 para a digestibilidade da EB respectivamente. O valor de ED apresentado foi de 1157 e 1292 kcal/kg para animais em crescimento e terminação respectivamente.

1.7.3 - Aves

As aves apresentam TGI muito curto e baixa capacidade fermentativa. Brum e Albino (1993) afirmam que o FTSRM triturado pode ser utilizado na alimentação dos frangos de corte, se respeitado o nível máximo de inclusão para esses animais, pois apresentam baixíssima capacidade de aproveitamento das frações fibrosas. Sampaio (1995) chama atenção para a grande capacidade de fornecimento de pigmentos para a pele e gema do ovo quando são utilizados subprodutos da parte aérea da mandioca. Nesse ingrediente, há grande concentração de carotenóides, principalmente β -caroteno (Flores, 1998).

Silva et al. (2000) formularam rações com a inclusão de farinha de folhas de mandioca com adição de enzimas para frangos de corte da linhagem Hubbard, avaliando a digestibilidade e desempenho. Os complexos enzimáticos tinham atividades β -glucanase, pectinase, hemicelulase e amilase. A inclusão da farinha variou de 0,00 a 41,67% no experimento de digestibilidade e de 0,00 a 10,34% no experimento de desempenho. Foi observado que à medida que se aumentou a inclusão da farinha, ocorreu diminuição na digestibilidade da energia, proteína e fibra, devido ao aumento no conteúdo fibroso, o que proporciona incremento na taxa de passagem. A adição dos dois complexos enzimáticos melhorou os valores de EMA das dietas sendo que o valor encontrado para a farinha das folhas foi de 1697 kcal/kg. A inclusão de 5,17% do alimento teste não prejudicou o desempenho

dos animais. Já Tompiz et al. (2007) trabalharam com frangos de corte da linhagem Cobb, avaliando a inclusão da farinha de folhas de mandioca em níveis de 0,0; 2,5; 5,0 e 7,5%, sobre os parâmetros de desempenho e economia. Até os 10 dias de idade, todos os animais receberam uma única dieta pré-inicial com 23,0% de PB e 2980 kcal/kg de EM. Dos 11 aos 42 dias

foram utilizadas duas rações as quais já incluíam a farinha das folhas de mandioca nos níveis citados. Foram equilibrados os aminoácidos lisina, metionina e treonina. Os resultados mostraram diferenças significativas para o peso final onde os dois tratamentos de menor inclusão foram superiores, embora com pequena variação, como evidenciado no gráfico 03.

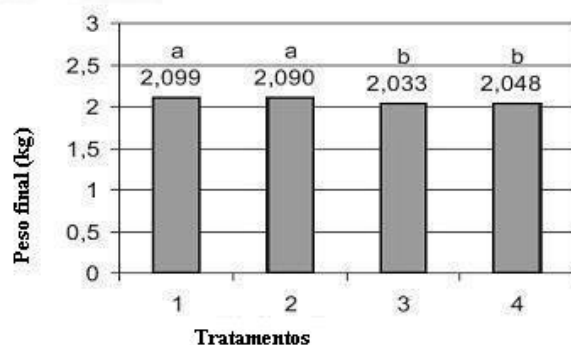


Gráfico 03 – Peso final de frangos de corte em função dos níveis de inclusão da farinha das folhas de mandioca Extraído de Tompiz et al. (2007)

Para o consumo, não foram observadas diferenças. Quanto à economia, os níveis de inclusão se mostraram economicamente viáveis, pois mesmo com desempenho estatisticamente inferior os animais demonstraram desempenho adequado.

Para poedeiras semi-pesadas, Schmidt et al. (2000) trabalharam com a inclusão de farinha de folhas de mandioca com adição das enzimas protease, amilase e xilanase. As dietas experimentais consistiam da inclusão de 0, 4 e 8% do alimento alternativo, suplementadas com 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 g de complexo enzimático por quilo de ração num arranjo fatorial 3x4. Não houve alteração da conversão alimentar por massa nem por dúzia de ovos. Outros parâmetros de desempenho foram prejudicados. A taxa de postura foi de 91,64, 85,99 e 86,68 para os níveis de 0, 4 e 8% de inclusão da farinha, sendo o primeiro valor superior

($p < 0,05$). Em suas conclusões os autores não recomendam a utilização do ingrediente, porém, devido a respostas heterogêneas, indicam a necessidade de mais estudos. Para esse experimento os valores de inclusão do alimento teste foram altos. Níveis inferiores a 4,0% poderiam proporcionar resultados satisfatórios. Já Santos et al. (2009) incluíram a FFM em níveis de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0% na ração, suplementada com enzimas carboidrases, para poedeiras semi-pesadas, não percebendo diferenças no desempenho produtivo. Miranda et al. (2009), que utilizaram os mesmos níveis de inclusão de FFM e enzimas, não verificaram diferenças na qualidade dos ovos. A inclusão de FFM, em nível superior a 4,5%, melhorou ($p < 0,05$) a coloração da gema.

1.7.4 - Peixes

Para peixes, Ramos et al. (2006) avaliaram a digestibilidade dos nutrientes de vários alimentos, dentre eles a farinha das folhas de mandioca. Foi encontrado valor de 2886,39 kcal/kgMS. Ao verificar também a digestibilidade da PB, os autores chamam atenção para o baixo valor observado, em razão de parte do conteúdo de aminoácidos estar aderido à fração de lignocelulose além da complexação por polifenóis como o tanino.

1.7.5 - Bovinos

Para esses animais também são escassos os trabalhos que estudam o uso da parte aérea da mandioca na alimentação. Sabidamente os ruminantes apresentam grande habilidade em converter frações alimentares fibrosas em energia e proteína de alto valor biológico, através da simbiose com os microorganismos ruminais. Trabalhando com a substituição da silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca, Modesto et al. (2003a) substituíram em níveis de 0,0; 20,0; 40,0 e 60,0% para vacas leiteiras holandesas, multíparas, avaliando o consumo dos nutrientes e sua digestibilidade. Foi observado mesmo nível de consumo ($p < 0,05$) para todos os constituintes das dietas (MS, MO, PB, FDN, CT, CNF). Para a digestibilidade, somente a PB apresentou efeito linear negativo, devido à alta fração de nitrogênio lignificado. Resultados diferentes foram observados por Carvalho et

al. (2006) que avaliaram a degradabilidade potencial de nutrientes do feno da rama de mandioca para bovinos, encontrando valores de 57,10; 91,71; 38,46; 32,35 e 57,93% para a MS, PB, FDN, FDA e hemiceluloses respectivamente, ganhando destaque a degradabilidade da PB. Modesto et al. (2003b) avaliaram o desempenho e as características de qualidade do leite utilizando os mesmos níveis de substituição citados em Modesto et al. (2003a). Não foram observadas diferenças para a produção de leite, que se manteve por volta dos 25 kg/dia, assim como nos parâmetros de qualidade do leite onde a concentração de uréia apresentou níveis normais quando fora realizada substituição. Assim, a silagem do terço superior tem grande potencial de substituição da silagem de milho na alimentação de vacas leiteiras. Veloso et al. (2008) também obtiveram resultados satisfatórios trabalhando com subprodutos da mandioca. Nesta situação o feno da parte aérea da mandioca (FPAM), obtido sob plantio adensado, substituiu a silagem de milho em níveis de 0,0; 33,3; 66,7 e 100,0%, em dietas para novilhas nelore de 365 kg de peso vivo inicial. Os resultados mostraram não haver diferenças no ganho de peso diário (GPD) e ganho de peso total (GPT) quando se adiciona até 33,3% em substituição à silagem de milho. Acima deste valor, há redução linear nos parâmetros de desempenho. Os resultados deste experimento são apresentados na tabela 07.

Tabela 07

Média de ganho de peso diário (GPD) e do ganho de peso total (GPT) em função dos níveis de feno da parte aérea da mandioca no volumoso

Item	Nível de feno da parte aérea da mandioca no volumoso (% da MS)			
	0	33,33	66,67	100
GPD (kg/dia)	1,23a	1,19a	1,00b	0,98b
GPT (kg)	95,91 ^a	92,62a	77,83b	76,31b

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes pelo teste de Williams a 1% de significância

1.7.6 - Ovinos

Trabalhando com ovinos machos castrados, SRD, Gomes et al. (2005a) incluíram a silagem da parte aérea da mandioca juntamente com feno de *Brachiaria dictyoneura* em dietas para esses animais, avaliando o consumo de MS e de PB. O experimento foi dividido em dois períodos de 21 dias. No primeiro os animais receberam somente o feno e no segundo receberam feno e silagem na proporção de 60:40. O aumento do consumo de PB no segundo período proporcionou melhora no aproveitamento dos nutrientes. Neste mesmo período o consumo de MS foi melhorado, provavelmente pelo maior aporte de proteína ao rúmen. Em experimento semelhante, Gomes et al. (2005b) avaliaram a digestibilidade dos nutrientes através do método de coleta total, utilizando oito carneiros. Foram encontrados os coeficientes 72,89; 63,95; 82,97; 94,44; 64,32; 62,02 e 67,50% para a digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDN, FDA e CHOT respectivamente, sendo encontrado valor de 67,36 para nutrientes digestíveis totais (NDT). Em suas conclusões os autores discorrem sobre a possibilidade da silagem da parte aérea da mandioca ser utilizada como alimento alternativo, pois apresenta valor nutricional adequado para uso em dietas para ovinos.

1.8 - Uso de dietas com alta inclusão de ingredientes fibrosos (simplificadas e semi-simplificadas) para coelhos.

Segundo Faria et al. (2008) os conhecimentos sobre os efeitos de nutrientes específicos e de antinutrientes sobre a fisiologia digestiva e produtividade dos coelhos têm aumentado significativamente nos últimos anos. Atualmente, na chamada nutrição de precisão, há necessidade da melhora na utilização digestiva e da definição do conteúdo de nutrientes disponíveis na alimentação animal para

alcançar a produção racionalizada e eficiente.

Em situações de escassez alimentar ou da ingestão de alimentos com baixo valor nutritivo, a proporção de nutrientes advindos da atividade cecotrófica é incrementada, tornando o coelho altamente eficiente no aproveitamento dos alimentos, conforme percebido por Carabaño et al. (1988) e Herrera (2003).

A dieta simplificada é uma nova tecnologia que associa alta eficiência de aproveitamento dos nutrientes e bem estar intestinal, havendo a maximização da eficiência de transformação dos alimentos pelos coelhos, associada à economia proporcionada pela alta inclusão de um alimento forrageiro (Machado et al., 2007a).

É impossível que se tenha uma fonte alimentar fibrosa que apresente excelência quanto à completa satisfação e balanço de seus nutrientes. Para o feno de alfafa, forrageira de reconhecido valor nutricional, Fernandez-Carmona et al. (1998) citam que possui desequilíbrio de minerais, deficiência de aminoácidos e baixo valor energético quando comparado às exigências nutricionais dos coelhos. Essa forrageira ainda apresenta limitação nos conteúdos de metionina, arginina e histidina, além de baixos níveis de fósforo. Para outras forrageiras consideradas, as deficiências podem ser agravadas. Assim, alguns princípios nutritivos necessitam ser corrigidos.

Para elevação da energia digestível (ED) de uma dieta simplificada, pode ser utilizada alta inclusão de uma fonte lipídica. Herrera (2003) utilizou 4,0% de óleo na ração, Fernandez-Carmona et al. (2000), Machado et al. (2007b) e Faria et al. (2008) utilizaram até 5%. Já Fernandez-Carmona et al. (1998) trabalharam com até 8,9% de gordura animal. A inclusão deste ingrediente proporciona também melhora na

palatabilidade e digestibilidade dos nutrientes (Gidenne, 2000). Estudos, como o de Fernandez-Carmona et al. (1998), revelam que a adição de uma fonte lipídica, em dietas com altos níveis de fibra, reduzem a mortalidade, sem grandes quedas no desempenho, quando comparado à dieta referência. O efeito proporcionado pela fibra é inverso ao de uma fonte lipídica. A fibra proporciona aumento da taxa de passagem, enquanto um nível moderado de lipídeos proporciona redução, aumentando o tempo para digestão e absorção, melhorando a digestibilidade dos nutrientes, sendo esse efeito denominado de valor extra-calórico (Bertechini, 2006). Outro ingrediente interessante para utilização em dietas simplificadas parece ser o melaço de cana em pó, proporcionando melhoria na qualidade do pélete, elevação do valor energético da ração e principalmente melhoria na palatabilidade, o que é muito importante quando ingredientes tradicionais são substituídos em dietas para os coelhos. Quando utilizou dietas com alta inclusão de subprodutos da mandioca, Oliveira (2009) chamou atenção para a queda na palatabilidade. Quanto ao nível de inclusão, Harris et al. (1981) utilizou 3%, enquanto Herrera (2003) e Machado et al. (2007b) utilizaram 2% deste ingrediente nas rações.

Outros princípios nutritivos como cálcio, fósforo, lisina, metionina e treonina, devem ser equilibrados. Para evitar excesso de cálcio, nutriente de grande concentração nas forrageiras normalmente utilizadas, uma fonte de fósforo, isenta de cálcio deverá ser utilizada. Fernandez-Carmona et al. (1998) utilizaram o fosfato dissódico e Herrera (2003) e Machado (2006) utilizaram o fosfato monoamônio. Os altos níveis de cálcio não são prejudiciais aos coelhos pois a excreção desse mineral está relacionada com os níveis do mesmo no sangue e à baixa reabsorção a nível renal, o que proporciona alta excreção na urina, conforme relatado por Scapinello et al. (2000). Devido ao déficit dos principais aminoácidos nas

forrageiras normalmente utilizadas, quantidades apreciáveis de aminoácidos podem ser necessárias. Deve-se ter cuidado na formulação pois o programa pode incluir aminoácido em excesso para suprir a deficiência de PD, quando se formulam dietas simplificadas. Essa formulação, baseada em PD, é necessária, pois ingredientes com alto conteúdo de fibra proporcionam menor aproveitamento deste princípio nutritivo quando comparados aos alimentos tradicionais (Fernandez-Carmona et al. 1998).

Outra característica de uma dieta simplificada está associada ao seu alto conteúdo de fibra. Fernandez-Carmona et al. (1998) trabalharam com valores de 32,2 e 34,4% de FDA para as dietas avaliadas (base na MS). Fernandez-Carmona et al. (2000) utilizaram dietas que continham até 25,1% de FDA na MS. Pascual et al (2002) trabalharam com 27,3% de FDA. Já Machado (2006) verificou que as dietas utilizadas com base em FAL e FTSRM continham 29,23 e 39,64% de FDA respectivamente. Gidenne (2000) colocou que os coelhos não conseguem regular seu consumo eficientemente quando o nível dietético da FDA é maior que 25%, apresentando menor taxa de ganho de peso. Santos et al. (2004) citam que a baixa relação amido/fibra, associada a um alto conteúdo de FDA proporciona queda na digestibilidade da MS e MO. A inclusão de uma fonte de amido poderia ser uma alternativa a ser indicada para dietas semi-simplificadas, visando a garantia de substrato de boa qualidade, proporcionando correto funcionamento da fisiologia cecal (Machado et al. 2007b).

O estudo das dietas com alta inclusão de um ingrediente forrageiro, teve início na década de 80. Um dos primeiros trabalhos foi realizado por Harris et al. (1981) que utilizaram feno de alfafa em níveis crescentes, chegando até 90% em dietas para animais em crescimento e 74% em dietas

para fêmeas reprodutivas. No experimento de desempenho, foi observado que o GPD foi igual, entre os tratamentos. O consumo foi aumentando à medida que se aumentou a inclusão do feno de alfafa, o que proporcionou queda na eficiência alimentar dos animais. Os altos níveis de alfafa utilizados reduziram a mortalidade dos animais, principalmente por prevenir a diarreia. No experimento de reprodução, não foram observadas diferenças no peso da ninhada ao nascimento, peso médio do nascido e número de nascidos vivos entre os diferentes tratamentos (28, 54 e 74% de inclusão do FAL). O peso aos 21 dias, parâmetro que reflete a capacidade de produção de leite da fêmea, foi menor para o tratamento com a maior inclusão de FAL. Os resultados desse experimento foram importantes para mostrar que os coelhos utilizam este tipo de dieta eficientemente e que a saúde intestinal é melhorada.

Outro trabalho importante que utilizou dietas simplificadas na alimentação dos coelhos foi realizado por Fernandez-Carmona et al. (1998), onde foram avaliadas dietas baseadas em FAL para animais em

crescimento. Numa dieta teste, foi utilizado 96% de FAL (Tratamento 02), proporcionando cerca de 2150 kcal/kg e 17,1% de PB (valores na MS) e em outra dieta teste, utilizou-se 88,1% de FAL e 8,9% de gordura animal (Tratamento 03), proporcionando cerca de 2415 kcal/kg e 15,6% de PB. O peso final, bem como o GPD foram superiores para a dieta referência, sendo similar entre as dietas testes. Os animais do tratamento 02 consumiram maior quantidade de ração, tendo baixo GPD, proporcionando alto valor de CA, sendo essa superior ao tratamento 03. A melhor CA foi observada para a dieta referência. As dietas simplificadas se mostraram eficientes para redução da mortalidade. Neste experimento os autores não perceberam interação entre sexo para os parâmetros de desempenho, salvo para a CA, sendo a fêmea mais eficiente. Quanto à digestibilidade, a dieta referência apresentou coeficientes mais elevados. Percebeu-se então que as dietas simplificadas suportaram boas taxas de crescimento e proporcionaram queda na digestibilidade. Os resultados deste experimento são apresentados na tabela 08.

Tabela 08
Efeito da utilização de dietas simplificadas com base em feno de alfafa sobre os parâmetros de crescimento.

	Referência	Tratamento 02	Tratamento 03
Peso vivo 35 dias (g)	857	857	844
Peso vivo 70 dias (g)	2290a	2160b	2150b
GDP (g/dia)	40,3a	37,3b	37,2b
MS ingerida (g/dia) (por kg ^{0,75})	79c	101a	90b
ED ingerida (kcal/dia) (por kg ^{0,75})	215	216	217
Conversão alimentar	2,78c	3,69a	3,32b
Mortalidade ¹ (%)	18,7a	8,4b	5,1b

Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha, diferem entre si a 5% de probabilidade

¹Teste Qui-quadrado

Adaptado de Fernandez-Carmona et al. (1998).

Embora inferior ao tratamento referência, os valores para o GDP encontrados por Fernandez-Carmona et al. (1998) são semelhantes aos que Machado (2006) encontrou para a dieta referência (37,3g/dia)

e bastante elevado quando comparado ao encontrado por Herrera (2003) para a dieta referência (29,06g/dia). Fernandez-Carmona et al. (2000) avaliaram dietas simplificadas, com base em FAL, para

coelhas submetidas à alta temperatura. Foram avaliadas duas dietas em comparação a uma dieta referência. A primeira continha 96% de FAL (dieta L), proporcionando cerca de 2080 kcal/kg, valor inferior ao recomendado para regulação do consumo (De Blas et al., 2002; Ferreira e Pereira, 2003). Já a segunda dieta simplificada continha 92% de feno de alfafa (dieta G) e seu conteúdo energético foi melhorado com adição de 5% de gordura animal, chegando a cerca de 2300 kcal/kgMS. Foi observada menor mortalidade entre os lóparos provindos de mães que recebiam dietas simplificadas. Não houve diferenças significativas no ganho de peso das reprodutrices, entre os três diferentes tratamentos. As fêmeas que receberam as duas dietas simplificadas ingeriram maior quantidade de MS. A dieta L proporcionou menor produção de leite que foi melhorada pela adição de gordura animal (dieta G). Embora não tenha havido diferenças no tamanho da ninhada, os animais que receberam a dieta L apresentaram sempre menor ganho de peso que os demais. Percebe-se que a adição de gordura animal melhora a eficiência da dieta simplificada para coelhas reprodutrices.

Pascual et al. (2002) explicam que na Europa, devido ao melhoramento genético, as necessidades nutricionais de fêmeas lactantes são bastante elevadas. Na tentativa de estimular o desenvolvimento do TGI e assim proporcionar maior consumo voluntário futuro, esses autores trabalharam com jovens coelhas reprodutrices, que recebiam dietas baseadas em FAL anteriormente ao primeiro ciclo reprodutivo, a partir dos 2 kg de peso vivo. A dieta simplificada continha 96% de feno de alfafa e proporcionou somente 1914 kcal/kgMS, inferior ao mínimo (2200 kcal/kgMS). As fêmeas que receberam a dieta referência apresentaram maior ganho de peso, sendo mais precoces ao primeiro parto. Contudo, as fêmeas que receberam dietas simplificadas até o primeiro parto,

apresentaram maior consumo de matéria seca durante a lactação, maior produção de leite e maior peso dos lóparos ao desmame, não afetando o número de nascidos (8,6). Os autores indicaram a utilização de programas, baseados em dietas com alta inclusão de fibra, para esses animais. Essas dietas proporcionam maior desenvolvimento do TGI, como observado por Fernandez-Carmona et al. (1998).

Os testes iniciais que avaliaram a utilização das dietas simplificadas foram realizados em condições temperadas, utilizando FAL. No Brasil, essa forrageira assume preços exorbitantes em algumas regiões, sendo sua utilização em dietas simplificadas, muitas vezes inviável. O feno do terço superior da parte aérea da mandioca, planta de clima tropical, se mostra como potencial substituto ao feno de alfafa.

Herrera (2003) realizou uma série de estudos avaliando a utilização de dietas simplificadas com base em feno de alfafa, feno de amoreira, feno de rami e feno do terço superior da rama da mandioca para coelhos em crescimento. Foi observado que os animais que recebiam dietas simplificadas apresentaram menor ritmo de crescimento e assim maior gasto de ração para atingirem o peso ao abate. Contudo, considerando o custo para produção de 1 kg de carne, a dieta simplificada com base no feno do terço superior da rama da mandioca, se mostrou uma alternativa interessante.

Já Machado (2006) não obteve bons resultados quando avaliou as dietas simplificadas com base em feno do terço superior da rama de mandioca (FTSRM) e feno de alfafa (FAL) para coelhas reprodutrices e coelhos em crescimento. As coelhas que recebiam a dieta com base em FTSRM não conseguiram se reproduzir durante quatro tentativas, pois os animais que recebiam esta dieta não ingeriam energia suficiente. Entre a dieta referência e FAL, a primeira apresentou os melhores

resultados ($p < 0,05$). Quanto aos animais em crescimento, os animais que recebiam dietas com base no FTSRM apresentaram resultados insatisfatórios. Nesta situação o material utilizado apresentou valor nutritivo muito baixo (1149,81 kcal/kgMS e 9,6% de ED e PD respectivamente). O autor enfatizou a necessidade da pesquisa de cultivares de melhor valor nutricional. Outra sugestão foi a da utilização de dietas semi-simplificadas, visando a busca pelo ponto de equilíbrio entre a máxima economia e o desempenho satisfatório do animal. Essas dietas poderiam ser formuladas também com base na mistura de forrageiras,

proporcionando maior complementaridade e equilíbrio nutricional.

Faria et al. (2008) avaliaram a digestibilidade das dietas simplificadas com base em FAL e FTSRM e o desempenho de coelhos em crescimento que recebiam estas dietas. Perceberam que a dieta simplificada com base no FTSRM proporcionou menores coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EB quando comparada às demais. O desempenho dos animais que receberam as dietas simplificadas foi inferior quando comparado aos que receberam a dieta teste. Os resultados deste experimento podem ser apreciados na Tabela 09.

Tabela 09

Desempenho de coelhos dos 35 a 70 dias de idade alimentados com dietas simplificadas, à base de feno de alfafa e feno de rama de mandioca.

Característica	Dieta referência	Feno de alfafa	Feno da rama da mandioca
Peso vivo 70 dias (g)	2277a	1958b	1844b
GPD 35-70 dias (g)	44a	37b	35b
Consumo diário 35-70 dias (g)	147a	150 ^a	159a
CA	3,3c	4,0b	4,6a
Peso da carcaça (g)	1.133a	938 ^a	849b
Rendimento da carcaça (%)	50a	48b	47b

Letras diferentes no sentido de linha diferem ($p < 0,05$) pelo teste SNK.
Retirado de Faria et al. (2008)

Embora inferior ao tratamento referência alguns resultados deste experimento são interessantes. O GPD dos coelhos que recebiam a dieta com base no FTSRM é próximo ao que Machado (2006) verificou para o tratamento referência (37,30 g/dia) e superior ao que Herrera (2003) encontrou também para o tratamento referência (29,06 g/dia). Uma análise econômica é necessária na avaliação das dietas simplificadas.

Com base no exposto, poderia ser indicada dieta semi-simplificada com inclusão máxima de óleo vegetal (6%), inclusão máxima de melaço de cana (3%), fornecimento de mínima quantidade (5%) de uma fonte protéica de alta qualidade, como o farelo de soja, afim de se minimizar as deficiências aminoacídicas e reduzir os

custos com a suplementação destes nutrientes, como realizado por Harris et al. (1981). Outra proposta é a incrementação da concentração de amido para benefício da atividade cecotrófica, conforme indicado por Santos et al. (2004). Os principais aminoácidos limitantes, tradicionalmente suplementados (lisina, metionina e treonina) devem ser equilibrados. Poderia ser adequada também a suplementação de arginina, conforme realizado por Fernandez-Carmona et al. (1998). A partir dessas condições há possibilidade da utilização de cerca de 80% de uma forrageira de boa qualidade, inferior ao valor tradicionalmente utilizado nas dietas simplificadas, que é de cerca de 90%. Outro conceito importante é a utilização de misturas de forrageiras, visando complementaridade e melhora na

eficiência de utilização, conforme indicado por Machado et al. (2007b) e Faria et al. (2008).

As idéias anteriormente apresentadas são essenciais para a composição de uma dieta semi-simplificada, na busca do ponto de equilíbrio entre a máxima economia e o desempenho satisfatório animal (Machado, 2006).

Para avaliação da digestibilidade *in vivo* das dietas com alta inclusão de alimentos fibrosos e do valor nutritivo desses alimentos, diferentes metodologias podem ser adotadas. O método da coleta total de fezes é frequentemente utilizado conforme

$$100 \text{ g da dieta 2: } 214,35 = (96 \times \text{ED FAL}) + (1 \times \text{ED Gordura}) + (0,4 \times 5,57) \\ 100 \text{ g da dieta 3: } 241,87 = (88,1 \times \text{ED FAL}) + (8,9 \times \text{ED Gordura}) + (0,4 \times 5,57)$$

Dessa forma, foram determinados os valores de 2167 e 5703 de ED para o FAL e gordura respectivamente.

Já Herrera (2003) e Machado et al. (2007a), para determinação do valor nutricional dos alimentos fibrosos, utilizaram o método direto, baseando-se nos resultados obtidos por Fernandez-Carmona et al. (1998) e que a digestibilidade dos aminoácidos é de 100%, a energia digestível da metionina é de 5736,14 Kcal/Kg de MS e a PD desta é 585 g/Kg de MS, a ED da lisina é 4730 Kcal/Kg MS e a PD desta é 934g/Kg de MS e a ED da treonina é 3975 Kcal/Kg de MS e a PD é 720g/Kg de MS. Os valores de ED do óleo de soja e do melão em pó considerados foram de 8517 e 2780 Kcal/Kg (Villamide et al., 1998).

1.9 - Ensaios de digestibilidade *in vitro* na avaliação dos alimentos para animais

Para equilíbrio eficiente das rações, o conhecimento do valor nutricional dos

indicado por Scapinello et al. (2005). É indicado o fornecimento direto do alimento peletizado ao animal, o que é de difícil operação e aceitação. Um alimento fornecido nessas condições apresentaria diferente comportamento digestivo.

Fernandez-Carmona (1998), determinou a ED, considerando que os aminoácidos apresentaram 100% de digestibilidade e que não há nenhuma interação entre a fibra dietética e a gordura. Assim, determinou-se a ED das dietas, por ensaio de digestibilidade, considerando a ED dos aminoácidos de 5,57 kcal/g e montando o seguinte sistema:

alimentos é fundamental. Os ensaios de digestibilidade tradicionais, rotineiramente utilizados na avaliação dos alimentos, são demorados, requerem muitos animais, são trabalhosos e onerosos. A técnica da digestibilidade *in vitro* simula o processo digestivo animal, sendo uma forma simples, rápida e de baixo custo para predizer o valor nutricional dos alimentos, tendo alta correlação com as medições *in vivo*.

Diversos testes enzimáticos ou fermentativos são comumente utilizados em ensaios *in vitro*. Os enzimáticos se referem à utilização da enzima ou complexo enzimático sob condições específicas sendo exemplos a utilização de pepsina, pancreatina, carboidrases, dentre outras. Outros ensaios fermentativos utilizam inóculo que contém os microorganismos, garantindo a digestão de carboidratos fibrosos, dentre outros nutrientes, com posterior fermentação. O teste tradicional, proposto inicialmente por Tilley e Terry (1963) apresenta primeira fase fermentativa com posterior digestão enzimática. Este método foi desenvolvido para se avaliar forrageiras utilizadas na alimentação de

animais ruminantes e foi amplamente modificado por vários pesquisadores e instituições. Consiste de um teste gravimétrico onde a digestibilidade é

verificada a partir da quantificação da perda de peso da amostra após as duas fases do processo. A figura 07 apresenta resumidamente as fases desse teste.

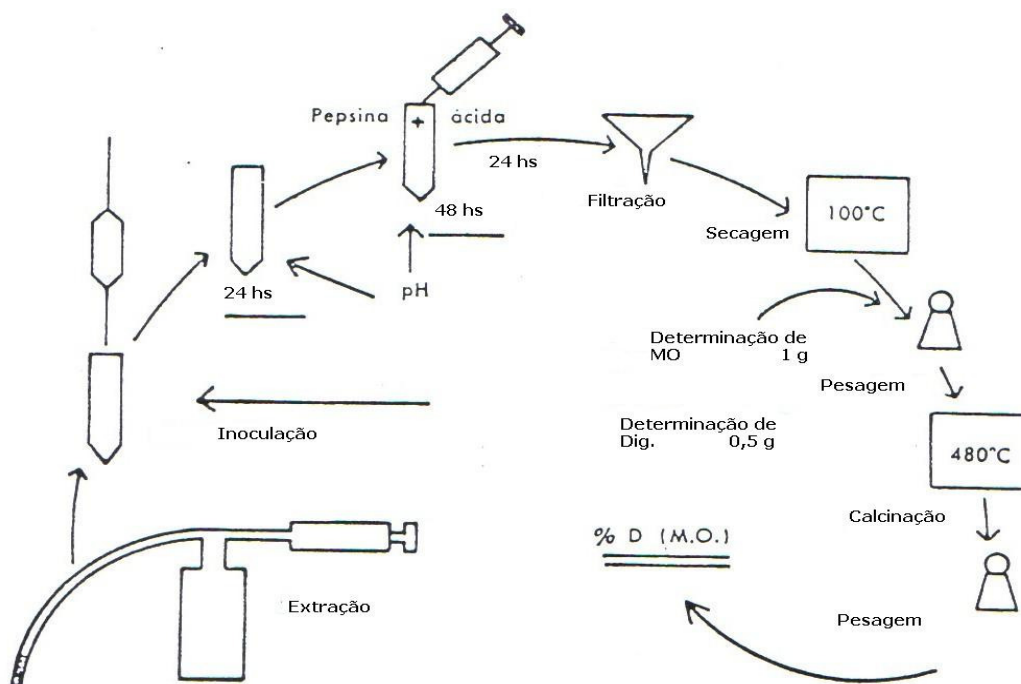


Figura 07 – Esquematização do método proposto por Tilley e Terry (1963).

Um teste que vem ganhando grande aceitabilidade nos últimos anos é a digestibilidade *in vitro* com produção de gases que consiste na quantificação do volume de gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) produzidos durante a fermentação. Essa produção tem alta correlação com a digestibilidade *in vivo*. A quantificação pode ser realizada medindo-se o volume em seringas ou através da medição da pressão que é proporcional ao volume produzido. Essa técnica proporciona maior acurácia, repetibilidade e sensibilidade sendo possível o estudo da cinética da fermentação (Menke e Steingáss, 1988;

Khazaal, 1995, Pell et al., 1997; Maurício et al. 1999), o que não seria possível na utilização do método gravimétrico tradicional. Para isso, a medição deve ser realizada em intervalos pré-definidos, os quais podem variar em função da espécie.

Um método extremamente eficiente foi proposto por Maurício et al. (1999), chamado de produção semi-automática de gases, o qual utiliza um sensor de pressão sendo o volume de gás obtido através de equações matemáticas. O modelo de France et al. (1993) é aplicado para descrever a produção acumulada de gás e o perfil de

degradação em termos de taxa fracional da produção de gás (μ), fase Lag (L) e potencial de degradação e produção de gás (A). Para estimar o volume interno de gás dos frascos é utilizada a lei dos gases de Boyle's ($G_p = V_h/P_a \times P_t$, onde G_p é o volume de gás produzido, V_h representa o volume do espaço entre a rolha e o líquido, P_a é a pressão atmosférica e P_t é a pressão de leitura do equipamento). Equações específicas para cada local, em diferentes pressões atmosféricas, devem ser pesquisadas.

Essa técnica apresenta grandes vantagens quando comparada a outros métodos de produção de gás, pois é bastante simples, têm baixo custo de execução e alta capacidade de descrever a cinética da degradação e fermentação inicial, apresentando bastante eficiência e acurácia, além de reduzir o potencial de erro na leitura do gás produzido. Deve-se considerar também a elevada capacidade de se trabalhar com grande número de amostras em uma só vez (Maurício et al., 1999).

1.10 - Simulação das condições do processo digestivo dos coelhos

O coelho é um animal que apresenta ceco funcional, havendo fermentação microbiana, com posterior produção de AGVs, dentre outras substâncias (De Blas e Mateus, 1998).

O inóculo é o líquido obtido a partir da câmara fermentativa do animal, sendo filtrado para retirar partículas grosseiras e que contem toda ou parte da microbiota responsável pela fermentação e degradabilidade, devendo ser misturado a um meio de cultura. Nos ensaios específicos para coelhos, pode ou não haver a adição do inóculo que pode ser coletado a partir do ceco do animal, preferencialmente no período matutino (Souza et al., 1998; Calabro et al., 1999; Pascual et al., 2000; Ferreira et al., 2001; Coelho et al., 2008;

Euler, 2009). Os animais fornecedores de inóculo, devem estar recebendo alimentos de constituição mais próxima possível aos avaliados. Quanto à idade, Calabro et al. (1999) e Stanco et al. (2003) utilizaram animais de 75 dias para fornecimento do inóculo. Para os coelhos pode ser adotada a técnica do abate, com posterior retirada do ceco para obtenção do inóculo. Este processo deve ser rápido e o material coletado deverá ser amarrado e acondicionado em garrafas térmicas previamente aquecidas e mantidas a 39°C. Esse inóculo deverá ser filtrado em peneira específica ou em camadas de gaze.

O meio de cultura, comumente chamada de saliva artificial ou solução tampão, também é utilizada em ensaios para coelhos, garantindo nutrientes essenciais aos microorganismos durante o processo fermentativo, inibindo quedas bruscas de pH. Para esses ensaios, podem ser utilizadas várias soluções, sendo comum as desenvolvidas por McDougall ou Teodorou. Em ensaios que descrevem a produção de gases, a solução de Teodorou et al (1994) é utilizada (Calabro et al., 1999; Stanco et al., 2003). O inóculo obtido deve ser adicionado ao meio de cultura em proporções previamente definidas, como realizado por Calabro et al. (1999), Pascual et al. (2000), Ferreira et al. (2001) e Stanco et al. (2003). Para a garantia da temperatura de 39°C, durante o teste, pode ser utilizada estufa, equipamento específico ou sala climatizada. Como a fermentação se procede em condições anaeróbicas, é necessário saturação do sistema com CO₂ a partir de um cilindro. Calabro et al. (1999) prepararam inóculo cecal abatendo-se coelhos que obtiveram um ganho de peso normal, recebendo dieta de crescimento, oferecendo alimento até as 18 h do dia anterior ao abate o qual foi feito às 9 h na manhã seguinte. No momento da coleta, o ceco foi retirado e amarrado com cordão de náilon para prevenir perdas. O conteúdo cecal foi diluído em 1:1 com o meio de cultura, e foi

filtrado em 6 camadas de gaze. Durante o procedimento houve saturação com CO₂ além da manutenção da temperatura em 39°C. A quantidade adicionada desse inóculo em cada tubo foi de 5 mL. Procedimento semelhante foi realizado por Stanco et al. (2003). Já Pascual et al. (2000) utilizaram 200 gramas de conteúdo cecal sendo diluído em 320 mL do meio de cultura, sob gaseamento constante de CO₂. O conteúdo cecal foi macerado, filtrado e após centrifugado.

O líquido cecal obtido pode ser também congelado para posterior utilização, em até três meses, conforme verificado por Stanco et al. (2003) e Euler (2009).

Quando é necessário estudar a cinética da fermentação, deve-se adotar intervalos de leitura que reflitam as condições internas do animal. Ferreira et al. (2001) fizeram as medições nos tempos 2, 4, 6, 8 e 10 h. Já Coelho et al. (2008) e Euler (2009) realizaram leituras nos períodos de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18 e 24 h. Calabro et al. (1999) realizaram este teste em 96 h de fermentação e perceberam que a máxima produção de gás é observada no intervalo entre 4,67 e 9,66 h. O tempo de fermentação é relativamente curto, sendo próximo a 10-12 h (Ferreira et al., 2001; De Blas et al., 2002).

1.11 - Técnicas utilizadas na avaliação dos alimentos para coelhos

A maior parte dos ensaios *in vitro* utilizados na avaliação de alimentos para coelhos foram adaptados a partir de testes tradicionais já realizados para outros animais, principalmente ruminantes (Calabro et al., 1999). Esses testes consideravam a atividade do inóculo, o controle do pH (similar ao da câmara fermentativa), temperatura uniforme, anaerobiose (ausência de oxigênio) e tempo de fermentação adequado.

Ramos et al. (1992) desenvolveram um sistema multienzimático para avaliação da digestibilidade *in vitro*, sendo a metodologia baseada em testes propostos para suínos. O método consistiu de três etapas de incubação sendo a primeira reproduzindo as condições do estômago (uso de pepsina em pH 2,0), a segunda as condições do intestino delgado (uso de pancreatina em pH 6,8) e a terceira simulando as condições do ceco (complexo multienzimático composto por carboidrases em pH 4,8). Durante os testes, a temperatura foi ajustada em 40°C. Foi observado que a digestibilidade da MS demonstrou boa correlação entre os testes *in vivo* e *in vitro* sendo a equação de regressão encontrada: $\text{Dig. MS } in vivo = -2,5 + (0,95 \text{ Dig. MS } in vitro)$, apresentando R² de 0,88. A partir dos resultados *in vitro* e de análises químicas, os autores chegaram a outra equação: $\text{Dig. MS } in vivo = 7,54 + (0,88 \text{ Dig. MS } in vitro - (0,3 \text{ FB}))$ apresentando R² de 0,90, sendo a elevação deste coeficiente devida à inclusão da fibra bruta (FB) como fator. A digestibilidade da MS é inversamente correlacionada com o conteúdo de fibra da dieta. Para a digestibilidade da proteína, os resultados *in vitro* foram sempre maiores que os *in vivo*, devido principalmente às estimativas de digestibilidade aparente trazerem consigo subestimação advinda de erros inerentes à fração endógena.

Ramos e Carabaño (1996) avaliaram a digestibilidade *in vitro* de dietas para coelhos em comparação com a digestibilidade *in vivo*, a fim de se obter e validar as equações de predição anteriormente descritas por Ramos et al. (1992). Para os testes foram coletadas dietas comerciais e experimentais além de outras advindas de diferentes países. A digestibilidade *in vivo* foi determinada a partir do método tradicional da coleta total de fezes e a digestibilidade *in vitro* foi realizada a partir da metodologia proposta por Ramos et al. (1992). Foram obtidas as equações: $\text{Dig. MS } in vivo = 5,49 + 0,86 (\text{Dig. MS } in vitro)$ apresentando R² de 0,84,

Dig. EB = 15,74 + 0,69 (Dig. MS *in vitro*) apresentando R² de 0,64 e ED = 591,58 + 31,06 (Dig. MS *in vitro*) que apresentou R² de 0,55. Os autores concluíram que a técnica da degradabilidade *in vitro* foi mais repetível e confiável que os índices fibra bruta e fibra em detergente ácido (FDA) e que a mesma foi capaz de prever o valor nutritivo das dietas experimentais. As equações obtidas podem ser recomendadas para avaliação nutritiva de dietas para coelhos.

Calabré et al. (1999) trabalharam com a técnica da produção de gás a fim de se prever a digestibilidade *in vivo* dos nutrientes dos alimentos para coelhos.

Foram utilizadas dez diferentes dietas sendo medida a produção cumulativa de gás em meio anaeróbico, a 39°C, com inóculo retirado do ceco dos animais. A produção de gás foi realizada durante 96 h e várias medições de pressão e volume foram realizadas. O modelo monofásico, modificado de Michaelis-Menten, foi adotado para descrever o perfil da cinética da produção de gás. Esse modelo proporcionou boa descrição das curvas de cada dieta e ainda coeficiente de determinação elevado. Um exemplo do padrão de fermentação é observado no gráfico 04.

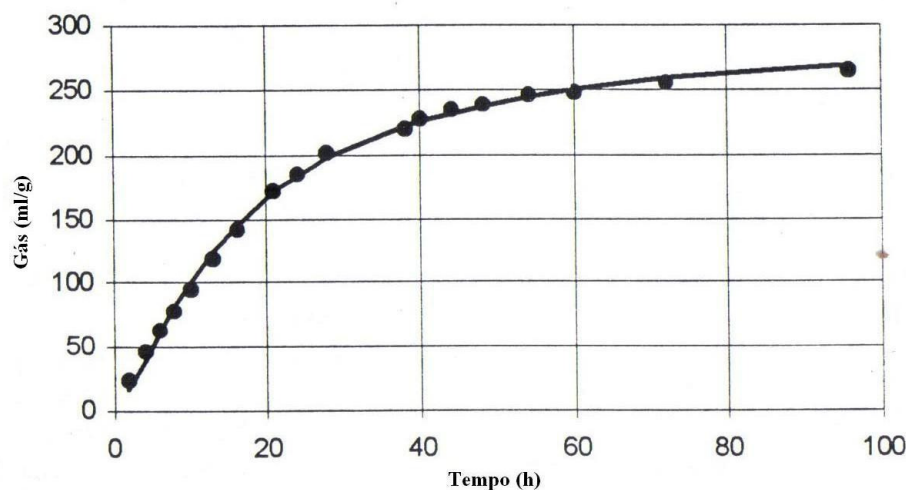


Gráfico 04 - Curva de produção cumulativa de gás em função do tempo de fermentação
Extraído de Calabré et al. (1999)

Foi observado também que o período onde acontece a máxima degradação está compreendido entre as 4,67 e 9,66 h. As equações encontradas que melhor estimam a digestibilidade *in vivo* da MS, MO e EB foram, respectivamente: Dig. *in vivo* MS(%) = - 40,2 + 1,026 perda de MO(%) + 0,150 A (mL/g) (R² = 0,748; Dig. *in vivo* MO (%) = - 36,3 + 1,000 perda de MO(%) + 0,146 A (mL/g) (R² = 0,725); Dig. *in vivo* EB(%) = - 38,7 + 1,019 perda de MO(%) + 0,148 A

(mL/g) com (R² = 0,744). Os resultados positivos deste trabalho reforçam a possibilidade da utilização da técnica de produção de gás usando inóculo cecal.

Souza et al. (1998) avaliaram a qualidade da fibra do rami, em duas diferentes idades (30 e 60 dias), através da degradação *in vitro* e de sua cinética. Inicialmente os autores submeteram a amostra ao detergente neutro e logo após incubaram com inóculo cecal de

coelhos. Após a incubação, foi medida a produção de gás, durante diferentes intervalos. Foi observado que a produção de gás às 72 h foi maior para a amostra advinda da planta mais jovem. Foi observada também maior digestibilidade *in vitro* da FDN para as amostras de rami colhida aos 30 dias. A correlação entre as duas técnicas se mostrou alta ($R^2 = 0,96$) indicando ser possível a utilização da produção de gás para estimar a degradabilidade *in vitro*, além da possibilidade do estudo da cinética de fermentação. As soluções detergentes, tradicionalmente utilizadas para análise de fibras, podem deixar resíduos inibidores da atividade microbiana.

Ferreira et al. (2001) compararam a digestibilidade *in vivo* com a obtida *in vitro* para coelhos, utilizando a técnica semi-

automática da produção de gás, utilizando dietas com níveis crescentes de óleo de soja e gordura animal. Foram realizadas leituras nos períodos de 2, 4, 6, 8 e 10 h de incubação com inóculo retirado do ceco dos animais. Foi observado que mesmo utilizando um substrato diferente ao que chega ao ceco, existe alta tendência da simulação da fermentação cecal através da técnica de produção de gás durante as duas primeiras horas de incubação. Foi enfatizada a necessidade do desenvolvimento de equações, relacionando dados *in vitro* e *in vivo*, as quais possam ser utilizadas para prever a digestibilidade da MS em coelhos. O gráfico 05 explicita a cinética da fermentação no período de 0 a 10 h de incubação. Pode-se perceber elevada taxa fermentativa nas 4 primeiras horas.

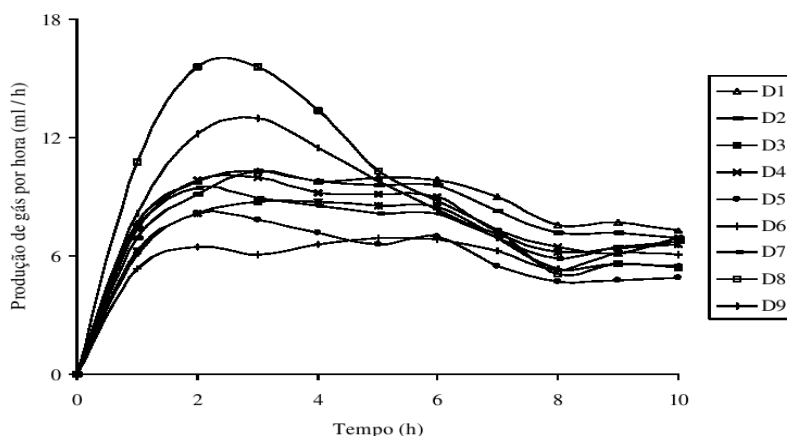


Gráfico 05 – Representação da cinética de fermentação cecal *in vitro* de coelhos em crescimento alimentados com diferentes níveis e tipos de gordura. (D1 a D9 representam as diversas dietas experimentais)
Extraído de Ferreira et al. (2001)

Coelho et al. (2008) avaliaram a digestibilidade *in vivo* de cinco dietas com diferentes níveis de inclusão de *Lithothamnium sp.* em comparação com a obtida *in vitro* pela técnica da produção de gás (Maurício et al., 1999). Foi utilizado inóculo cecal de coelhos abatidos após a

determinação da digestibilidade *in vivo*. Foram observadas diferenças entre a digestibilidade obtida pelas duas metodologias. É necessário enfatizar que nenhuma técnica simula exatamente o que acontece internamente ao animal e que normalmente os valores *in vitro* apresentam

resultados inferiores e diferentes aos obtidos *in vivo*. Equações que proporcionem alta acurácia, correlacionando as duas técnicas, devem ser pesquisadas.

Euler (2009) avaliou a técnica descrita por Tiley e Terry (1963) na avaliação da digestibilidade *in vitro* de cinco rações para coelhos (tabela 10). Foram utilizados dois tempos de fermentação na primeira fase, sendo de 24 e 48 horas. Foi observado que o menor tempo proporcionou valores

ligeiramente inferiores (2,29% de variação média) aos obtidos *in vivo* enquanto que o maior tempo de fermentação proporcionou resultados superiores (28,63% de variação). Foi avaliada também a técnica semi automática da produção de gases, utilizando 6, 12 e 24 h de fermentação, utilizando-se inóculo cecal fresco ou congelado. Os dados de produção de gás apresentaram alta correlação com a degradabilidade das dietas após 24 h de fermentação.

Tabela 10
Comparação entre os valores de digestibilidade obtidos *in vivo* e *in vitro*

Média	Digestibilidade da MS		
	TT 24 h*	TT 48 h*	In vivo
Dieta controle	55,44	66,47	55,36
Dieta 0,25%	55,09	72,27	56,62
Dieta 0,50%	55,40	76,21	57,57
Dieta 0,75%	56,53	72,31	56,94
Dieta 1,0%	53,42	75,82	55,71

Extraído de Euler (2009)

*Metodologia proposta por Tiley e Terry (1963) com primeiro estágio em 24 ou 48 h.

Para que a comunidade científica padronize uma técnica são necessários diversos testes de comparação para a verificação da acurácia e repetibilidade de cada uma. Pascual et al. (2000) testaram três diferentes métodos de avaliação *in vitro* em dietas para coelhos sendo a utilização de um complexo multienzimático, inóculo cecal e inóculo fecal, utilizando sete diferentes dietas experimentais que variavam muito em sua composição, principalmente quanto ao conteúdo de FDA. A digestibilidade da MS foi bem estimada, principalmente usando os indicadores fibrosos onde a equação Dig. MS = 86,41 – 1,01 FDA (%MS), com R² de 0,80, foi encontrada. Os métodos que utilizaram inóculo cecal e complexo multienzimático apresentaram coeficiente de determinação (R²) elevado sendo de 0,81 e 0,94 respectivamente, superiores ao observado quando se utilizou somente índices do conteúdo fibroso. Quanto à

repetibilidade, essas duas técnicas apresentaram valores adequados, principalmente a técnica que utilizou complexo multienzimático.

1.12 - Fitatos e polissacarídeos não amiláceos (PNAs)

A parte aérea da mandioca contém fitato e outros fatores antinutricionais que reduzem o aproveitamento dos nutrientes (Flores, 1998; Wobeto et al. (2007). Bertechini (2006) discorre sobre os fatores antinutricionais contidos nos alimentos, sendo os mais comuns aqueles que interferem no processo digestivo, podendo-se destacar os fitatos, que formam quelatos (complexos insolúveis) principalmente com os minerais bivalentes, e os polissacarídeos não amiláceos (PNAs) que aumentam a viscosidade da dieta no intestino,

dificultando a ação das enzimas endógenas e absorção de nutrientes, além de constituírem uma barreira física à ação das enzimas digestivas, protegendo o conteúdo celular.

O fitato e ácido fítico são os termos normalmente usados para nomear o substrato da enzima fitase. Refere-se a uma substância composta de seis resíduos de ácido ortofosfórico ligados ao inositol (mio-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6 hexafosfato) sendo o ácido fítico a forma livre desse composto. Encontra-se em diferentes localizações nas plantas, interagindo com cerca de 60 a 80% do fósforo total, indisponibilizando-o para o animal (Jalal e Scheideler, 2001; Dari, 2004; Gonçalves et al., 2005; Corrêa et al., 2007, Nagashiro, 2007). De acordo com Bedford (2000); Dari (2004) e Nagashiro (2007), a natureza antinutricional do fitato pode ser atribuída a fatores como:

- Alta reatividade da molécula proporcionando ação quelante forte, ligando e indisponibilizando metais como Ca^{++} , Mg^{++} , Zn^{++} , Fe^{++} no trato gastrintestinal.
- Formação de complexos com aminoácidos que resistem à degradação por enzimas específicas, pois os grupos fosfato do ácido fítico podem se ligar eletrostaticamente aos grupos amina terminais ou aos resíduos de lisina e arginina.
- Interação com as enzimas amilase, tripsina, fosfatase ácida, dentre outras, havendo redução da atividade e/ou inibição.
- Formação de um complexo fitato-mineral-proteína que pode ser formado com cátions multivalentes. Essas proteínas ligadas são menos susceptíveis à hidrólise das proteases.

A ação antinutricional do fitato pode ser exemplificada na figura 08.

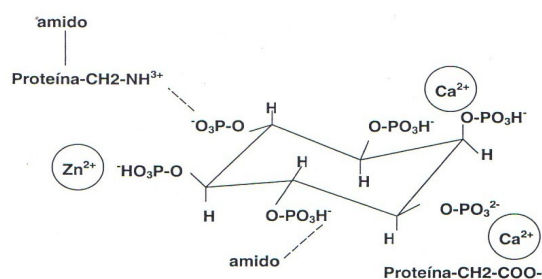


Figura 08 – Complexação de nutrientes pela molécula do fitato

Outro fator antinutricional, que tem ganhado destaque nos últimos anos, são os polissacarídeos não amiláceos (PNAs). São diversos os PNAs citados na literatura entre eles a celulose, os homopolissacarídeos: pentosanos (arabanos e xilanos), hexosanos (glicanos, frutanos, mananos, galacturanos e glicosamina), os heteropolissacarídeos como a hemiceluloses, as gomas, substâncias pécicas, sulfopolissacarídeos e aminopolissacarídeos. Quanto ao conteúdo dessas substâncias na plantas, a composição é muito variável. Nas leguminosas, por

exemplo, os PNAs têm duas funções, servindo de reserva energética além de serem componentes estruturais (Conte et al., 2003; Fernandes e Malaguido, 2004; Bertechini, 2006; Nagashiro, 2007).

Bedford (2000), Nagashiro (2007), Oliveira et al. (2007b), Oliveira et al. (2007a), Fernandes e Malaguido (2004) e Conte et al.

(2003) discorrem a respeito dos efeitos negativos dos PNAs, destacando:

- a) A solubilização parcial (PNAs solúveis) dos arabinosilanos e dos β -glucanos, aumentam a viscosidade intestinal, alterando a ação de enzimas digestivas, reduzindo o fluxo da digesta e absorção de nutrientes, provocando fezes mais pastosas. Há, portanto, diminuição da digestibilidade dos nutrientes.
- b) Encapsulação do conteúdo celular que contem amido e proteína (PNAs insolúveis), protegendo essas substâncias da ação de enzimas digestivas.
- c) São substratos para o crescimento microbiano intestinal, favorecendo o desenvolvimento de uma microflora indesejável.

A parte aérea da mandioca é rica em fibra, contendo diferentes polissacarídeos não amiláceos.

1.13 - Uso de enzimas exógenas na alimentação dos animais

As enzimas são catalizadores orgânicos que aceleram as reações. Atuam facilitando a ocorrência das mesmas, por reduzirem a energia de ativação (Champe e Harvey, 2002; Lehniger et al., 2002).

As enzimas exógenas são hoje largamente utilizadas no mundo todo em dietas para animais não ruminantes. Dari (2004) cita que mais da metade dos frangos de corte criados no Brasil recebem ração com adição de fitase. Bedford (2000) e Nagashiro (2007) citam que as principais razões para a inclusão desses aditivos nas rações dos animais são:

- a) Aumento no valor nutritivo das matérias primas, pois há disponibilização de nutrientes como o fósforo, proporcionando melhora no ganho de peso e conversão alimentar, além de que, secundariamente, ocorre redução no custo da dieta devido à

diminuição na utilização de ingredientes de custo elevado.

- b) Redução na variação da qualidade nutricional dos ingredientes sendo a resposta mais efetiva com o uso de enzimas em ingredientes de baixo valor nutritivo. A variação no crescimento dos animais é menor, assim como a variação no desempenho de lote para lote.
- c) Redução na incidência de fezes pastosas, pois dietas ricas em cevada, centeio, aveia, triticale e farelo de trigo, freqüentemente, resultam na produção de fezes úmidas, pois são ricos em PNAs. Para aves, há melhora no bem estar, pela redução da umidade da cama.
- d) Redução dos efeitos negativos de fatores antinutricionais como PNAs e ácido fítico, além da potencialização das enzimas endógenas. Essa ação é de extrema importância quando se utilizam animais jovens que, sabidamente, produzem uma menor quantidade de enzimas.
- e) Possibilidade da redução significativa nos custos da ração, devido à maior possibilidade da utilização de ingredientes de baixo custo, sem ocasionar problemas produtivos ou sobre a textura das fezes, havendo também a possibilidade da valorização do potencial nutritivo dos ingredientes.
- f) Redução da contaminação ambiental devido à redução da excreção de substâncias potencialmente poluentes não digeridas, tais como fósforo e nitrogênio.

A correta utilização de enzimas exógenas, depende de fatores como espécie, idade, sexo, tipo de criação, qualidade e quantidade dos ingredientes, processamento da ração e, principalmente, pela adequação entre o substrato presente nas rações e enzimas utilizadas.

Para frangos de corte, o efeito valorizador e/ou melhorias no desempenho dos animais foi comprovado por Silva et al. (2000); Tejedor et al. (2001); Fernandes et al. (2003); Conte et al. (2003); Strada et al.

(2005); Brito et al. (2006); Toledo et al. (2007) e Assuena et al. (2008). Resultados satisfatórios foram observados, na maioria das vezes, quando foi utilizada a enzima fitase. Dentre os efeitos das adições de enzimas exógenas nas rações das aves, a melhoria da disponibilidade do fósforo e demais minerais bivalentes é comprovada e diversos autores (Fonseca et al. 2000; Silva et al., 2000; Tejedor et al., 2001; Conte et al., 2003; Rodrigues et al. 2003; Oliveira et al., 2007b) observaram esse efeito positivo. Resultados satisfatórios com a enzima fitase foram observados quando níveis próximos a 1000 FTU foram utilizados para frangos de corte. Para poedeiras, resultados satisfatórios no desempenho e/ou qualidade da casca foram observados por Freitas et al. (2000), Jalal e Scheideler (2001), Costa et al. (2003), Casarteli (2003) e Ferreira et al. (2008) que trabalharam reduzindo o nível de fósforo disponível das rações com suplementação enzimática, comprovando a eficiência da fitase na recuperação do fósforo fítico. Fireman et al. (2000) perceberam que a adição de fitase proporcionou redução na excreção de fósforo e nitrogênio quando os animais foram alimentados com dietas com níveis crescentes de farelo de arroz. Resultados não satisfatórios também foram observados por Kishibe et al. (2000) que trabalharam com pintainhas *Hy line* não observando melhora no desempenho quando fora adicionado complexo enzimático composto por carboidrases.

Para suínos, Silva et al. (2008) avaliaram a digestibilidade ileal, percebendo melhora significativa na digestibilidade dos nutrientes. Através da análise de LRP, foi identificado o nível de 599,24 FTU como o que proporciona melhor digestibilidade. Ludke et al. (2000) perceberam melhoras na digestibilidade dos nutrientes, onde os níveis entre 220 e 508 FTU/kg proporcionaram melhor aproveitamento. Com a adição de fitase, foi também observado melhoras lineares no ganho de peso diário (GPD) e

conversão alimentar (CA), evidenciando a habilidade da fitase na melhoria do aporte nutricional. Já Teixeira et al. (2001) perceberam melhorias no GPD, consumo médio de ração e peso final, quando fora adicionado 0,6% de complexo enzimático formado por protease, amilase e celulase. Também Amarante Junior et al. (2002) perceberam melhorias no ganho de peso, utilizando o mesmo complexo enzimático, em nível de 0,1%. Outros efeitos benéficos da adição de enzimas sobre a digestibilidade e valores energéticos foram relatados por Rodrigues et al. (2000) que avaliaram a inclusão de carboidrases (amilase, xilanase, β -glucanase e pectinase) em dietas para suínos em crescimento.

Em animais de ceco e cólon funcionais, como eqüinos e coelhos, pequena quantidade de enzima fitase é produzida nestes compartimentos. Moura (2007) trabalhou com potros Mangalarga Marchador e incluiu fitase e probióticos nas dietas, sendo a primeira adicionada em 1250 FTU/dia para cada animal. Foi observado que a suplementação com fitase na dosagem de 205 FTU/kg de MS da dieta total (544 FTU/kg MS de concentrado) apresentou efeito benéfico no aproveitamento da fração fibrosa.

Para coelhos, os trabalhos brasileiros que avaliaram a inclusão de enzimas exógenas na alimentação são escassos e pouco consistentes. Valente et al. (2000) avaliaram o efeito da suplementação enzimática em dietas completas sobre as características de desempenho. O complexo enzimático com atividades protease e celulase, foi adicionado em níveis de 0,00; 0,05; 0,10; 0,15 e 0,20%. Apenas a conversão alimentar foi melhorada ($p < 0,05$) onde o tratamento com 0,05% de enzimas foi superior. Outros parâmetros não foram afetados pela inclusão da enzima. Em experimento semelhante, Dias et al. (2000) avaliaram a redução dos níveis de PB associada à suplementação enzimática (celulase e protease) e equilíbrio

dos principais aminoácidos limitantes. O complexo enzimático foi adicionado à dieta em níveis de 50g/tonelada. Foi percebido que a redução dos níveis protéicos associada à suplementação enzimática proporcionaram os melhores resultados. Já Santiago (2001) avaliou a adição da enzima protease em rações para coelhos, sendo observado: 1) A enzima foi resistente às condições de peletização e pH ácido, mostrando que há eficiência no trato gastrointestinal, 2) A suplementação enzimática não trouxe benefícios quando utilizada em nível de 0,05% sobre dietas com 14 e 17% de PB, baseadas em farelo de soja e farelo de canola; 3) Não houve diferenças entre a produção e constituição dos cecotrofos; 4) A adição da enzima não melhorou o desempenho dos animais, nem modificou a composição corporal. Contudo o autor enfatizou a necessidade da realização de mais trabalhos que avaliem a suplementação de enzimas exógenas, principalmente a fitase, em dietas para esses animais.

Gutierrez et al. (2000) avaliaram a inclusão da enzima fitase, em níveis de 1000, 2000 e 3000 FTU/kg, para coelhos em crescimento, verificando melhorias significativas na digestibilidade do P e PB. Os autores enfatizaram também a alta capacidade desses animais em aproveitar considerável parcela de fósforo fítico, quando comparado a suínos e aves. Isto se deve à presença da enzima fitase no ceco do animal e o hábito da cecotrofia. Guo-Xian et al. (2004) observaram redução linear sobre a excreção de fósforo a partir da inclusão de níveis crescentes de fitase. Os autores também observaram efeito quadrático sobre o GPD, com os melhores resultados a partir da inclusão de 800 FTU de fitase por kg de ração. Contudo não foram observadas melhorias no consumo e conversão alimentar. Já Eiben et al. (2008) reduziram a quantidade de fósforo e utilizaram níveis de 0,58; 0,45 e 0,35% para as dietas referência, controle negativo e teste, com 1000 FTU/kg de fitase. Não foram observadas diferenças

para consumo, conversão alimentar e GPD, comprovando os efeitos benéficos desta enzima sobre a absorção de fósforo. Na tentativa de melhorar o valor nutricional dos alimentos, Falcão e Cunha et al. (2008) incluíram enzima galactosidase, em níveis de 0,1 e 0,25%, em dietas onde a tremoço (*Lupinus albus*) foi utilizado como fonte fibrosa. Foi percebida melhora na digestibilidade dos componentes da parede celular sem, contudo, melhorias no desempenho produtivo.

1.14 - Referências bibliográficas

ABD EL-BAKI, S. M. A.; NOWAR, M. S.; BASSUNY, S. M.; et al. Cassava as new animal feed in Egypt 3- pelleted complete cassava feed for growing rabbits. *World Rabbit Science*, v. 1, n. 4, p. 139-145, 1993.

ALMEIDA P. A. A mandioca na alimentação animal. *Mandioca em foco*, n. 5, p. 1, 1990.

AMARANTE JÚNIOR V. S.; EVANGELISTA J. N. B.; SILVA H. O.; et al. Utilização de enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja para suínos na fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

ANDRADE J. O. *Efeito da inclusão do feno da parte aérea de mandioca (Manihot esculenta) na ração, sobre o desempenho reprodutivo de coelhas (Oryctolagus cuniculus) mestiças*. 1997. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

ASSUENA V.; JUNQUEIRA O. M.; DUARTE K. F.; et al. Viabilidade econômica do uso de fitase em rações para frangos de corte e avaliação dos teores de fósforo e nitrogênio na excreta. *Revista*

Brasileira de Ciência Avícola, suplemento 10, p. 78, 2008

BEDFORD M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition: their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, v. 86, p. 1-13, 2000.

BERTECHINI A. G. *Nutrição de monogástricos*. Lavras: UFLA, 2006. 301p.

BRITO C. O.; ALBINO L. F. T.; ROSTAGNO H. S.; et al. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de pintos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 2, p. 457-461, 2006.

BRUM P. A. R.; ALBINO L. F. T. Farinha integral e raspa residual de mandioca na alimentação de frangos de corte. *Comunicado Técnico da EMBRAPA Suínos e Aves*, n. 199, p. 1-2, 1993.

BUTOLO J.E. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. Campinas: CBNA, 2002. 430p.

CALABRÓ S.; NIZZA A.; PINNA W.; et al. Estimation of digestibility of compound diets for rabbits using the *in vitro* gas production technique. *World Rabbit Science*, v. 7, n. 4, p. 197-201, 1999.

CARABAÑO R.; PIQUER J. The digestive system of the rabbit. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 1-16.

CARABAÑO, R. M.; FRAGA, M. J.; SANTOMÁ, G.; et al. Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion and composition of soft and hard feces of rabbits. *Journal of Animal Science*, v. 66, n. 4, p. 901-910, 1988.

CARVALHO G. G. P.; PIRES A. J. V.; VELOSO C. M. Degradabilidade ruminal do feno de alguns alimentos volumosos para ruminantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecia*, v.58, n.4, p.575-580, 2006.

CARVALHO J. L. H. *Mandioca: Raiz e parte aérea na alimentação animal*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 1994. 11p.

CARVALHO J. L. H. Uso da parte aérea da mandioca na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 3, 1983, Brasília. *Anais...* Brasília: SBM, 1983. p. 13-38.

CARVALHO V. D. *XII Curso de capacitação de técnicos para a cultura da mandioca: Glicosídeos Cianogênicos*. Lavras: ESAL, 1978. 24p.

CARVALHO V. D.; MIRALDA B. P.; JUSTE-JUNIOR E. S. G.; et al. Características nutritivas de fenos do terço superior e das folhas de cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, v. 5, n.1, p. 63-70, 1986.

CARVALHO V. D.; GONÇALVES J. R. A.; BOTREL N; et al. Efeito da época de colheita nos teores de compostos fenólicos da parte aérea de três cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, v. 12, n.1, p. 31-37, 1993a.

CARVALHO V. D.; CHAGAS S. J. R.; BOTREL N.; et al. Teores de proteína na parte aérea de cultivares de mandioca em diferentes épocas de colheita. *Revista Brasileira Mandioca*, v. 12, n.1, p. 13-20, 1993b.

CARVALHO V. D.; PAULA M. B.; JUSTE-JUNIOR E. S. G. Efeito da época de colheita no rendimento e composição química de fenos da parte aérea de dez

cultivares de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, v. 4, n.1, p. 43-59, 1985.

CASARTELI E.; MUCKE D.; JUNQUEIRA O. M.; et al. Efeito de diferentes fontes e níveis de fósforo e da enzima fitase sobre o desempenho de poedeiras. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, suplemento 5, p. 49, 2003.

CEREDA, M.; VILPOUX, O.F. *Culturas de tuberosas amiláceas latinoamericanas: Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas*. v. 3. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. 711p.

CHAMPE P. C.; HARVEY R. A. *Bioquímica ilustrada*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 446p.

CHEEKE, P.R.; GROBNER, M.A.; PATTON, N.M. Fiber digestion and utilization in rabbits. *Journal Applied Rabbit Research*, v. 9, p. 25-30, 1986.

COELHO C. C. G. M.; EULER A. C. C.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação da digestibilidade da matéria seca *in vivo* com a estimativa da digestibilidade *in vitro* em coelhos. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABZ/UFPB, 2008. CD-ROM.

CONTE A. J.; TEIXEIRA A. S.; FIALHO E. T.; et al. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 5, p. 1147-1156, 2003.

CORRÊA A. D.; SANTOS S. R.; ABREU C. M. P. et al. Redução de polifenóis da farinha de folhas de mandioca. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v. 24, n. 2, p. 159-164, 2004.

CORRÊA G. S. S.; FONTES D. O.; MACHADO G. S.; et al. Uso da enzima

fitase na alimentação de suínos. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, v. 54, p. 1-97, 2007.

COSTA F. G. P.; DUARTE I. M. T.; NASCIMENTO G. A. J.; et al. Efeito da redução do fósforo disponível em dietas suplementadas com fitase sobre o desempenho de poedeiras de ovos marrons. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, suplemento 5, p. 63, 2003.

COSTA N. L.; MOURA G. M.; MAGALHÃES J. A. Regimes de corte em cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para alimentação animal. In: ZOOTEC, 2005, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABZ/UFMS, 2005. CD-ROM.

DARI R. L. A utilização de fitase na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. *Anais...* Castelo - Campinas: FACTA, 2004. p. 128-143.

DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 241-253.

DE BLAS, J. C.; GARCIA J.; CARABAÑO R. M. Avances em nutrición de conejos. In: SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27, 2002, Réus. *Anais...* Réus, 2002. p. 83-91.

DIAS J. C. C. A.; FERREIRA W. M.; SANTIAGO G. S. et al. Níveis crescentes de proteína em dietas suplementadas com complexo enzimático para coelhos em crescimento . 1. Desempenho produtivo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 52, n. 2, 2000.

EGGUM B. O. The protein quality of cassava leaves. *British Journal of Nutrition*, v. 24, p. 761-768, 1970.

- ELBEN C.; GIPPERT T.; GÓDON-SURMANN K.; PODMANICZKY B.; KUSTOS K. Effect of dietary phosphorus reduction and phytase supplementation on growth of the rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 9, 2008, Verona. *Proceedings...* Verona, 2008. p. 631-636.
- FALCÃO E CUNHA L.; SABINO I.; CASTRO-SOLLA L.; BRUNO-SOARES A.; FREIRE J. P. Improving the nutritive value of lupin seed for growing rabbits: galactosidase enzymes vs. washing. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 9, 2008, Verona. *Proceedings...* Verona, 2008. p. 661-666.
- FARIA H. G.; FERREIRA W. M.; SCAPINELLO C.; et al. Efeito da utilização de dietas simplificadas, à base de forragem, sobre a digestibilidade e o desempenho de coelhos Nova Zelândia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 10, p. 1797-1801, 2008.
- FERNANDES E. A.; BRANDEBURGO M. I. H.; SILVEIRA M. M.; et al. Avaliação da adição de enzima fitase em dietas de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, suplemento 5, p. 33, 2003.
- FERNANDES P. C. C.; MALAGUIDO A. Uso de enzimas em dietas de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. *Anais...* Castelo - Campinas: FACTA, 2004. p. 117-126.
- FERNANDEZ-CARMONA J.; SANTIAGO S.; ALQEDRA I.; et al. Effect of lucerne-based diets on the reproductive performance of rabbit does at high environmental temperatures. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 7, 2000, Valencia. *Proceedings...* Valencia, 2000. p. 203-208.
- FERNANDEZ-CARMONA, J.; BERNAT, F.; CERVERA, C.; et al. High Lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Science*, v. 6, n. 2, p. 237-240, 1998.
- FERREIRA A. S.; DONZELE J. L. A mandioca na alimentação dos suínos. *Suinocultura Dinâmica*, v. 14, p. 1-4, 1994.
- FERREIRA L. G.; GERALDO A.; MOREIRA J. N.; et al. Avaliação da suplementação de fitase em rações para poedeiras semi-pesadas. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, suplemento 10, p. 155, 2008.
- FERREIRA V. P. A.; MAURÍCIO R. M.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação entre a digestibilidade *in vivo* e digestibilidade obtida através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos e níveis de gordura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.
- FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31, 1994. Maringá. *Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Maringá: SBZ, 1994. p. 85-113.
- FERREIRA W.M.; PEREIRA, R. A. N. Avanços na nutrição de coelhos - Avaliação energética e protéica dos alimentos e necessidades nutricionais. In: *Nutrição animal: Tópicos avançados*. Departamento de Tecnologia Rural e Animal - UESB, 2003. p. 15-34.
- FERREIRA W. M.; HERRERA A. D. P. N.; SCAPINELLO C.; et al. Digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas simplificadas baseadas em forragens para coelhos em crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, n. 2, p. 451-458, 2007.

- FERREIRA-FILHO J. R. Influência da idade da planta sobre a produtividade e teor de proteína da parte aérea da mandioca. *Pesquisa em Andamento*, n. 35, p. 1-3, 1997.
- FERREIRA-FILHO, J. R.; MATTOS P. L. P.; GOMES J. C. *Feno da parte aérea da mandioca*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2004. 4p.
- FIREMAN A. K. B. A. T.; FIREMAN F. A. T.; LÓPEZ J. Nível de fósforo, nitrogênio e cálcio nas fezes de poedeiras alimentadas com dietas contendo farelo de arroz desengordurado e fitase. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- FLORES C. I. O. *Caracterização química e avaliação da biodisponibilidade de β -caroteno e da proteína da folha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) desidratada*. 1998. 160f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FONSECA R. A.; BARBERA J. B.; OLLÉ M. F.; et al. Determinação do valor energético da farinha de raiz de mandioca, com e sem adição de carboidrases, em dietas de aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- FRANCE J.; DHANOA M. S.; THEODOROU M. K.; et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminants feeds. *Journal Theory Biology*, v. 163, p. 99-111, 1993.
- FREITAS E. R.; FUENTES M. F. F.; ESPÍNDOLA G. B. Efeito da suplementação enzimática em rações à base de milho/soja sobre os ovos de poedeiras comerciais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- GIDENNE, T.; CARABAÑO, R. M.; GARCIA, J.; et al. Fibre digestion. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 69-88.
- GIDENNE T. Recent advances in rabbit nutrition: emphasis on fibre requirements, a review. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 1, p. 23-32, 2000.
- GIDENNE, T.; LICOIS, D. Effect of a high fibre intake on the resistance of the growing rabbit to an experimental inoculation with an enteropathogenic strain of *Escherichia coli*. *Animal Science*, v.80, p.281-288, 2005.
- GOMES H. S.; DOTONI C. E. *VII Curso intensivo nacional de mandioca: Aspectos nutricionais da mandioca na alimentação animal*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 1990. 32p.
- GOMES J. C.; SOUZA L. S.; MATTOS P. L. P. *Mandioca: Instruções práticas – cultivo, beneficiamento e usos para a Região do Rio Gavião*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2002. 24p.
- GOMES R. C.; ÍTAVO L. C. V. ÍTAVO C. C. B. F.; et al. Consumo de nutrientes de feno de *Brachiaria dictyoneura* e de silagem de parte aérea da mandioca, em ovinos. In: ZOOTEC, 2005, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: ABZ/UFMS, 2005a. CD-ROM.
- GOMES R. C.; ÍTAVO L. C. V.; ÍTAVO C. C. B. F.; et al. Digestibilidade aparente de nutrientes e nutrientes digestíveis totais de feno de *Brachiaria dictyoneura* e da silagem de parte aérea de mandioca em ovinos. In: ZOOTEC, 2005, Campo Grande. *Anais...*

Campo Grande: ABZ/UFMS, 2005b. CD-ROM.

GONÇALVES G. S.; PEZZATO L. E.; BARROS M. M.; et al. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a Tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 6, p. 2155-2163, 2005.

GRAÇA E. P.; FURTADO C. D.; FURLAN A. C. Valor nutritivo dos fenos de rama de mandioca (*Manihot esculenta* Crants), de alfafa (*Medicago sativa*) e de tifton 85 (*Cynodon dactylon*) para equinos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

GUO-XIAN Z.; ZHI-RUA F.; YU-DING W.; YUN-QI L.; GUAN-ZONG L. 2004. The effects of supplemental microbial phytase in diets on the growth performance and mineral excretion of rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 8, 2004, Puebla. *Proceedings...* Puebla, 2004. p. 1114-1120.

GUTIÉRREZ I.; GARCIA J.; CARABAÑO R.; MATEOS G. G.; DE BLAS J. C. Effect of exogenous phytase on phosphorus and nitrogen digestibility on growing-finishing rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 7, 2000, Valencia. *Proceedings...* Valencia, 2000. p. 277-281.

HARRIS D. J.; CHEEKE P. R.; PATTON N. M. Utilization of high alfafa diets by rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, v. 4, n. 2, p. 30-33, 1981.

HERRERA, A. P. N.; SANTIAGO, G. S.; MEDEIROS, S. L. S. Importância da fibra na nutrição de coelhos. *Ciência rural*, v. 31, n. 3, p. 557-561, 2001.

HERRERA A. P. N. *Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento*. 2003. 104f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. IBGE/CEPAGRO, Agosto de 2009.

IRMÃO J. N.; FIGUEIREDO M. P.; CRUZ P. G. et al. Efeito da época de colheita sobre a produção e qualidade nutricional do feno da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. “coqueiro”). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

JALAL M. A.; SCHEIDELER S. E. Effect of supplementation of two different sources of phytase on egg production parameters in laying hens and nutrient digestibility. *Poultry Science*, v. 80, p. 1463-1471, 2001.

JESUS V. S.; MORAES C. F.; TELES F. F. F.; et al. Teor de ácido cianídrico nas folhas e raízes de dez variedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), durante o primeiro ciclo. *Revista Brasileira de Mandioca*, v. 5, n. 2, p. 83-90, 1986.

KHAZAAL K. The *in vitro* gás production techniques. In: *Tropical animal feeding: a manual for research workers*. Rome: FAO Animal Production and Health, 1995. Paper 126, p. 215-220.

KISHIBE R.; ARIKI J.; LODDI M. M. Suplementação enzimática em rações com diferentes níveis de energia na fase inicial de criação de poedeiras expostas ao estresse calórico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

LEHNINGER A. L.; NELSON D. L.; COX M. M. *Princípios de bioquímica*. 3 ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 975p.

LORENZI J. O.; RAMOS M. T. B.; MONTEIRO D. A.; et al. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 52, n. 1, p. 1-5, 1993.

LUDKE M. C. M. M.; LÓPEZ J.; BRUM P. A. R. Influência da fitase na utilização de nutrientes em dietas compostas por milho e farelo de soja para suínos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 5, p. 1402-1413, 2000.

MACHADO L. C. *Avaliação de dietas simplificadas com base em forragem para coelhas reprodutivas e coelhos em crescimento*. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MACHADO L. C.; FERREIRA W. M.; FARIA H. G.; et al. Avaliação da digestibilidade aparente de dietas simplificadas com base em forragens para coelhas em reprodução. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, n. 1, p. 81-90, 2007a.

MACHADO L. C.; FERREIRA W. M.; FARIA H. G.; et al. Avaliação da dieta simplificada com base em feno de alfafa para coelhas reprodutoras. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, n. 2, p. 291-299, 2007b.

MARQUES C. M.; FIGUEIREDO A. V.; LOPES J. B. et al. Digestibilidade do feno da rama da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para suínos em crescimento e terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

MAURÍCIO R. M.; MOULDA F. L.; DHANOAB M. S.; et al. A semi-automated *in vitro* gás production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, v. 79, p. 321-330, 1999.

McDOUGALL, G.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; et al. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. *Journal Science Food Agriculture*, v. 70, p. 133-150, 1996.

MENKE K. H.; STEINGASS H. Estimation the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, v. 28, p. 7-55, 1988.

MICHELAN A. C. *Utilização de subprodutos da mandioca na alimentação de coelhos*. 2004. 119p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

MICHELAN A. C.; SCAPINELLO C.; FURLAN A. C.; et al. Utilização da casca de mandioca desidratada na alimentação de coelhos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 28, n. 1, p. 31-37, 2006.

MIRANDA D. H.; MACHADO L. C.; SANTOS T. A., et al. Inclusão da farinha das folhas de mandioca em dietas suplementadas com enzimas para poedeiras semi-pesadas: qualidade dos ovos. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG CAMPUS BAMBUÍ, 2, 2009, Bambuí. *Anais...* Bambuí: IFMG-Bambuí, 2009. CD-ROM.

MODESTO E. C.; et al. Composição química das folhas de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes épocas de colheita. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA

DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

MODESTO E. C.; SANTOS G. T.; DETMANN E.; et al. Avaliação de parâmetros e consumo ao substituir a silagem de milho pela silagem do terço superior da rama de mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003a. CD-ROM.

MODESTO E. C.; SANTOS G. T.; SILVA D. C.; et al. Substituição da silagem de milho pela silagem da rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003b. CD-ROM.

MORETINI C. A., LIMA J. A. F.; FIALHO E. T.; et al. Avaliação nutricional de alguns alimentos para equinos por meio de ensaios metabólicos. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 3, p. 621-626, 2004.

MOURA R. S. *Probiótico e fitase em dietas para potros mangalarga marchador*. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NAGASHIRO C. Enzimas na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. *Anais...* Castelo - Campinas: FACTA, 2007. p. 309-327.

OLIVEIRA A. F.G. *Subprodutos da mandioca na alimentação de coelhos*. 69 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

OLIVEIRA G. R.; LOGATO P. V. R.; FREITAS R. T. F.; et al. Digestibilidade de nutrientes em ração com complexo

enzimático para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 6, p. 1945-1952, 2007a.

OLIVEIRA M. C.; CANCHERINI L. C.; GRAVENA R. A.; et al. Utilização de nutrientes de dietas contendo mananoligossacarídeo e/ou complexo enzimático para frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 4, p. 825-831, 2007b.

OTSUBO A. A. *Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil*. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Norte/Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p.

PACCIULLO D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, v. 32, n. 2, p. 357-364, 2002.

PASCUAL J. J.; CERVERA C.; FERNANDEZ-CARMONA J. Comparison of different *in vitro* digestibility methods for nutritive evaluation of rabbit diets. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 2, p. 93-97, 2000.

PASCUAL, J. J.; CERVERA, C.; FERNANDEZ-CARMONA J. A feeding programme for young rabbit does based on lucerne. *World Rabbit Science*, v. 10, n. 1, p. 7-13, 2002.

PELL, A.N.; DOANE, P.H.; SCHOFIELD, P. In vitro digestibility and gas production. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.109-132.

PHUC B. H. N.; LINDBERG J. E. Ileal and total digestibility in growing pigs given cassava root meal diets with inclusion of cassava leaves, leucaena leaves and groundnut foliage. *Animal Science*, v. 71, p. 301-308, 2000.

- PHUC B. H. N.; OGLE B.; LINDBERG J. E. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention. *Animal Feed Science and Technology*, v. 83, p. 223-235, 2000.
- QUIÑÓNEZ R.; GONZÁLEZ C.; POLANCO D.; et al. Evaluación de diferentes tipos de desidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química. *Zootecnia Tropical*, v. 25, n. 1, p. 43-49, 2007.
- RAMOS A. M. P.; et al. Coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes e determinação da energia digestível em subprodutos da mandioca para tilápia do Nilo. In: ZOOTEC, 2006, Recife. *Anais...* Recife: ABZ/UFPE, 2006. CD-ROM.
- RAMOS M. A.; CARABAÑO R. M.; BOISEN S. An *in vitro* method for estimating digestibility in rabbits. *Journal Applied Rabbit Research*. v. 15, p. 938-946, 1992.
- RAMOS M.; CARABAÑO R. M. Nutritive evaluation of rabbit diets by an *in vitro* method. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 6, 1996, Toulouse. *Proceedings...* Toulouse, 1996. p. 277-282.
- RODRIGUES P. B.; FREITAS R. T. F.; FIALHO E. T.; et al. Efeitos da adição de enzimas sobre a digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações para suínos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- RODRIGUES P. B.; ROSTAGNO H. S.; ALBINO L. F. T.; et al. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 1, p. 171-182, 2003.
- SAMPAIO A. O. *IX Curso intensivo nacional de mandioca: Rações com raspas e feno de rama de mandioca*. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 1995. 5p.
- SANTIAGO G. S. *Suplementação enzimática a dietas com diferentes teores e fontes de proteína para coelhos em crescimento*. 2001. 96f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SANTOS E. A.; LUI J. F.; SCAPINELLO C. Efeito dos níveis de fibra em detergente ácido sobre os coeficientes de digestibilidade das dietas e desempenho de coelhos em crescimento. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 26, n. 1, p. 79-86, 2004.
- SANTOS T. A.; MACHADO L. C.; MIRANDA D. H., et al. Inclusão da farinha das folhas de mandioca em dietas suplementadas com enzimas para poedeiras semi-pesadas: desempenho e desenvolvimento do TGI. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG CAMPUS BAMBUÍ, 2, 2009, Bambuí. *Anais...* Bambuí: IFMG-Bambuí, 2009. CD-ROM.
- SCAPINELLO, C.; FALCO, J. E.; FURLAN, A. C.; et al. Valor nutritivo do feno de rama da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) para coelhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.
- SCAPINELLO C.; FALCO J. E.; FURLAN A. C.; et al. Desempenho de coelhos em crescimento alimentados com diferentes níveis de feno da rama da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Ciência Rural*, v. 30, n. 3, p. 493-497, 2000.

- SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; GIDENNE T. Importância da padronização de metodologias e técnicas experimentais para avaliação de alimentos em coelhos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. p. 190-203.
- SCHMIDT M.; FONSECA R. A.; HELMICH P. R.; et al. Farinha de folhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em dietas de poedeiras semi-pesadas com adição de protease, amilase e xilanase. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.
- SILVA D. J.; QUEIROZ A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA J.; FERREIRA FILHO J. R. Produção de biomassa de mandioca. *Mandioca em foco*, n. 34, 2007.
- SILVA H. O.; FONSECA R. A.; GUEDES FILHO R. S. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com e sem adição de enzimas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 3, p. 823-829, 2000.
- SILVA H. O.; SOUSA R. V.; FIALHO E. T.; et al. Influência da fitase sobre a digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos do farelo de soja em suínos na fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.
- SOUZA A. V. C.; LOPES D. C.; MALAFAIA P. A. M.; et al. Avaliação da qualidade da fibra do rami em duas idades diferentes, para coelhos, pelo método da digestibilidade *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. v. 4, p. 240-242.
- STANCO G.; DI MEO C.; PICCOLO G.; et al. Effect of stourage duration on frozen inoculum to be used for the *in vitro* gas production technique in rabbit. *Italy Journal of Animal Science*, v. 2, p. 265-270, 2003.
- STRADA E. S.; ABREU R. D.; OLIVEIRA G. J. C.; et al. Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34, n. 6, p. 2369-2375, 2005.
- TEIXEIRA A. O.; LOPES D. C.; NUNES P. M. N.; et al. Níveis de enzimas exógenas em rações para leitões na creche. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.
- TEJEDOR A. A.; ALBINO L. F. T.; ROSTAGNO H. S.; et al. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 3, p. 802-808, 2001.
- THEODOROU M. K.; WILLIAMS B. A.; DHANOA M. S.; et al. A simple gás production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 48, p. 185-197, 1994.
- TILLEY J. M. A.; TERRY R. A. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Journal Brithish Grassland Society*, v. 8, n. 2, p. 263-287, 1963
- TOLEDO G. S. P.; COSTA P. T. C.; SILVA J. H.; et al. Frangos de corte alimentados com dietas de diferentes densidades nutricionais suplementadas ou não com enzimas. *Ciência Rural*, v. 37, n. 2, p. 518-523, 2007.

TOMPIZ J.; GÓMEZ A.; RINCÓN H.; et al. Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo em pollos de engorde. *Revista Científica*, v. 17, n. 2, p. 143-149, 2007.

VALENTE S. S.; SANTIAGO G. S.; FERREIRA W. M.; et al. Desempenho de coelhos em crescimento recebendo dietas com suplementação enzimática. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 52, n. 2, p. 173-177, 2000.

VAN SOEST P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal Association Official Analysis*, v. 46, p. 829, 1963.

VAN SOEST P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

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

VELOSO C. M.; VALADARES-FILHO S. C.; SILVA J. C. P. M.; et al. Desempenho de novilhas nelore alimentadas com feno da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.

VIEIRA F. S.; GOMES A. V. C.; PESSOA M. F. Efeito da granulometria do bagaço sobre as características digestivas e a contribuição nutritiva dos cecotrofos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 4, p. 935-941, 2003.

VILLAMIDE, M. J., MAERTENS, C., DE BLAS, C.; et al. Feed evaluation. In: DE

BLAS, C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 89-102.

WOBETO C., CORRÊA A. D.; ABREU C. M. P., et al. Nutrients in the cassava (*Manihot esculenta* Crants) leaf meal at three ages of the plant. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 4, p. 865-869, 2006.

WOBETO C., CORRÊA A. D.; ABREU C. M. P., et al. Antinutrients in the cassava (*Manihot esculenta* Crants) leaf powder at three ages of the plant. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 108-112, 2007.

CAPÍTULO 2 – PRÉ - SELEÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA E POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DAS FRAÇÕES DO PROCESSAMENTO DA RAMA DA MANDIOCA NA ALIMENTAÇÃO DOS COELHOS: ESTUDOS PRELIMINARES

2.1 - Introdução

A produção de coelhos mostra-se como uma atividade promissora devido às diversas facilidades estratégicas na utilização deste animal. Para elaboração de suas dietas, ingredientes alternativos que substituam o feno de alfafa necessitam ser pesquisados. Para utilização eficiente de qualquer material é necessário um amplo estudo sobre suas características nutritivas e anti-nutritivas.

Originária do continente sul-americano, provavelmente no Brasil Central, a mandioca (*Manihot sculenta*) já era amplamente cultivada pelos indígenas. Devido à grande variabilidade de condições edafoclimáticas, há no Brasil, mais de 3000 cultivares de mandioca catalogadas (Gomes et al., 2002). Machado et al. (2007) citaram a grande variação existente na composição químico-bromatológica entre o feno do terço superior das diferentes cultivares de mandioca utilizadas. Otsubo (2004) destaca que a cultivar a ser utilizada na alimentação animal deve apresentar alta produtividade de raízes, de matéria seca e de parte aérea, com boa retenção foliar e altos teores de proteínas nas folhas, devendo também apresentar baixo conteúdo de fatores antinutricionais, a fim de se evitar intoxicação ou queda no aproveitamento. De acordo com Silva e Ferreira Filho (2007) e Veloso et al. (2008) na modalidade de plantio adensado, a mandioca é plantada em menor espaçamento onde a principal finalidade é a produção da parte aérea para

utilização na alimentação humana (combate à desnutrição) e animal.

Na Bahia, município de Presidente Tancredo Neves, na Fazenda Experimental Novo Horizonte, pertencente à COOPATAN (Cooperativa dos Produtores de Presidente Tancredo Neves), a modalidade de plantio adensado é bastante explorada sendo o produto fabricado e vendido em escala comercial. Neste local, a rama é seca e fracionada sendo separada em peneiras de distintos diâmetros que fornecem frações com diferentes relações folhas/caule desde a mais protéica, rica em folhas, até outra mais fibrosa, rica em caule. Para essa operação, foi adaptada máquina de processamento de chá. Esse material constitui fonte potencial para utilização na alimentação dos coelhos, sendo o custo das frações obtidas cerca de 40% menor quando comparado ao feno de alfafa.

Para avaliação do aproveitamento nutricional dos alimentos, várias metodologias podem ser utilizadas. Os ensaios *in vitro* se destacam como um meio menos oneroso e rápido para simular o processo digestivo animal. Esta técnica tem ampla aplicação na seleção de cultivares mais promissoras (Perez, 1997).

Este trabalho inicial objetivou estudar diferentes cultivares de mandioca a fim de se identificar as mais promissoras para estudos mais detalhados e conhecer a potencialidade das frações obtidas a partir do processamento da rama da mandioca, cultivar JACARÉ. Objetivou-se também realizar um estudo piloto visando a definição de condições ideais para realização do ensaio *in vitro* com produção de gases.

2.2 - Material e métodos

Este estudo foi conduzido nas instalações do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) Campus Bambuí,

Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical e Laboratórios de Nutrição Animal e de Produção de Gás do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG, no período de Julho de 2007 a Setembro de 2008.

As cultivares de mandioca foram coletadas na estação experimental Fazenda Novo Horizonte, pertencente à COOPATAN (Cooperativa de Produtores Rurais de Presidente Tancredo Neves), município de Presidente Tancredo Neves – BA, sendo denominadas de GRAVETINHO (GR), JACARÉ (JA), CACAU (CA), CIGANA (CI), KIRIRIS (KI), MANÉ MIÚDO (MM), SÃO PAULO 01 (SP), AIPIM COLOMBO (AC), AIPIM PARAGUAI (AP), AIPIM PRATO CHEIO (APC), AIPIM MANTEIGA (AM) e AIMPIM BRASIL (AB), sendo cultivares de reconhecida potencialidade, recomendadas pela EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical.

Para multiplicação do material e padronização das condições experimentais, foram plantadas, 30 manivas por cultivar, no Instituto Federal Minas Gerais, campus Bambuí-MG, num espaçamento de 1,00 x 1,00 m, em julho de 2007 e o terço superior

foi colhido em Maio de 2008. Para fertilização do solo, foi utilizado NPK na proporção de 60/90/60 kg/ha sendo as condições de solo semelhantes para todas as cultivares. Inicialmente, para evitar o apodrecimento das raízes no campo, foi realizada irrigação manual. O terço superior das cultivares foi colhido e fenado durante quatro dias em terreiro de concreto aberto e logo triturado para acondicionamento.

As frações do processamento foram colhidas na estação experimental Fazenda Novo Horizonte, pertencente à COOPATAN, município de Presidente Tancredo Neves – BA, sendo denominadas de F1, F2, F3, F4 e F5. A mandioca, cultivar JACARÉ, colhida aos quatro meses de idade, foi plantada sob plantio adensado, sendo 20000 plantas por hectare, e sua rama foi colhida e processada em máquina de chá adaptada, sendo separada em peneiras com diferentes diâmetros de abertura, desde uma com menor diâmetro, proporcionando maior conteúdo de folhas e menor de caule (F1) até outra com maior diâmetro, proporcionando menor conteúdo de folhas e maior de caule (F5). A secagem foi realizada internamente a máquina, previamente à trituração, tão logo o material fora colhido.



Figura 09 – Trituração e secagem da biomassa de mandioca obtida a partir do plantio adensado

Após redução do tamanho das partículas em moinho analítico (1 mm), foram realizadas as análises de MS, MO, FDN, FDA, PB e EB, conforme metodologias descritas no

Compêndio (2005), Silva e Queiroz (2002) e Van Soest et al. (1991). Determinou-se também o teor de cianetos totais (CT) conforme a metodologia proposta por Essers

(1994). Para predição do valor da ED para coelhos, foi utilizada a equação $ED = EB(\text{kcal/kg MS}) \times (84,77 - 1,16 \times \%FDA \text{ MS})/100$, proposta por De Blas e Mateos (1998), a qual apresenta alta acurácia e excelente predição na avaliação de alimentos utilizados na alimentação dos coelhos. Para estudo da potencialidade das frações, procedimento semelhante foi realizado, além das análises de Ca e P, utilizando as metodologias propostas pelo Compêndio (2005).

Para determinação da degradabilidade *in vitro* foi utilizado inoculo cecal, obtido a partir do abate de coelhos que recebiam dietas balanceadas. Esses animais foram abatidos e seus cecos foram rapidamente retirados e acondicionados em garrafas térmicas previamente aquecidas. O inóculo foi misturado à solução proposta por Theodorou et al. (1994) na proporção de 20:1 (solução:inóculo). A degradação foi avaliada durante 24 horas, permanecendo o frasco a uma temperatura de 39°C. Foi medida a produção de gás às 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24 h, sendo aplicada a técnica semi-automática descrita por Maurício et al. (1999). Após este período, foram determinadas as quantidades remanescentes de MS e MO para determinação da degradabilidade cecal, a qual foi fornecida pela fórmula:

$$DCMS = \{[MSI - (MSF - MSB)]/MSI\} \times 100$$

Onde:

DCMS = Degradabilidade cecal da MS

MSI = quantidade de MS inicial

MSF = quantidade de MS final

MSB = quantidade de MS do branco

Para a determinação da degradabilidade da MO, fórmula semelhante foi utilizada. Na mesma bateria foram determinadas também as degradabilidades do feno de Tifton 85 (FT) e feno de alfafa (FAL) visando a utilização dos valores obtidos para comparações.

Os dados de pressão (P; psi = pressão por polegada quadrada) foram utilizados para o cálculo do volume de gases produzidos a partir da equação matemática: $V = -0,004$ (s.e. 0,06) + 4,43 P (s.e. 0,043) + 0,051 P² (s.e.0,007), desenvolvida por Maurício et al. (2001), sendo específica para o laboratório de produção de gases, localizado na cidade de Belo Horizonte.

Neste primeiro experimento, priorizou-se a padronização das condições de plantio, preocupando-se principalmente em se obter material suficiente para estudos das cultivares, da potencialidade das frações e das condições *in vitro*.

2.3 - Resultados e discussão

Feno das cultivares

As cultivares: JACARÉ, MANÉ MIÚDO E AIPIM BRASIL foram descartadas por não apresentarem crescimento satisfatório nas condições de plantio e por não fornecerem material suficiente e representativo para avaliação.

Os resultados de MS, MM, MO, PB, FDN, FDA, EB, ED e cianetos totais (CT) encontram-se na Tabela 11. Pode-se verificar que o processo de fenação, durante quatro dias, foi eficiente para redução da umidade e produção do feno. Todas as cultivares apresentaram conteúdos de MM, superiores a 7,6%. Em comparação a outros materiais utilizados por Andrade (1997), Scapinello et al. (1999), Herrera (2003) e Machado et al. (2007), as cultivares apresentaram valor de PB inferior. Todas as cultivares se mostraram excelentes fontes de fibra (32,80 a 52,94% na MS), sendo esse princípio nutritivo muito importante no equilíbrio das dietas para coelhos. Quanto à ED, algumas cultivares apresentaram valor adequado para uma fonte fibrosa, principalmente a GR, sendo próximos aos valores apresentados por Herrera (2003) e

Scapinello et al. (1999) que verificaram valores de 2155,55 e 1905,81 kcal/kgMS e bastante elevado em comparação ao valor apresentado por Machado et al. (2007) que encontraram 1149,8 kcal/kgMS. Com exceção da cultivar CA, nenhuma cultivar apresentou nível de CT detectável pelo

método. Embora a cultivar CA tenha apresentado 9 ppm de CT, esse valor encontra-se abaixo do nível crítico de 100 ppm, valor encontrado somente em mandiocas bravas (Butolo, 2002; Otsubo, 2004).

Tabela 11
Valor nutritivo, teor de compostos cianogênicos e degradabilidade *in vitro* do feno do terço superior da rama de nove cultivares de mandioca.

Parâmetro	GR	KI	AC	AM	CA	AP	CI	SP	APC
MS (%)	87,06	84,73	86,18	85,76	87,63	86,60	86,52	88,30	86,21
PB (%MS)	15,09	18,06	16,73	15,28	12,85	14,98	15,81	14,24	14,95
MM (%MS)	9,36	9,60	9,87	10,21	10,22	9,25	10,26	9,86	8,64
MO (%MS)	90,64	90,40	90,13	89,79	89,78	90,75	89,74	90,14	88,99
FDN (%MS)	44,76	64,22	61,65	72,48	53,02	63,39	55,27	62,40	54,90
FDA (%MS)	32,80	41,51	45,51	52,94	40,67	41,86	39,40	44,27	41,39
Hemiceluloses (%MS)	11,96	22,71	16,14	19,54	12,35	21,54	15,87	18,13	13,51
EB ¹	4701,4	5049,8	4671,3	4483,4	4515,1	4698,4	4513,4	4670,0	4724,2
ED ²	2196,0	1849,1	1493,8	1048,1	1696,8	1701,4	1762,7	1560,6	1721,9
CT (ppm) ³	ND	ND	ND	ND	9,0	ND	ND	ND	ND
DMS (%)	28,45	28,49	19,13	9,93	25,00	35,83	40,45	19,12	29,19
DMO (%)	30,64	27,10	20,93	9,64	25,52	33,44	44,45	21,35	27,29

¹EB: Energia bruta, kcal/kgMS

²ED (kcal/kgMS)= EB(kcal/kg MS) x (84,77 – 1,16 X %FDA MS)/100 (De Blas e Mateos, 1998)

³Valores na matéria natural

ND: Não detectável pelo método proposto por Essers (1994)

GR: GRAVETINHO, KI: KIRIRIS, AC: AIPIM COLOMBO, AM: AIPIM MANTEIGA, CA: CACAU; AP: AIPIM PARAGUAI, CI: CIGANA, SP: SÃO PAULO 01, APC: AIPIM PRATO CHEIO

Os resultados para a degradabilidade da MS e MO encontram-se na Tabela 11. Pode-se verificar que a cultivar CI apresenta valor mais alto aos obtidos para todas as cultivares. Todos os valores obtidos são mais baixos que os encontrados por Coelho et al. (2008) que avaliaram a digestibilidade *in vitro* de dietas, através da técnica semi-automática de produção de gases, encontrando valores para a degradabilidade da MS entre 47,95 e 50,62%. Já Calabro et al. (1999) avaliaram dez dietas com diferentes níveis de fibra, durante 96h, encontrando valores de 49,6 a 70,8% de degradabilidade *in vitro* da MS. Quanto à degradabilidade da MO, Stanco et al. (2003) utilizaram inóculo cecal congelado e verificaram valores de 58,0% e 67,2% para dietas de alto e baixo conteúdo de fibra

respectivamente (20,2 e 28,9% de FDA). Dietas completas apresentam conteúdo mais elevado de constituintes alimentares facilmente fermentáveis, quando comparadas a alimentos com alto conteúdo de FDA, como o FTSRM. A degradabilidade da MS de todas as cultivares foram numericamente superiores ao FT (9,41%) e inferiores ao FAL (51,14%), material de reconhecida qualidade nutricional. A cultivar AM apresentou degradabilidade muito baixa, em função do alto nível de FDA (lignocelulose), sendo sua degradabilidade, sendo próxima ao valor encontrado para o FT.

As taxas de volume de gás (TVG) das cultivares oscilou sempre acima ou abaixo dos respectivos valores para o FT e FAL.

Notou-se que frações facilmente fermentáveis, são degradadas nas primeiras horas. De Blas et al. (2002) citam que em tempos de fermentação curtos (10 - 12 h), que correspondem aos valores típicos em coelhos, a proporção de fibra digerida é limitada e depende fundamentalmente do conteúdo de fibra de maior solubilidade, composta principalmente por pectinas, oligossarídeos, β -glucanos, pentosanas, entre outras, sendo essa fração facilmente disponível para os microrganismos. Já carboidratos como a celulose são degradados e a glicose liberada é fermentada após 18 h, o que foi observado também por Maurício et al. (2003). Os volumes acumulativos de gases (VAG) às 24 h, foram de 108,44; 104,71; 100,17; 102,98; 102,45; 97,03; 105,20; 102,30; 91,68; 91,92 e 133,68mL para as cultivares GR, SP, AC, KI, APC, AP, CI, CA, AM, feno de tifton e feno de alfafa, respectivamente, se destacando as cultivares GR e CI. Maurício et al. (2003) trabalharam avaliando silagens de sorgo, utilizando inóculo ruminal, pela técnica da produção semi-automática de gases, encontrando valores de 167 a 198 mL, para o VAG. Os valores são superiores aos encontrados neste experimento em função, principalmente, do maior tempo avaliado (96h).

Devido ao baixo tempo de fermentação utilizado neste experimento não foi possível observar a estabilização do VAG, normalmente obtida em experimentos que avaliam a produção de gás durante 96 h (Calabro et al. 1999). É importante salientar que esse procedimento deve refletir o processo fermentativo do animal. O tempo de fermentação cecal nos coelhos é muito baixo, ocorrendo entre 10 e 12 h (De Blas et al. 2002).

A diluição de uma parte de inóculo cecal em 20 partes de solução de Theodorou et al. (1994) foi suficiente para proporcionar ampla fermentação. Devido à alta quantidade de resíduo no branco e a grande

variação observada nos valores de degradabilidade, entre as réplicas, uma filtração prévia do inóculo cecal, com peneira específica ou camadas de gaze, é necessária, garantindo assim maior homogeneização.

A partir da composição químico-bromatológica e considerando os valores de digestibilidade *in vitro* foi possível a escolha das cultivares KI, CI e GR, que serão testadas, em maior detalhamento a campo, quanto à produtividade de raiz e parte aérea.

Frações do processamento

Os resultados de MS, MO, PB, FDN, FDA, Ca, P, EB, ED e CT das frações do processamento da rama da mandioca se encontram na Tabela 12. Pode-se verificar que o processamento em máquina de chá não foi eficiente para eliminação do conteúdo de compostos cianogênicos, estando os níveis das frações F1, F2 e F3 próximos ao limite tóxico proposto para as cultivares denominadas bravas, que é de 100 mg/kg (Butolo, 2002; Otsubo, 2004). Essas três frações apresentam maior conteúdo de folhas proporcionando conteúdo de glicosídeo mais elevados quando comparadas às frações 4 e 5, que contêm maiores quantidades de caule e menores de folhas. Conforme apontado por Lorenzi et al. (2003) e Wobeto et al. (2007) a quantidade de linamarina no caule é maior quando se aproxima das folhas. A secagem deste material, neste equipamento, é muito rápida, havendo desnaturação da enzima linamarase, o que proporciona interrupção na reação de formação do HCN que seria eliminado por volatilização.

O processamento foi eficiente para redução da umidade de todas as frações. Sendo as folhas da mandioca ricas em minerais (Flores, 1998), o conteúdo de matéria mineral decresceu à medida que o material continha menos folhas. A fração F1 se mostrou também excelente fonte de cálcio

(1,93% da MS), sendo bastante superior ao nível encontrado por Eggun (1970) que foi de 0,79%, próximo ao encontrado por Machado (2006) que trabalhou com FTSRM encontrando 1,78% e inferior ao achado por Herrera (2003), que trabalhou com FTSRM encontrando valor de 2,36%. Quanto ao teor de fósforo, oscilou entre os valores encontrados por Eggun (1970), Herrera (2003) e Machado (2006), que observaram valores (base na MS) de 0,37; 0,30 e 0,26% respectivamente. As frações F1 e F2 apresentaram elevado teor de PB, sendo os valores muito próximos aos achados por Flores (1998) e Schmidt et al. (2000) e inferiores aos encontrados por Eggun (1970), Puc et al. (2000) e Ramos et al. (2006) que trabalharam com farinha das folhas de mandioca. Se comparado ao FAL e FTSRM utilizados por Herrera (2003) e Machado (2006), este material apresenta valor de proteína bruta elevado. Por

predição, a F1 apresentou considerável valor de ED, sendo próximo ao que Herrera (2003) e Machado (2006) verificaram para o feno de alfafa e bastante superior ao que Scapinello et al. (1999) e Machado (2006) encontraram para o feno do terço superior da rama de mandioca. Todas as frações apresentaram de 32,2 a 53,97% de FDA na MS, revelando-se boas fontes fibrosas. Observa-se grande variação entre a FDA da F1 e F5 (67,6%), o que aconteceu em função da origem dos materiais, sendo F1 composta, basicamente, de folhas e F5 composta, basicamente, de caule, altamente lignificado. Machado (2006) verificou valor de 52,94% de FDA (MS), para o FTSRM colhido aos 14 meses de idade, sendo esse valor superior ao observados para as frações F1, F2, F3 e F4. Naquela situação o autor enfatizou a baixa qualidade nutricional do material utilizado.

Tabela 12
Valor nutritivo, teor de compostos cianogênicos e degradabilidade *in vitro* das frações do processamento da rama da mandioca, variedade JACARÉ, colhida aos quatro meses de idade

Variáveis	F1	F2	F3	F4	F5
MS (%)	92,27	90,31	89,86	88,99	89,36
PB (%MS)	21,66	25,24	19,20	8,63	6,21
MM (%MS)	10,84	6,73	6,14	4,23	3,31
MO (%MS)	89,16	93,27	93,86	95,77	96,69
FDN (%MS)	56,07	57,05	59,84	68,94	75,46
FDA (%MS)	32,20	40,95	45,28	49,90	53,97
Hemiceluloses (%MS)	23,91	16,10	14,56	19,04	21,49
Ca (%MS)	1,93	1,51	1,40	0,85	0,81
P (%MS)	0,34	0,34	0,33	0,33	0,29
EB ¹	4838,60	4933,16	4694,55	4591,09	4733,27
ED ²	2294,46	1838,49	1513,22	1233,82	1048,57
CT (ppm) ³	86,3	95,6	82,3	ND	18,5
DMS (%)	32,58	37,86	26,21	26,86	24,16
DMO (%)	35,16	38,50	27,83	27,05	26,59

¹EB: Energia bruta, kcal/kgMS

²ED (kcal/kgMS)= EB(kcal/kg MS) x (84,77 – 1,16 %FDA MS)/100. (De Blas e Mateos, 1998).

³Valores expressos na matéria natural

ND: Não detectável pelo método

A partir dos resultados para a degradabilidade da MS e MO (Tabela 12) verifica-se que todas as frações apresentaram valores superiores ao FT

(9,41%) e inferiores ao FAL (51,14%). Coelho et al. (2008) verificaram valores entre 47,95 e 50,62% para a degradabilidade *in vitro* da MS, avaliando dietas completas

para esses animais. Já Souza et al. (1998) avaliaram a degradabilidade *in vitro* da FDN de amostras de Rami encontrando valores entre 15,28 e 20,77% para 24 h de fermentação. Quanto à degradabilidade da MO, Stanco et al. (2003) utilizaram inóculo cecal congelado e obtiveram valores de 58,0% e 67,2% para dietas de alto e baixo conteúdo de fibra, respectivamente.

A evolução das taxas de volume de gás (TVG) bem como da produção acumulativa de gás (VAG) podem ser observadas no gráfico 06. Observa-se que os maiores volumes são produzidos entre as quatro e oito horas de fermentação, corroborando com Calabro et al. (1999) e Ferreira et al. (2001). A F1 mostrou alta produção de gás nas primeiras horas, acima da observada para o feno de alfafa, sendo essa característica desejável, pois materiais

fibrosos permanecem no ceco dos coelhos por pouco tempo (De Blas et al., 2002). Pode-se observar que frações facilmente fermentáveis, são degradadas nas primeiras horas. De Blas et al. (2002) citam que em tempos de fermentação curtos (10 - 12 h), a proporção de fibra digerida é limitada e depende fundamentalmente do conteúdo de fibra de maior solubilidade, composta principalmente por pectinas, oligossarídeos, β -glucanos, pentosanas, etc, sendo essa fração facilmente disponível para os microrganismos. Já carboidratos estruturais como a celulose são fermentados após 18 h, o que provoca nova inclinação na curva. Os VAG, as 24 h, foram de 125,49; 121,77; 126,67; 120,76 e 118,76 mL, para as frações F1, F2, F3, F4 e F5, sendo esses valores expressivos quando comparados ao observado para o FAL (133,68 mL) e elevados em relação ao FT (91,92 mL).

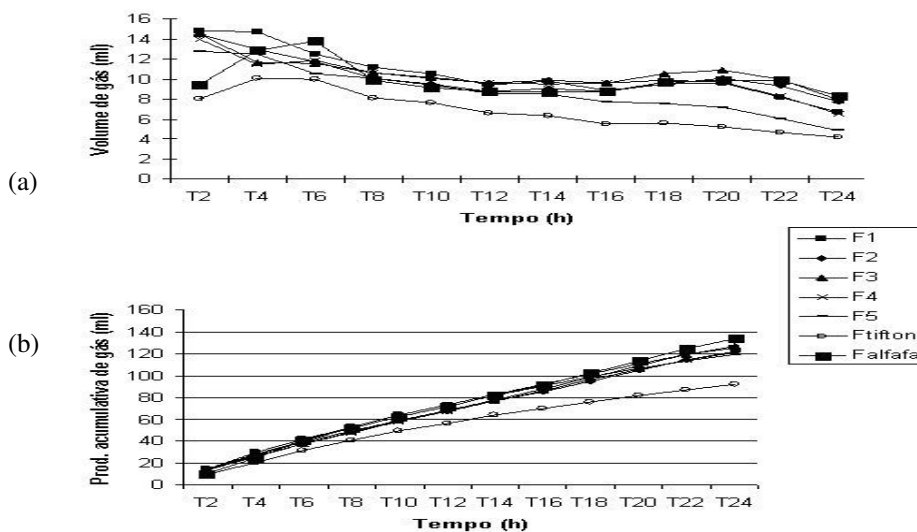


Gráfico 06 - Taxa de volume de gás (a) e volume acumulativo de gás (b) das frações do processamento da rama da mandioca, feno de tifton 85 e feno de alfafa.

2.4 - Conclusões

As cultivares GRAVETINHO, KIRIRIS E CIGANA mostraram-se com maior

potencialidade de uso na alimentação dos coelhos. .

A técnica da produção de gás mostrou-se eficaz para compreensão do processo fermentativo.

Para eficiente utilização das frações do processamento da rama da mandioca na alimentação de coelhos, há a necessidade do controle da temperatura inicial de secagem para que a enzima linamarase não seja desnaturada e atue na formação da α -hidroxinitrila, possibilitando uma maior eliminação dos compostos cianogênicos.

A F1 apresenta ampla potencialidade para utilização na alimentação dos coelhos, pois apresenta elevados conteúdos de PB, ED além de altos valores de degradabilidade *in vitro* e produção de gases.

2.5 - Referências bibliográficas

- ANDRADE J. O. Efeito da inclusão do feno da parte aérea de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na ração, sobre o desempenho reprodutivo de coelhas (*Oryctolagus cuniculus*) mestiças. 1997. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.
- BUTOLO J. E. Qualidade dos ingredientes na alimentação animal. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. 430p.
- CALABRÓ S.; NIZZA A.; PINNA W.; et al. Estimation of digestibility of compound diets for rabbits using the *in vitro* gas production technique. *Word Rabbit Science*, v. 7, n. 4, p. 197-201, 1999.
- COELHO C. C. G. M.; EULER A. C. C.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação da digestibilidade da matéria seca *in vivo* com a estimativa da digestibilidade *in vitro* em coelhos. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABZ/UFPB, 2008. CD-ROM.
- Compendio Brasileiro de Alimentação Animal. Publicação realizada pelo SINDIRAÇÕES, com apoio da ANFAR, CBNA e Ministério da Agricultura. Publicado em 2005.
- DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 241-253.
- DE BLAS, J. C.; GARCIA J.; CARABAÑO R. M. Avances em nutrición de conejos. In: SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27, 2002, Réus. *Anais...* Réus, 2002. p. 83-91.
- ESSERS, A.J.A. Further improving the enzymic assay for cyanogens in cassava products. *Acta Horticultura*, n. 375, p. 97-104, 1994.
- FERREIRA V. P. A.; MAURÍCIO R. M.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação entre a digestibilidade *in vivo* e digestibilidade obtida através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos e níveis de gordura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.
- GOMES J. C.; SOUZA L. S.; MATTOS P. L. P. *Mandioca*: Instruções práticas – cultivo, beneficiamento e usos para a Região do Rio Gavião. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2002. 24p.
- HERRERA A. P. N. Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento. 104 P. Tese (doutorado em ciência animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

- MACHADO L. C.; FERREIRA W. M.; FARIA H. G.; et al. Avaliação da digestibilidade aparente de dietas simplificadas com base em forragens para coelhas em reprodução. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, n. 1, p. 81-90, 2007.
- MAURÍCIO R. M.; MOULDA F. L.; DHANOAB M. S.; et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, v. 79, p. 321-330, 1999.
- MAURÍCIO R. M.; PEREIRA L. G. R.; GONÇALVES L. R.; et al. Obtenção da equação quadrática entre volume e pressão para a implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás para avaliação de forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.
- MAURICIO R. M.; PEREIRA L. G. R.; GONÇALVES L. C.; et al. Potencial da técnica de produção de gases para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 4, p. 1013-1020, 2003.
- OTSUBO A. A. Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil. Dourados: Embrapa Agropecuária Norte/ Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p.
- PEREZ J. R. O. Sistemas para a estimativa de digestibilidade *in vitro*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: FAEPE, 1997, p. 55-68.
- SCAPINELLO C.; FALCO J. E.; FURLAN A. C.; FARIA H. G. Valor nutritivo do feno da rama de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) para coelhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.
- SILVA D. J.; QUEIROZ A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- STANCO G.; DI MEO C.; PICCOLO G.; et al. Effect of stourage duration on frozen inoculum to be used for the *in vitro* gas production technique in rabbit. *Italy Journal off Animal Science*, v. 2, p. 265-270, 2003.
- THEODOROU M. K.; WILLIANS B. A.; DHANOAB M. S.; et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Feed Science Technology*, v. 48, p. 185-197, 1994.
- VAN SOEST P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
- VELOSO C. M.; VALADARES-FILHO S. C.; SILVA J. C. P. M.; et al. Desempenho de novilhas nelore alimentadas com feno da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.
- WOBETO C., CORRÊA A. D.; ABREU C. M. P., et al. Antinutrients in the cassava (*Manihot esculenta* Crants) leaf powder at three ages of the plant. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 108-112, 2007.

CAPÍTULO 3 – AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MANDIOCA: PRODUTIVIDADE DE RAIZ E CUSTO, COMPOSIÇÃO E PRODUTIVIDADE DO TERÇO SUPERIOR.

3.1 - Introdução

A mandioca é um dos cultivos tropicais de maior eficiência biológica na conversão de energia solar em carboidratos, possuindo boa aceitação e excelentes qualidades nutritivas para a alimentação animal. (Almeida e Ferreira Filho, 2005).

Vários autores (Scapinello et al., 1999; Herrera, 2003; Michelan, 2004; Machado et al. 2007; Faria et al., 2008; Oliveira, 2009) vêm buscando o conhecimento a respeito do uso do terço superior da rama da mandioca na alimentação dos coelhos. Machado et al. (2007) comentou sobre a necessidade da pesquisa de melhores cultivares que proporcionam material de valor nutricional adequado para utilização na alimentação desses animais.

Para que uma cultivar seja escolhida, não basta ter apreciável valor nutricional, sendo necessário que apresente principalmente elevada produção de raiz e feno da parte aérea. Dessa forma, utilizando cultivares de dupla aptidão, o produtor terá a oportunidade de produzir raiz para consumo e comercialização e aproveitar o terço superior, material de alto valor nutricional, para utilização na alimentação animal.

Este trabalho objetivou selecionar uma cultivar que apresente adequada produção de raiz, feno da parte aérea, associadas à composição químico-bromatológica adequada. Objetivou também determinar o custo para produção de feno do terço superior da rama.

3.2 - Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área de agricultura do IFMG – campus Bambuí, situado no Centro Oeste do estado de Minas Gerais, a 20°02' de latitude sul e 46°00' de longitude oeste de Greenwich, a 662m de altitude. Foi realizado no período de Novembro de 2008 a Novembro de 2009. No período citado, a cidade de Bambuí apresentou as condições metereológicas descritas na Tabela 13. O clima, segundo Köppen é o Cwa apresentando chuvas de verão e verões rigorosos.

Anteriormente ao plantio, foi realizada análise de solo onde ficou constatado não haver deficiência em nenhum nutriente necessário para crescimento da mandioca (Nogueira e Gomes, 1999), não necessitando fertilização. O solo apresentou 39,8; 30,1 e 30,1% de argila, silte e areia respectivamente, sendo classificado como argiloso. A análise química do solo revelou pH em água: 7,00; P: 357 mg/dm³; K⁺: 400 mg/dm³; Al⁺³: 0,0 cmolc/dm³; Ca⁺²: 8,88 cmolc/dm³; Mg⁺²: 1,76 cmolc/dm³; H⁺ + Al⁺³ 1,80 cmolc/dm³; S.B. 11,66 cmolc/dm³; m: 0,0%; V: 86,63%; C.T.C. efetiva: 11,66; MO: 4,39 dag/kg. O relevo era levemente inclinado e para preparo do solo, foi realizada aração.

As manivas das cultivares KIRIRIS, GRAVETINHO e CIGANA, anteriormente selecionadas, foram colhidas na estação experimental Fazenda Novo Horizonte, pertencente à Casa Familiar Rural, no município de Presidente Tancredo Neves – BA, e constituíam de manivas sadias. O plantio foi realizado horizontalmente, em sulcos espaçados de 1,0m (plantas e linhas), cobertos com 10 cm de solo, sendo 50 plantas por unidade experimental (duas linhas de 25 plantas), conforme indicado por Viana et al. (2002) que recomendaram número mínimo de 44 plantas, para redução do erro experimental em ensaios que consideram a produção de parte aérea. O

plantio foi realizado no início do mês de Novembro. Para controle de plantas invasoras, foi realizada capina. Não foi

realizada qualquer fertilização, desde o plantio até a colheita.

Tabela 13
Médias mensais de temperatura, precipitação e umidade relativa para a cidade de Bambuí, MG, durante o período de Novembro de 2008 a Novembro de 2009

	Meses	Parâmetros			
		Temperatura máxima média (C°)	Temperatura mínima média (C°)	UR média (%)	Precipitação (mm)
2008	Novembro	29,5	18,6	61	114,6
	Dezembro	28,7	19,0	68	425,2
2009	Janeiro	29,7	18,9	68	439,8
	Fevereiro	30,5	19,1	63	214,1
	Março	28,3	19,5	65	191,0
	Abril	28,6	15,1	58	120,7
	Maio	26,3	14,9	57	46,1
	Junho	25,4	10,2	57	32,0
	Julho	28,3	10,3	48	2,4
	Agosto	27,9	11,2	45	45,2
	Setembro	26,4	16,6	55	115,7
	Outubro	29,8	18,1	65	153,9
	Novembro	31,8	18,6	58	91,1
	Médias:	28,6	16,2	59	-
			Precipitação acumulada		1991,8 ¹

Fonte: Estação Meteorológica do IFMG, Campus Bambuí - MG

A colheita foi realizada aos 12 meses pós plantio, em novembro, sendo essa época tradicional na região e principalmente porque nessa idade a planta apresenta alta produtividade, menor nível de fatores antinutricionais e valor nutricional superior. As raízes foram colhidas, limpas e pesadas. O terço superior foi colhido, transportado, picado e desidratado sobre lonas plásticas durante pelo menos três dias, sendo exposto ao sol durante o dia e acondicionado de forma aberta em galpão durante a noite, sendo revolvido a cada três horas. Após, foi amostrado para obtenção de quantidade representativa, que foi moída em moinho analítico (1mm) para determinação dos conteúdos de MS, PB, FDN, FDA, HEM, MM e MO conforme as metodologias descritas por Van Soest et al. (1991), Silva e Queiroz (2002) e Compêndio (2005). Os rebrotos encontrados ao longo das plantas foram incorporados a esse material. Foram determinadas a produtividade por planta

(kg/planta), produtividade de MS a partir do feno do terço superior e o custo para produção de uma tonelada de feno com 90% de MS (R\$/t). Para determinação da produção de raiz, estas foram limpas, pesadas e a média de cada parcela foi determinada a partir do número de plantas úteis. Para a determinação da produtividade de feno, o material provindo das parcelas foi desidratado, sendo determinado o valor médio. Para estimativa do custo para produção do feno, foram considerados o tempo necessário para colheita, transporte, trituração, manejo de secagem, desintegração além da energia elétrica gasta pelas máquinas.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados sendo três cultivares e seis repetições, num total de 18 unidades experimentais. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste SNK ao nível de 5% de

probabilidade, utilizando os recursos do programa computacional SISVAR.

3.3 - Resultados e Discussão

A cultivar Kiriris foi extremamente atacada por tatus (*Prionotus giganteus*) e por isso foi retirada da análise experimental. Tal cultivar apresenta baixo conteúdo de HCN em suas raízes.

A produtividade das cultivares de mandioca se encontra na Tabela 14. A cultivar gravetinho apresentou rendimento de raiz por planta superior ($p < 0,05$) à cultivar cigana. Considerando-se 10.000 plantas por hectare, a produtividade estimada da cultivar GRAVETINHO foi de 19,04 t. ha⁻¹, sendo esse valor superior à média nacional e à média em Minas Gerais, ambas de 2008, que foram de 14,15 e 15,36 t ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2009). Avaliando cultivares de mandioca no noroeste do Paraná, Vidigal Filho et al. (2000) observaram produtividade média de 21,4 t ha⁻¹ quando fora considerado espaçamento de 1,0 x 0,8 m. Nessa situação a produtividade média por planta foi de 1,72 kg. Borges et al. (2002) avaliaram 26 cultivares de mandioca, no estado da Bahia e perceberam variação de 8,05 a 25,31 t ha⁻¹

apresentando média de 21,55 t ha⁻¹ aos 12 meses sendo equivalente à 1,29 kg/planta. Costa et al. (2005) avaliaram a produtividade de seis cultivares de mandioca, aos 12 meses de plantio, em Rondônia, e verificaram produtividade média de 20,7 t. ha⁻¹ ou 1,04 kg/planta num espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Deve-se chamar atenção ao fato de que em maior espaçamento a quantidade de nutrientes por planta é maior, o que pode favorecer a elevação da produção por planta. Santana et al. (2008) avaliaram oito cultivares de mandioca na Paraíba e verificaram produtividade de 0,77 a 1,20 kg/planta sendo a média obtida de 0,89 kg/planta, equivalente a 17,8 t. ha⁻¹. Silva et al. (2009) avaliaram a produtividade de raiz no Piauí e observaram que variou de 13 a 26 t ha⁻¹. Os maiores rendimentos, por planta, foram conseguidos a partir das cultivares ENGANA LADRÃO e DO CÉU, que apresentaram 2,07 e 1,84 kg respectivamente. Pode-se perceber, mesmo com a variação entre cultivares e local, que a produtividade encontrada para a cultivar GRAVETINHO se encontra dentro dos valores esperados. Já a cultivar CIGANA difere muito dos resultados apontados, sendo bastante inferior, o que demonstra sua pouca adaptação às condições experimentais.

Tabela 14
Produtividade de cultivares de mandioca

Cultivar	Prod.raiz (kg/planta)	Prod. MS feno (kg/planta)
Cigana	0,5167	0,3353
Gravetinho	1,9040	0,2924
Kiriris	-	-
Probabilidade	0,0007	0,4253
CV (%)	37,53	28,19

Analisando-se a produtividade de matéria seca a partir do FTSM, verifica-se não haver diferenças entre as cultivares ($p > 0,05$). Considerando-se o feno do terço superior com 90% de MS, é possível se

obter cerca de 3,7 t ha⁻¹ deste material quando se utiliza densidade de 10.000 plantas/ha. A grande maioria dos trabalhos avaliou a produção total de parte aérea na forma de matéria verde. Irmão et al. (2006),

trabalhando com a cultivar COQUEIRO, de feno do terço superior, com 88,25% de MS, foi de 0,092 kg/planta ou 1,53 t ha⁻¹, sendo esses valores inferiores aos obtidos neste experimento. Costa et al. (2005), a partir de seis cultivares de mandioca, aos 12 meses, conseguiram média de 5,3 t ha⁻¹ de MS na parte aérea total e 2,0 t ha⁻¹ de matéria seca foliar. Santana et al. (2008), a partir de oito cultivares de mandioca, verificaram produtividade de parte aérea variando de 170 a 591 g MS/planta. Vidigal Filho et al. (2000) colheram em média 15,77 t ha⁻¹ de parte aérea total. Silva et al. (2009) observaram que as cultivares DO CÉU e MACAXEIRA PRETA forneceram, de matéria verde, 1,88 e 1,75 kg/planta respectivamente. Fica evidenciada a alta capacidade da parte aérea da mandioca no fornecimento de MS, seja sob a forma de terço superior como na forma de parte aérea total.

Silva e Ferreira Filho (2007) já haviam observado o grande potencial para produção de parte aérea da cultivar GRAVETINHO.

verificou que aos 12 meses a produção A composição do feno do terço superior das cultivares de mandioca encontra-se na Tabela 15. Observa-se grande semelhança na composição químico-bromatológica desse material, não havendo diferenças entre a PB/MS, FDN/MS, MM/MS e MO/MS. Contudo, a cultivar GRAVETINHO apresentou nível inferior de FDA/MS ($p < 0,05$), sendo essa característica desejável, e inversamente relacionada com a energia digestível, conforme apontado na equação de predição descrita por De Blas e Matheus (1998). Essa cultivar apresentou também superior valor de hemiceluloses, fração de mediana degradabilidade para os coelhos (Gidenne et al., 1998). Os valores referentes à composição são próximos aos encontrados por Irmão et al. (2006) que obtiveram, aos 12 meses de idade, 90,34; 20,66 e 9,66% de MO, PB e MM (valores na MS) respectivamente, para a cultivar COQUEIRO.

Tabela 15
Composição químico-bromatológica do feno do terço superior de cultivares de mandioca

Cultivar	PB/MS (%)	FDN/MS (%)	FDA/MS (%)	HEM/MS (%)	MM/MS (%)	MO/MS (%)
Gravetinho	19,05	64,33	36,77	27,56	10,20	89,81
Cigana	18,73	64,50	40,07	24,43	10,19	89,80
Probabilidade	0,7284	0,9153	0,0094	0,0082	0,9850	0,9850
CV (%)	8,14	4,13	4,38	5,97	8,38	0,95

A Tabela 16 aponta os custos considerados para produção de uma tonelada de FTSRM, com 90% de MS. O custo estimado neste trabalho foi de R\$ 0,36/kg, considerando a colheita geral no experimento, de ambas as cultivares. É necessário enfatizar que esses valores são estimativas e podem variar de acordo com as necessidades de transporte, relevo, máquinas, dentre outros. Poucos trabalhos avaliaram os custos para produção do terço superior, sendo suas estimativas pouco confiáveis. Andrade (1997) estimou o preço do quilo do feno do terço superior

da rama de mandioca e descreveu que para a produção de uma tonelada de feno com 87% de matéria seca, seria necessário o trabalho de uma pessoa durante dois dias para colheita e transporte. Neste trabalho os autores não consideraram outros gastos e determinaram o valor de R\$ 0,010 - 0,015 para cada quilo de feno produzido. Atualizando os dados, para a região de Bambuí - MG, considerando uma diária de um trabalhador, que é de cerca de R\$ 25,00, o valor se eleva para R\$ 0,06 por kg de feno, valor muito inferior ao observado

nessa estimativa. Já Herrera (2003) estimou em R\$ 0,12 o valor do quilo de feno do terço superior produzido. Atualizando este valor, considerando o índice geral de preços

do mercado (IGPM), o valor estimado é de R\$ 0,18 (Cálculo Exato, 2010), sendo inferior ao valor estimado neste trabalho.

Tabela 16
Estimativa de custo para produção de uma tonelada de feno do terço superior da rama de mandioca com 90,0% de matéria seca e moído

Item	Quantidade	Valor (R\$) ²
Colheita (h)	29,0	90,62
Transporte ¹ (h)	9,3	29,06
Primeira moagem (h)	16,7	52,19
Exposição, retirada ao sol e ensacamento ³ (h)	24,8	77,50
Segunda moagem (h)	12,8	40,00
Energia picadora (kw) ⁴	124,4	36,08
Energia desintegradora (kw) ⁵	113,0	32,77
Total:		358,22
R\$/kg		0,358

¹Se considerou uma distância média de 15 mts para transporte da rama

²Valores considerando a diária de um trabalhador no valor de R\$ 25,00

³Se considerou somente uma operação para exposição, retirada e ensacamento do material

⁴ Motor de 10 HP e custo de R\$ 0,29/kw

⁵ Motor de 12 CV e custo de R\$ 0,29/kw

3.4 - Conclusões

A cultivar GRAVETINHO apresentou rendimento de raiz superior, e igual produtividade de feno da parte aérea. Dentre as cultivares avaliadas a GRAVETINHO é a mais propícia para alimentação dos coelhos.

O custo estimado para produção de um kg de feno do terço superior da rama da mandioca foi de R\$ 0,36.

3.5 - Referencias Bibliográficas

ALMEIDA J.; FERREIRA FILHO J. R. Mandioca: Uma boa alternativa para alimentação animal. *Bahia Agrícola*, v. 7, n. 1, p. 50-56, 2005.

ANDRADE J. O. *Efeito da inclusão do feno da parte aérea de mandioca (Manihot esculenta) na ração, sobre o desempenho reprodutivo de coelhas (Oryctolagus*

cuniculus) mestiças. 1997. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

BORGES M. F.; FUKUDA W. M. G.; ROSSETTI A. G. Avaliação de cultivares de mandioca para consumo humano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

Cálculo Exato: Atualização de um valor por um índice financeiro. Disponível em: <www.calculoexato.com.br/adel/indices/atu_alizacao/index.asp>. Acesso em 23 jan. 2010.

Compendio Brasileiro de alimentação Animal. Publicação realizada pelo Sindirações, com apoio da ANFAR, CBNA e Ministério da Agricultura. Publicado em 2005.

COSTA N. L.; MOURA G. M.; MAGALHÃES J. A. et al. Regimes de corte

em cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na alimentação animal. In: ZOOTEC 2005, *Anais...* Campo Grande: ABZ, 2005. CD-ROM.

DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 241-253.

FARIA H. G.; FERREIRA W. M.; SCAPINELLO C.; et al. Efeito da utilização de dietas simplificadas, à base de forragem, sobre a digestibilidade e o desempenho de coelhos Nova Zelândia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 10, p. 1797-1801, 2008.

GIDENNE, T.; CARABAÑO, R. M.; GARCIA, J.; et al. Fibre digestion. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 69-88.

HERRERA A.P.N. *Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento*. 104 f. Tese (Doutorado em ciência animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas gerais, Belo Horizonte, 2003.

IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. IBGE/CEPAGRO, Agosto de 2009.

IRMÃO J. N.; FIGUEIREDO M. P.; CRUZ P. G. et al. Efeito da época de colheita sobre a produção e qualidade nutricional do feno da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz, cv. Coqueiro). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.

MACHADO L. C.; FERREIRA W. M.; FARIA H. G.; et al. Avaliação da digestibilidade aparente de dietas simplificadas com base em forragens para coelhas em reprodução. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, n. 1, p. 81-90, 2007.

MICHELAN A. C. *Utilização de subprodutos da mandioca na alimentação de coelhos*. 119 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.

NOGUEIRA F. D.; GOMES J. C. Mandioca. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V. V. H. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa – 5ª Aproximação. 1999. p. 312 – 313.

OLIVEIRA A. F. G. *Subprodutos da mandioca na alimentação de coelhos*. 69 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

SANTANA E. O.; DINIZ NETO M. A.; SILVA I. F. et al. Produção de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na microrregião da Guarabira – PB. In: ZOOTEC 2008, *Anais...* João Pessoa: ABZ, 2008. CD-ROM..

SCAPINELLO C.; FALCO, J. E.; FURLAN, A. C.; De FARIA, H. G. Valor nutritivo do feno de rama da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) para coelhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.

SILVA A. F.; SANTANA L. M.; FRANÇA C.R. R. S. et al. Produção de diferentes variedades de mandioca em sistema agroecológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 33-38, 2009.

SILVA D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA J.; FERREIRA FILHO J. R. Produção de biomassa de mandioca. *Mandioca em foco*, n. 34, 2007.

VAN SOEST P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VIANA, A.E.S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P.R.; et al. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 1, p. 58-63, 2002.

VIDIGAL FILHO P. S.; PEQUENO M.G.; SCAPIM C. A. et al. Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. *Bragantia*, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

CAPÍTULO 4 – DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE APARENTE DAS DIETAS SIMPLIFICADAS E SEMI-SIMPLIFICADAS, COM E SEM ADIÇÃO DE ENZIMAS E VALOR NUTRICIONAL DAS FONTES FIBROSAS

4.1 - Introdução

O estudo da eficiência de utilização digestiva dos alimentos se inicia com a quantificação dos princípios nutritivos, seguindo a determinação dos coeficientes de digestibilidade e do desempenho animal (Santos et al. 2004).

Conforme citado por Cheeke et al. (1986) e Gidenne, (2000) o coelho apresenta baixo aproveitamento da fração fibrosa devido à rápida passagem do alimento pelo TGI. Através da atividade cecotrófica, a digestibilidade da PB é incrementada (Carabaño et al., 1988; Carabaño e Piquer, 1998; Machado et al., 2007; Faria et al., 2008). A EB dos alimentos fibrosos não é eficientemente aproveitada pelos coelhos, sendo o coeficiente de digestibilidade baixo, quando comparado ao observado em outras categorias de alimentos (Scapinello et al., 1999; Ferreira et al., 2007; Machado et al., 2007).

As dietas simplificadas e semi-simplificadas são uma nova tecnologia que associa economia, proporcionada pela alta inclusão de um ingrediente fibroso, ao desempenho satisfatório adequado, proporcionando melhor saúde intestinal aos animais (Machado et al., 2007; Fernandez-Carmona et al., 1998).

Conforme observado por Flores (1998) a parte aérea da mandioca apresenta o ácido fítico que complexa o fósforo na planta e reduz a digestibilidade dos princípios

nutritivos (Bedford, 2000; Nagashiro (2007). Além desse fator antinutricional, a mandioca apresenta elevada quantidade de carboidratos fibrosos que podem aumentar a taxa de passagem e proteger o conteúdo celular frente ao ataque enzimático. Segundo Bedford (2000), Dari (2004) e Nagashiro (2007), as enzimas exógenas aumentam a digestibilidade, principalmente pela redução do potencial antinutricional do fitato e dos carboidratos fibrosos, principalmente PNAs, havendo maior aproveitamento dos princípios nutritivos. Para a espécie cunícula, a maior eficiência digestiva, proporcionada pela adição desses aditivos, ainda não foi bem definida.

Este ensaio objetivou avaliar a digestibilidade *in vivo* das dietas simplificadas e semi-simplificadas, com e sem adição de enzimas fitase e carboidrases, e o valor nutritivo das fontes fibrosas para coelhos em crescimento.

4.2 - Material e métodos

Este ensaio foi conduzido no laboratório de metabolismo animal, localizado no departamento de Zootecnia da EV-UFGM, no período de 15 a 25 de Dezembro de 2009. A temperatura média, durante os quatro dias de coleta foi de 23,6°C. Foram utilizadas gaiolas de metabolismo, de tamanho 0,30 x 0,60m, com bandeja coletora de fezes, permitindo a separação da urina. Foram utilizados comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta.

Os alimentos avaliados foram o feno de alfafa (*Medicago sativa*), feno do terço superior da rama de mandioca (*Manihot sculenta*, Crantz), variedade GRAVETINHO, colhida aos 12 meses de idade e a farinha das folhas de mandioca (FFM), variedade JACARÉ, colhida aos quatro meses de idade, que se refere à fração 01 do processamento da rama da mandioca, citada anteriormente no capítulo 03.

A dieta basal foi formulada para atender as exigências propostas por De Blas e Mateos (1998), que são de: ED 2500 kcal/kg, PB 14,50-16,20%, PD 10,2 a 11,3%, Ca 0,6%, Ptotal 0,4%, lisina 0,75%, metionina + cistina 0,54%, treonina 0,64%, triptofano 0,15%, arginina 0,81% e FDA 16,0 a 18,5%.

Na elaboração das dietas experimentais, não foi possível o ajuste exato de Ca e FDA, pois as fontes fibrosas são ricas nesses princípios nutritivos. Quanto à proteína, se priorizou o equilíbrio na forma de PD, pois as fontes forrageiras são ricas em PB de digestibilidade moderada. Durante a formulação, todas as dietas tiveram os níveis de lisina, metionina+cistina, treonina, triptofano e arginina balanceados na forma de aminoácidos totais. Adicionou-se óleo para aumentar a densidade energética da ração, além da contribuição positiva na digestibilidade dos demais nutrientes (Fernandez-carmona et al., 1998; Bertechini, 2006), melaço em pó para melhoria da qualidade do pélete e da palatabilidade e bentonita para melhorar a qualidade do pélete. Foi adicionado também, às dietas semi-simplificadas, pelo menos 5% de uma fonte de amido e quantidades de uma fonte protéica de reconhecida qualidade nutricional, para melhoria de todo o processo digestivo. Foi perseguida, ao máximo, a aproximação da exigência energética citada acima e quando não foi possível ajustar o conteúdo de ED, se procurou adequar ao mínimo de 2200 kcal/kgMS, valor proposto por De Blas et al. (2002) e Ferreira e Pereira (2003), sendo o mínimo para ajuste do consumo em função da densidade energética.

Os tratamentos, os quais são detalhados na Tabela 21, consistiram de:

REF (T1): dieta referência

SFA (T2): dieta simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca (FFM) e feno de alfafa (FAL)

SSM (T3): dieta semi-simplificada com base em feno do terço superior da rama da mandioca (FTSRM)

SSA (T4): dieta semi-simplificada com base em FAL

SSF (T5): dieta semi-simplificada com base em FFM

SSFA (T6): dieta semi-simplificada com base na mistura de FFM e FAL

SSMA (T7): dieta semi-simplificada com base na mistura de FTSRM e FAL

SFAE (T8): dieta SFA + enzimas carboidrase e fitase

SSME (T9): dieta SSM + enzimas carboidrases e fitase

SSFE (T10): dieta SSF + enzimas carboidrases e fitase

SSFAE (T11): dieta SSFA + enzimas carboidrases e fitase

Nos tratamentos SFAE, SSME, SSFE e SSFAE, foi adicionada enzima fitase, na proporção de 50 g/t (500FTU/kg) e o complexo enzimático, na proporção de 200g/t, composto por carboidrases, com atividades alfa-galactosidade (35 u/g), galactomananase (110 u/g), beta-glucanase (1.100 u/g) e xilanase (1.500 u/g). O pélete foi feito em peletizadora a seco, elaborado com uma espessura de 4 a 5 mm de diâmetro e 10 a 15 mm de comprimento, conforme recomendações de Roca (1998). No período experimental, a ração foi oferecida à vontade. A granulometria das rações, e dos ingredientes fibrosos, encontra-se na Tabela 17.

Para avaliação de cada tratamento, foram utilizados oito coelhos da raça Nova Zelândia Branca com 51 dias de idade. A aprovação do comitê de ética animal (CETEA/UFGM) está registrada sob o número 171/08.

A metodologia utilizada foi baseada no método de referência europeu para determinação de digestibilidade *in vivo* para coelhos, proposto pelo Grupo Europeu de Nutrição Animal (Perez et al., 1995),

apresentada também por Scapinello et al. (2005). O tempo de adaptação foi de sete dias, embora todos os coelhos já viessem recebendo a dieta experimental desde o desmame, que fora realizado aos 35 dias de idade. Foram determinadas as quantidades dos princípios nutritivos ingeridas bem como as excretadas, no período de quatro dias consecutivos. No primeiro dia deste período de coleta, antes das 9 h, as gaiolas foram higienizadas, eliminando fezes que poderiam estar aderidas aos arames da base da gaiola. A cecotrofia não foi prevenida em momento algum do experimento.

As amostras foram colhidas e acondicionadas em sacos plásticos, fechados hermeticamente, e congeladas a -18°C , para posterior análise laboratorial. Para preparo das fezes, foi realizada pré-secagem utilizando estufa de circulação de ar forçada a 55°C , durante 72 h. As amostras foram então moídas (1 mm), sendo, após, realizadas as análises de MS, MO, PB e EB conforme metodologias descritas por Silva e

Queiroz (2002) e Compêndio (2005). A EB foi determinada utilizando-se bomba calorimétrica (calorímetro adiabático de Parr). As demais análises (FDN, FDA, LDA, NIDA, Ca, P) realizadas nos ingredientes e nas dietas experimentais foram realizadas conforme as referências citadas anteriormente e Van Soest et al. (1991). Essas análises foram realizadas no laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG. A análise de granulometria foi realizada a partir de peneiras de diâmetro 2,83; 2,00; 1,19; 0,85; 0,60 mm e fundo ($<0,60$ mm), sendo feita na D'vita rações, localizada na cidade de Bom despacho, Minas Gerais.

Para cálculo do custo das rações, foram considerados os valores pagos pela fazenda experimental prof. Hélio Barbosa. O preço da FFM foi coletado diretamente na COOPATAN e o custo do FTSRM foi determinado no capítulo 3.

Tabela 17
Granulometria das rações experimentais e dos ingredientes fibrosos*

Dietas	Diâmetro da peneira (mm)					
	2,83	2,00	1,19	0,85	0,60	Fundo ($<0,60$ mm)
REF	2,5	3,0	35,0	13,5	11,0	35,0
SFA	0,5	0,5	16,0	10,0	12,5	60,5
SSM	0,5	5,0	25,0	15,5	18,5	35,5
SSA	2,0	24,5	14,5	11,5	4,5	43,0
SSF	0,5	1,0	5,5	16,5	25,0	51,5
SSFA	0,5	1,5	15,0	11,0	19,5	52,5
SSMA	1,0	6,5	24,0	14,0	16,0	38,5
SFAE	0,5	0,5	16,0	10,0	12,5	60,5
SSME	0,5	5,0	25,0	15,5	18,5	35,5
SSFE	0,5	1,0	5,5	16,5	25,0	51,5
SSFAE	0,5	1,5	15,0	11,0	19,5	52,5
FFM	0,0	0,0	0,5	3,5	42,5	53,5
FTSRM	1,0	4,5	33,0	11,0	15,5	35,0
FAL	11,0	3,0	42,0	10,5	8,5	25,0

*Valores em % de retenção na peneira especificada.

Para elaboração das dietas foram utilizados dados obtidos da pré-análise das matérias fibrosas, e dados extraídos a partir de Villamide et al. (1998), Maertens et al. (2002) e Rostagno et al. (2005). A Tabela 18 apresenta a composição analisada do FAL, FFM e FTSRM. As Tabelas 19, 20 e 21

apresentam, respectivamente, a composição dos demais ingredientes utilizados na confecção das rações, os custos dos ingredientes e a composição percentual e nutricional das dietas experimentais.

Tabela 18
Composição químico-bromatológica dos ingredientes fibrosos utilizados nas dietas experimentais (MN)

	Feno de alfafa	Farinha das folhas de mandioca	Feno do terço superior da rama da mandioca
Composição analisada			
MS (%)	89,15	93,61	90,65
PB (%)	17,15	19,54	17,96
FDN(%)	36,82	38,38	58,45
FDA (%)	23,65	26,08	37,40
Hemiceluloses (%)	13,17	12,30	21,05
LDA (%)	8,01	10,60	11,76
NIDA (%FDA)	0,98	2,36	2,04
PB LIGNIFICADA (%da PB) ¹	8,48	19,70	16,76
Energia bruta (Kcal/Kg)	4010	4569	4190
Composição obtida a partir da literatura²			
Ca (%)	1,60	1,78	1,60
P total (%)	0,27	0,31	0,26
Lisina (%)	1,13	1,23	1,13
Met + cis (%)	0,61	0,80	0,73
Treonina (%)	1,01	0,92	0,84
Triptofano (%)	0,27	0,35	0,32
Arginina (%)	1,08	1,15	1,06
ED Kcal/Kg ³	2165	2396	1547
PD (%)	11,57 ⁴	10,24 ⁵	9,41 ⁵

¹ PB lignificada: fração da PB contida no resíduo de FDA

² Valores obtidos a partir de Eggun (1970), Flores (1998), Villamide et al. (1998) e Ferreira et al. (2007).

³ ED (kcal/kgMS) = EB(kcal/kg MS) x (84,77 - 1,16 X %FDA MS)/100 (De Blas e Mateos, 1998)

⁴ Coeficiente de digestibilidade conforme Machado et al. (2007)

⁵ Coeficiente de digestibilidade conforme Ferreira et al. (2007)

Tabela 19
Composição químico-bromatológica dos demais ingredientes utilizados para confecção das rações (MN)¹

Alimentos	ED Kcal/kg	PB (%)	PD (%)	FDA (%)	Ca (%)	P total (%)	Lis. (%)	Met + Cis (%)	Treo. (%)	Trip. (%)	Arg. (%)
Milho	3134	8,26	5,37	3,54	0,03	0,24	0,24	0,36	0,32	0,07	0,39
Farelo de soja	3325	45,32	37,62	8,16	0,24	0,53	2,77	1,27	1,78	0,62	3,33
MDPS ²	3255	7,49	5,00	12,08	0,08	0,21	0,22	0,33	0,29	0,06	0,35
Farelo de trigo	2416	15,52	11,33	13,85	0,14	0,33	0,62	0,58	0,51	0,23	1,07
Óleo de soja	8517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Melaço em pó	3004	2,44	1,46	-	6,21	0,21	-	-	-	-	-
Calcário	-	-	-	-	38,40	-	-	-	-	-	-
Fosfato	-	-	-	-	-	24,00	-	-	-	-	-
monoamônio											
Lisina HCl	4901	85,81	85,81	-	-	-	78,00	-	-	-	-
DL – Metionina	5684	59,38	59,38	-	-	-	-	99,00	-	-	-

Formatado: Cor da fonte: Automática

¹ Valores obtidos a partir de Villamide et al. (1998), Maertens et al. (2002) e Rostagno et al. (2005).

² Milho desintegrado com palha e sabugo

Tabela 20
Custo considerado dos ingredientes utilizados para confecção das deitas experimentais*

Ingrediente	R\$/kg	Ingrediente	R\$/kg
Milho	0,33	Bentonita	1,50
Farelo de soja	0,78	Melaço em pó	1,25
Farelo de trigo	0,30	Lisina-HCl	5,28
MDPS	0,25	DL-metionina	12,96
Calcário	0,10	FFM	0,65
Fosfato monoamônio	2,00	FTSRM	0,36
Premix vitamínico mineral	6,45	FAL	1,00
Cloreto de sódio	0,53	Carboidrase	36,34
Óleo de soja degomado	2,15	Fitase	31,92

*Preços coletados em 25/01/10. Valor do dólar: R\$ 1,83 , Valor do euro: R\$ 2,58.

Tabela 21
Composição percentual e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dietas experimentais										
	REF (T1)	SFA (T2)	SSM (T3)	SSA (T4)	SSF (T5)	SSFA (T6)	SSMA (T7)	SFAE (T8)	SSME (T9)	SSFE (T10)	SSFAE (T11)
Feno de alfafa	37,735	47,000	-	83,759	-	41,039	40,095	47,000	-	-	41,000
Farinha das folhas de mandioca	-	41,826	-	-	78,410	40,000	-	41,789	-	78,415	40,000
Feno terço superior da rama da mandioca	-	-	70,329	-	-	-	37,282	-	70,295	-	-
Milho	7,548	-	8,000	5,000	5,000	5,000	5,000	-	8,000	5,000	5,000
Farelo de soja	4,184	-	10,000	0,043	6,874	5,525	6,020	-	10,000	6,840	3,528
Farelo de trigo	25,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleo de soja	-	5,327	5,961	5,363	4,282	4,811	6,000	5,333	5,966	4,294	4,819
Milho desintegrado com palha e sabugo	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Premix ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Fosfato monoamônio	0,979	0,571	0,578	0,647	0,434	0,534	0,603	0,572	0,578	0,427	0,535
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Melaço em pó	2,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Bentonita	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário	0,544	-	-	0,187	-	0,091	-	-	-	-	0,093
DL-metionina	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lisina-HCl	-	0,276	0,133	-	-	-	-	0,281	0,136	-	-
Fitase ²	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,005	0,005	0,005
Carboidrases ⁵	-	-	-	-	-	-	-	0,020	0,020	0,020	0,020
Custo (R\$)	0,66	0,97	0,59	1,07	0,77	0,92	0,83	0,98	0,60	0,78	0,93
Composição nutricional analisada (MN)											
Nutriente (%)											
Matéria seca	91,31	91,12	91,12	91,18	90,17	90,26	90,89	92,45	91,51	92,02	91,49
Proteína bruta	15,15	17,13	17,42	16,41	17,76	19,55	17,47	18,56	18,10	19,88	18,71
Matéria mineral	8,43	9,56	9,04	9,77	7,93	8,62	9,47	10,36	9,10	8,86	9,67
FDN	36,35	32,95	46,53	42,16	31,26	33,71	41,30	33,15	46,76	36,62	35,64
FDA	16,46	23,76	27,71	25,52	23,74	23,83	26,67	23,81	26,10	21,52	19,96
NIDA (%FDA)	0,67	1,74	1,62	0,96	2,68	2,24	1,68	1,80	1,20	1,96	1,63
PB lignificada (%) ⁴	4,58	15,12	16,14	9,30	15,76	17,03	15,38	17,13	12,72	12,53	10,89
Hemiceluloses (FDN - FDA)	19,89	9,19	18,82	16,64	7,52	9,88	14,63	9,34	20,66	15,1	15,68
LDA	2,71	8,17	8,79	7,05	8,86	8,16	8,78	8,45	9,56	7,53	8,13

Celulose (FDA – LDA)	13,75	15,59	18,92	18,47	14,88	15,67	17,89	15,36	16,54	13,99	11,83
Relação LDA/Celulose	0,20	0,52	0,46	0,38	0,60	0,52	0,49	0,55	0,58	0,54	0,69
Cálcio	0,91	1,40	1,42	1,34	1,09	1,32	1,35	1,37	1,44	1,05	1,30
Fósforo	0,69	0,47	0,47	0,43	0,38	0,45	0,48	0,42	0,46	0,42	0,43
Energia bruta (kcal/kg)	3945	4391	4356	4214	4524	4294	4327	4388	4372	4556	4399
Energia digestível ³ (kcal/kg)	2519	2394	2156	2204	2453	2326	2196	2409	2260	2626	2616

¹Vaccinar- composição do premix vitamínico/ mineral por Kg do produto: Vit. A, 2000000 UI; Vit. D3, 20000UI; Vit. E, 4000mg; Vit. K3, 722mg; Vit. B1, 400mg; Vit. B2, 1000mg; Vit. B6, 600mg; Vit. B12, 2000mcg; Niacina, 6000mg; Ácido fólico, 100mg; Ácido pantotênico, 3000mg; Biotina, 21mg; Colina, 100000mg; Selênio, 19mg; Iodo, 140mg; Cobalto, 200mg; Ferro, 20000mg; Cobre, 4000mg; Manganês, 4000mg, Zinco, 14000mg, Avilamicina 1000mg.

²GENOPHOS – 10.000 FTU/g.

³ED (kcal/kgMS)= EB(kcal/kg MS) x (84,77 – 1,16 X %FDA MS)/100 (De Blas e Mateos, 1998)

⁴Se está denominando de PB lignificada àquela fração da PB contida na FDA

⁵Alfa-galactosidade (35 u/g), galactomananase (110 u/g), beta-glucanase (1.100 u/g) e xilanavse (1.500 u/g)

Foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparentes (CDA) da MS,

MO, PB e EB das dietas, utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{CDA nutriente}(\%) = \frac{\text{Nutriente ingerido}(\text{g}) - \text{Nutriente fezes}(\text{g})}{\text{Nutriente ingerido}(\text{g})} \times 100$$

A metodologia para determinação da energia digestível e proteína digestível dos ingredientes fibrosos seguiu o método direto, após a determinação dos coeficientes de digestibilidade das dietas SSM, SSA e SSF. Nessa metodologia, o valor nutricional do alimento teste (deve ter alta inclusão) será obtido pela diferença entre o conteúdo total do nutriente na dieta testada e o conteúdo de nutriente nos alimentos pré-determinados através da literatura. Utilizou-se também a metodologia empregada por Fernandez-Carmona et al. (1998), onde foi considerada digestibilidade de 100% para a lisina, sendo a energia digestível considerada de 4901 Kcal/Kg MS e a PD de 85,8% na MS (Rostagno et al., 2005). Os valores de ED considerados do óleo de soja, melação em pó, milho e farelo de soja foram de 8517, 2780, 3134 e 3182 kcal de ED/kg (Villamide et al., 1998) respectivamente. Os valores de PD considerados para o milho e farelo de soja foram de 4,69 e 35,59%, obtidos após análise bromatológica e considerando o coeficiente de digestibilidade relatado em (Villamide et al., 1998). Não se considerou a PD do melação. Então:

ED (kcal/kg) da dieta = **ED do alimento teste** * (%) + ED do Óleo de soja * (%) + ED do milho * (%) + ED do farelo de soja * (%) + ED melação em pó * (%) + ED lisina * (%).

PD (%) da dieta = **PD do alimento teste** * (%) + PD do milho * (%) + PD do farelo de soja * (%) + PD lisina * (%).

Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 11 tratamentos e oito repetições, sendo a unidade experimental constituída de uma gaiola com um coelho. Os valores de digestibilidade aparente dos diferentes princípios nutritivos foram submetidos à análise de variância, utilizando os recursos do programa computacional SISVAR e as médias foram comparadas pelo Teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Foi realizada também a comparação entre os tratamentos sem enzimas (SFA, SSM, SSA, SSF) e os mesmos tratamentos com adição de enzimas exógenas (SFAE, SSME, SSAE, SSFE) através do teste Scott-Knott.

O modelo estatístico utilizado para análises das variáveis estudadas foi:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = coeficiente de digestibilidade dos nutrientes (CDEB, CDPB, CDMS e CDMO) e consumo de ração;

μ = média geral;

R_i = efeito da dieta experimental i ;

E_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

4.3 - Resultados e discussão

A digestibilidade dos princípios nutritivos foi influenciada pelo tipo de dieta estudada ($p < 0,05$). O CDA das dietas experimentais e o consumo de ração são apresentados na tabela 22.

Tabela 22
Coeficientes de digestibilidade aparente e consumo médio diário das dietas experimentais

Dieta	Coeficientes de Digestibilidade				Consumo médio (g)
	PB (%)	EB (%)	MS (%)	MO (%)	
REF	78,34 a	66,38 a	65,57 a	67,25 a	99,93a
SFA	58,01 e	50,86 d	53,91 d	54,13 d	91,38a
SSM	68,10 c	53,45 c	54,23 d	54,28 d	94,73a
SSA	72,23 b	56,67 b	56,94 c	56,69 c	99,78a
SSF	45,48 f	48,84 d	53,07 d	52,75 d	78,15b
SSFA	62,79 d	54,03 c	57,29 c	56,98 c	98,50a
SSMA	72,89 b	56,89 b	57,52 c	56,82 c	94,38a
SFAE	61,26 d	54,54 c	57,35 c	58,51 b	84,65b
SSME	71,08 b	55,82 b	56,40 c	56,43 c	92,30a
SSFE	56,90 e	54,80 c	59,37 b	59,04 b	76,05b
SSFAE	63,63 d	56,85 b	59,41 b	59,30 b	91,70a
CV(%)	4,20	4,58	4,00	4,05	14,03

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5,0% de probabilidade

A dieta referência apresentou os maiores coeficientes de digestibilidade ($p < 0,05$) para todos os princípios nutritivos avaliados, em função principalmente do menor conteúdo de FDA, apresentando assim menor taxa de passagem o que favorece a digestão e absorção, havendo maior tempo de retenção no TGI. Deve-se chamar atenção ao fato da dieta referência não conter farinha das folhas de mandioca (FFM), pois haveria diminuição na digestibilidade. Nota-se que todas as dietas que continham FFM apresentaram baixa digestibilidade da proteína. No processo de desidratação, o material foi submetido à temperaturas superiores a 100°C, podendo ocorrer complexação dos aminoácidos e carboidratos, sendo esse fenômeno denominado de reação de Maillard. Notou-se que as dietas SSF e SSFE, que continham altos níveis de inclusão deste ingrediente, apresentavam aroma caramelizado, característico após a ocorrência desta reação. Além disso, pode-se verificar a alta concentração de proteína analisada a partir do resíduo de FDA dessas dietas. Quiñonez et al. (2007) perceberam queda no valor nutricional de carboidratos quando as folhas de mandioca foram secas a 183°C.

Os coelhos são animais que, pela atividade cecotrófica, incrementam a digestibilidade da proteína, tendo esse princípio nutritivo valores superiores de digestibilidade quando comparado aos demais. Avaliando a digestibilidade da EB observa-se que as dietas SFA e SSF apresentaram os piores resultados, seguido das dietas SSM, SSFA, SFAE e SSME. Diferentemente do que acontece com a PB, o coelho tem dificuldade de aproveitamento da EB de dietas com alto nível de fibra, o que é contornado pelo animal com a elevação de sua taxa de consumo. As observações anteriormente feitas podem ser aplicadas também para a digestibilidade da MS e MO. Quanto ao consumo de MS, pode-se observar que as dietas SSF, SFAE e SSFE apresentaram resultados inferiores ($p < 0,05$), sugerindo que dietas com alta concentração de FFM são também pouco palatáveis. Ao longo do experimento, pode-se observar que os animais não aceitavam bem as dietas que apresentavam altos níveis de inclusão deste ingrediente, principalmente as dietas SSF e SSFE.

Outra justificativa, para o baixo consumo e digestibilidade de algumas dietas foi

levantado por Scapinello et al. (1999), que perceberam que o FTSRM apresenta taninos livres e condensados e que estas substâncias prejudicam também a digestibilidade dos nutrientes. Essas substâncias podem formar estruturas estáveis com as proteínas, indisponibilizando-as no TGI, reduzindo sua digestibilidade, além da inibição de enzimas digestivas (Ferreira, 1994; McDougall et al., 1996). Abd El-Baki et al. (1993), que trabalharam com uma dieta teste com subprodutos da mandioca (15% de farinha das folhas + 30% de farinha da raiz), perceberam redução na digestibilidade da PB quando trabalharam com animais jovens, assim como observado nesse experimento. Já no período final do experimento, utilizando animais com 120 dias de idade, não foi observada diferença entre os tratamentos. Para a digestibilidade da MS e MO, os resultados foram semelhantes à dieta comercial. Contudo, diferentemente das dietas aqui utilizadas, o conteúdo fibroso da dieta teste, utilizada pelos autores, foi aumentado em somente 11,7% em relação à dieta referência.

Machado et al. (2007) avaliaram dietas simplificadas para coelhas e encontraram, para a dieta baseada em feno de alfafa, valores de 52,38; 52,99; 67,30 e 54,32% para o coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB e EB, respectivamente, sendo esses valores intermediários aos encontrados nesse experimento. No mesmo experimento, o autor verificou valores de 33,04; 33,32; 49,58 e 31,67%, para os respectivos coeficientes de digestibilidade dos princípios nutritivos anteriormente citados, sendo inferior a todos os valores observados nesse experimento. Gidenne (2000) cita que a digestibilidade observada em fêmeas normalmente é menor que em animais em crescimento, sendo dependente do nível de energia da dieta.

Os valores encontrados nesse experimento também são intermediários aos observados por Ferreira et al. (2007) que encontraram

coeficientes de digestibilidade da ordem de 53,7; 50,4; 68,1 e 53,72%, para a MS, MO, PB e EB, respectivamente, para a dieta simplificada baseada em FAL e valores de 47,6; 46,4; 52,02 e 49,0 para os respectivos princípios nutritivos, da dieta simplificada baseada no FTSRM.

Fernandez-Carmona et al. (1998), que avaliaram dietas simplificadas com base em FAL, verificaram valores de coeficientes de digestibilidade, para a MS, MO e PB da ordem de 53,0; 54,5 e 64,5%, respectivamente, para uma dieta com 96% de FAL. Já para dieta semelhante, com inclusão de 8,9% de óleo, foram verificados valores de 54,0; 55,0 e 66,0%, para os respectivos princípios nutritivos. Tais valores são próximos aos obtidos nesse experimento para a dieta SSA. Faria et al. (2008) observaram coeficientes de 50,0; 73,3 e 50,6% para a MS, PB e EB da dieta simplificada com base em FAL e 29,6; 46,9 e 24,5% para os respectivos princípios nutritivos da dieta simplificada com base em FTSRM. O autor reforçou a hipótese da baixa digestibilidade dos princípios nutritivos, da última dieta, ser devida à presença de grande quantidade de tanino, como proposto por Scapinello et al. (1999).

Pode-se perceber que, em geral, as dietas simplificadas utilizadas nos ensaios citados apresentaram valores inferiores de coeficientes de digestibilidade, quando comparadas às dietas semi-simplificadas, de mesma fonte fibrosa, utilizadas nesse experimento, reforçando a idéia de melhoria no processo digestivo quando se adiciona níveis mínimos de amido e proteína de reconhecida qualidade nutricional. Esse fato pode ser explicado pela maior digestibilidade aparente da fonte de amido e proteína, além da melhoria de todo o processo digestivo, principalmente a nível cecal, conforme indicado por Machado (2006).

Realizando a regressão linear com os valores dos coeficientes de digestibilidade da EB das dietas REF, SFA, SSM, SSA, SSF, SSFA e SSMA (sem influência da enzima) e o conteúdo de FDA das diferentes dietas, pôde-se criar a seguinte equação:

$$y = -0,9367x + 80,013 \quad (R^2 = 0,44)$$

Onde: y = coeficiente de digestibilidade da EB, x = valor de FDA (%MS)

Verifica-se que essa equação apresentou baixo coeficiente de determinação (R^2) devido principalmente a alguns fatores antinutricionais presentes na farinha das folhas de mandioca (FFM) que depreciam a digestibilidade da energia e não são quantificados pela análise de FDA. Assim, a partir da eliminação das dietas SFA, SSF e SSFA, que contêm a FFM, se pôde propor a seguinte equação:

$$y = -0,962x + 83,805 \quad (R^2 = 0,97)$$

Onde: y = coeficiente de digestibilidade da EB, x = valor de FDA (%MS)

Nota-se que o R^2 foi melhorado e que essa equação demonstra a relação inversa entre o teor de FDA e a digestibilidade da EB nos alimentos.

Da mesma forma, pode-se propor também relação inversa entre a digestibilidade da PB e o teor de proteína lignificada, a qual está contida no resíduo de FDA, sendo indisponível para o animal. A partir da regressão com os dados de PB lignificada e digestibilidade da PB verificados para as dietas REF, SFA, SSM, SSA, SSF, SSFA e SSMA (sem influência da enzima), foi obtida a equação:

$$y = -1,4808x + 85,145 \quad (R^2 = 0,3806)$$

Onde: y = coeficiente de digestibilidade da PB, x = teor de proteína lignificada (% da PB).

Da mesma forma considerada para a predição da digestibilidade da EB, desconsiderando as dietas com alta inclusão de FFM, se propôs a nova equação:

$$y = -0,6555x + 80,33 \quad (R^2 = 0,7223)$$

Onde: y = coeficiente de digestibilidade da PB, x = teor de proteína lignificada (% da PB).

Quanto ao efeito das enzimas exógenas incluídas (carboidrases e fitase) observa-se nas tabelas 23 a 27 que houve influência positiva da inclusão sobre a digestibilidade dos princípios nutritivos avaliados, para a maioria das rações.

Tabela 23

Coefficientes de digestibilidade aparente das dietas simplificadas com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa, com ou sem enzimas

Dieta	Coeficientes de digestibilidade			
	PB (%)	EB (%)	MS (%)	MO (%)
SFA (sem enzimas)	58,01 b	50,86 b	53,91 b	54,13 b
SFAE (com enzimas)	61,26 a	54,54 a	57,35 a	58,51 a
CV(%)	3,95	4,65	3,41	3,39

Médias com letras diferentes, na mesma coluna, são diferentes a 5% de probabilidade., pelo teste de Scott-Knott

Tabela 24

Coefficientes de digestibilidade aparente das dietas semi-simplificadas com base em feno do terço superior da rama de mandioca, com ou sem enzimas

Dieta	Coefficientes de digestibilidade			
	PB (%)	EB (%)	MS (%)	MO (%)
SSM (sem enzimas)	68,10 b	53,45 b	54,23 b	54,28 b
SSME (com enzimas)	71,08 a	55,82 a	56,40 a	56,43 a
CV(%)	2,74	3,53	3,39	3,41

Médias com letras diferentes, na mesma coluna, são diferentes a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott

Tabela 25

Coefficientes de digestibilidade aparente das dietas semi-simplificadas com base em farinha das folhas de mandioca, com ou sem enzimas

Dieta	Coefficientes de digestibilidade			
	PB (%)	EB (%)	MS (%)	MO (%)
SSF (sem enzimas)	45,48 b	48,84 b	53,07 b	52,75 b
SSFE (com enzimas)	56,90 a	54,81 a	59,37 a	59,04 a
CV(%)	5,19	4,60	3,50	3,51

Médias com letras diferentes, na mesma coluna, são diferentes a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott

Tabela 26

Coefficientes de digestibilidade aparente das dietas semi-simplificadas com base na mistura de feno de alfafa e farinha das folhas de mandioca, com ou sem enzimas

Dieta	Coefficientes de digestibilidade			
	PB (%)	EB (%)	MS (%)	MO (%)
SSFA (sem enzimas)	62,79	54,03	57,30	56,98
SSFAE (com enzimas)	63,63	56,85	59,41	59,30
CV(%)	7,19	7,02	6,40	6,61

Tabela 27

Coefficientes de digestibilidade aparente das dietas com alta inclusão de ingredientes fibrosos em função da presença de enzimas pelo teste

Dieta	Coefficientes de digestibilidade			
	PB (%)	EB (%)	MS (%)	MO (%)
Dietas sem enzimas	58,71 b	51,84 b	54,69 b	54,60 b
Dietas com enzimas	63,41 a	55,48 a	58,05 a	58,26 a
CV(%)	12,28	5,73	4,96	4,91

Médias com letras diferentes, na mesma coluna, são diferentes a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott

Nota-se, com exceção das dietas SSFA e SSFAE, que a inclusão das enzimas exógenas influenciou a digestibilidade, onde os maiores coeficientes são observados quando se adicionou esse aditivo zootécnico. Na comparação geral, fica clara que as

enzimas exógenas adicionadas (fitase + carboidrases) melhoraram a digestibilidade de todos os nutrientes.

Os resultados observados concordam com Gutierrez et al. (2000) que verificaram

melhoria ($p < 0,05$) na digestibilidade de PB quando a enzima fitase foi adicionada em rações para essa espécie. Naquele trabalho, os autores observaram melhoria de 7%, próximo aos 8% aqui observados na comparação geral. Falcão e Cunha et al. (2008) perceberam melhorias na digestibilidade da parede celular quando a enzima galactosidase foi adicionada às dietas. Assim, fica clara a habilidade das enzimas em melhorar o aproveitamento dos princípios nutritivos das dietas para coelhos.

Na tabela 28 podem ser observados os valores de ED e PD das dietas experimentais, bem como a relação ED/PD. Nota-se que as dietas REF, SSMA, SSFE e SSFAE apresentaram nível de ED próximos ao proposto por De Blas e Mateos (1998) que é de 2500 kcal/kg. Contudo, todas as demais dietas apresentaram níveis superiores a 2200 kcal/kgMS, no qual o animal regula seu consumo em função da densidade energética (Ferreira e Pereira, 2003; De Blas et al., 2002). Quanto à PD, nota-se que as dietas SFA e SSF apresentaram níveis inferiores aos recomendados por De Blas e Mateos (1998) e as demais dietas apresentaram níveis ligeiramente superiores. Ferreira e Pereira (2003) verificaram que a relação entre kcal de ED e g de PD, a cada kg, deve estar entre 22 e 25. Assim as dietas SSM, SSA, SSFA, SSMA, SFAE, SSME e SSFAE, mostraram relação abaixo da proposta, o que sugere falta de energia em relação à proteína. O contrário é observado na dieta SSF, que sugere falta de proteína em relação à energia.

Todas as dietas utilizadas nesse experimento apresentaram maior conteúdo energético que as utilizadas por Machado et al. (2007) que obteve resultados insatisfatórios com dietas simplificadas. Fernandez-Carmona et al. (1998) verificaram valores de 2143,5 e 2418,7 kcal/kg para as dietas com 96 e 88,1% de FAL respectivamente, sendo o primeiro valor inferior a todas as dietas utilizadas nesse experimento. Gidenne (2000) propõe necessidades energéticas de 2250 a 2350 kcal de ED/kg até os 45 dias e 2350 a 2450 dos 46 ao abate. A maioria das dietas aqui trabalhadas atendeu a esses requisitos. O mesmo autor propõe necessidades de PD superior a 11,5% até os 45 dias e 11,0-11,5% dos 46 dias ao abate. Assim, excetuando as dietas SFA e SSF, todas as demais proveram as necessidades de PD. Ainda, pelas recomendações de Gidenne (2000), para a quantidade de fibra oferecida aos animais, pôde-se perceber que a dieta REF possui FDA, Ligninas e relação LDA/celulose inferior ao proposto, embora esteja balanceada de acordo com as recomendações de De Blas e Matheus (1998). Outra recomendação é feita quanto ao nível de LDA, que pode ser de 5 a 7%, faixa na qual as rações aqui trabalhadas não estão compreendidas. Dietas simplificadas proporcionam excesso de componentes fibrosos, o que muitas vezes dificulta o balanceamento de algumas frações alimentares. Gidenne (2000) cita também que deve haver conteúdo de hemiceluloses maior que 12% para coelhos até os 45 dias e 10% dos 46 dias ao abate. Assim algumas das dietas aqui utilizadas não continham tal quantidade de hemiceluloses.

Tabela 28
Níveis nutricionais de energia digestível e proteína digestível e relação energia/proteína das dietas experimentais estudadas

Dieta	ED (kcal/kg)	PD (%)	Relação ED/PD*
REF	2619	11,87	22,06
SFA	2233	9,94	22,46
SSM	2328	11,86	19,63
SSA	2388	11,85	20,15
SSF	2210	8,08	27,35

SSFA	2320	12,28	18,89
SSFMM	2462	12,73	19,34
SFAE	2393	11,37	21,05
SSME	2441	12,87	18,97
SSFE	2497	11,31	22,08
SSFAE	2501	11,91	21,00

*Gramas de PD por kg

A Tabela 29 apresenta o valor nutricional das fontes fibrosas. Deve-se enfatizar que este método direto pode ser aplicado somente em dietas com alto nível de

inclusão do alimento a ser testado e quanto maior o nível de inclusão, mais precisa será essa estimativa.

Tabela 29
Valor nutricional das fontes fibrosas (valores na MS)

Princípio nutritivo	FTSRM	Alimentos	
		FAL	FFM
ED (kcal/kg)	1822,7	2232,5	1888,9
PD (%)	12,26	15,54	7,36

Pode-se observar que a FFM apresentou nível muito baixo de PD, em função da elevação da temperatura durante seu processamento, em máquina de chá adaptada. Conforme comentado, essa situação favorece a união entre os aminoácidos e carboidratos reduzidos, fazendo com que se forme um complexo insolúvel, sendo esse fenômeno conhecido como reação de Maillard.

O valor de ED encontrado para o FAL é muito próximo ao proposto por Machado et al. (2007) que foi de 2205,6 kcal/kgMS. Já o valor de PB encontrado pelo autor foi de 12,92% da MS sendo esse valor inferior ao observado nesse experimento. Já o valor nutricional do FTSRM utilizado neste experimento foi bastante superior ao utilizado pelo mesmo autor anteriormente citado que trabalhou com material que continha apenas 1149,8 kcalED/kgMS e 9,60% de PB na MS. Valores nutricionais semelhantes para o feno de alfafa foram encontrados também por Ferreira et al. (2007) que acharam 2285,2 kcalED/kgMS e 16,04% PB na MS. Já para o FTSRM, os autores encontraram nível mais elevado de

ED e menor de PD sendo os valores de 2155,5 kcal/kgMS e 10,57% de PD na MS. O valor encontrado para a ED do FAL é semelhante ao proposto por Villamide et al. (1998) que é de 2207kcal/kgMS.

Scapinello et al. (1999) avaliaram o valor nutricional do FTSRM, colhido aos 15 meses de idade, e encontraram valores de 1901,8 kcalED/kg de MS e 8,92% de PD na MS sendo o valor de energia próximo ao observado nesse trabalho.

4.4 - Conclusões

As dietas semi-simplificadas porporcionam, em geral, coeficientes de digestibilidade intermediários entre as dietas tradicionais e as dietas simplificadas.

Dietas com alta inclusão de farinha das folhas de mandioca, acima de 40%, apresentam valores de digestibilidade inferiores para seus princípios nutritivos, quando comparadas às dietas tradicionais.

As enzimas exógenas adicionadas (fitase e carboidrases) proporcionaram melhoria significativa na digestibilidade dos princípios nutritivos das dietas simplificada e semi-simplificadas.

4.5 - Referências bibliográficas

- ABD EL-BAKI, S. M. A.; NOWAR, M. S.; BASSUNY, S. M.; et al. Cassava as new animal feed in Egypt 3- pelleted complete cassava feed for growing rabbits. *World Rabbit Science*, v. 1, n. 4, p. 139-145, 1993.
- BEDFORD M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition: their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, v. 86, p. 1-13, 2000.
- BERTECHINI A. G. *Nutrição de monogástricos*. Lavras: UFLA, 2006. 301p.
- CARABAÑO, R. M.; FRAGA, M. J.; SANTOMÁ, G.; et al. Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion and composition of soft and hard feces of rabbits. *Journal of Animal Science*, v. 66, n. 4, p. 901-910, 1988.
- CARABAÑO R.; PIQUER J. The digestive system of the rabbit. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 1-16.
- CHEEKE, P.R.; GROBNER, M.A.; PATTON, N.M. Fiber digestion and utilization in rabbits. *Journal Applied Rabbit Research*, v. 9, p. 25-30, 1986.
- Compendio Brasileiro de Alimentação Animal. Publicação realizada pelo SINDIRAÇÕES, com apoio da ANFAR, CBNA e Ministério da Agricultura. Publicado em 2005.
- DARI R. L. A utilização de fitase na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. *Anais...* Castelo - Campinas: FACTA, 2004. p. 128-143.
- DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, 1998. p. 241-253.
- DE BLAS, J. C.; GARCIA J.; CARABAÑO R. M. Avances em nutrición de conejos. In: SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27, 2002, Réus. *Anais.. Réus*, 2002. p. 83-91.
- EULER A. C. C. *Utilização digestiva, metodologias "in vitro" de dietas e caracterização da microbiota cecal em coelhos suplementados com Lithothamnium*. 2009. 78f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- EGGUM B. O. The protein quality of cassava leaves. *British Journal of Nutrition*, v. 24, p. 761-768, 1970.
- FALCÃO E CUNHA L.; SABINO I.; CASTRO-SOLLA L.; BRUNO-SOARES A.; FREIRE J. P. Improving the nutritive value of lupin seed for growing rabbits: galactosidade enzymes vs. washing. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 9, 2008, Verona. *Proceedings...* Verona, 2008. p. 661-666.
- FARIA H. G.; FERREIRA W. M.; SCAPINELLO C.; et al. Efeito da utilização de dietas simplificadas, à base de forragem, sobre a digestibilidade e o desempenho de coelhos Nova Zelândia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 10, p. 1797-1801, 2008.
- FERNANDEZ-CARMONA, J., BERNAT, F., CERVERA, C., PASCUAL, J. J. High lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Science.*, v. 6, n.2, p.237-240. 1998

FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31, 1994. Maringá. *Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Maringá: SBZ, 1994. p. 85-113.

FERREIRA W.M.; PEREIRA, R. A. N. Avanços na nutrição de coelhos - Avaliação energética e protéica dos alimentos e necessidades nutricionais. In: *Nutrição animal: Tópicos avançados*. Departamento de Tecnologia Rural e Animal – UESB, 2003. p. 15-34.

FERREIRA W. M.; HERRERA A. D. P. N.; SCAPINELLO C.; et al. Digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas simplificadas baseadas em forragens para coelhos em crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 59, n. 2, p. 451-458, 2007.

FLORES C. I. O. *Caracterização química e avaliação da biodisponibilidade de β -caroteno e da proteína da folha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) desidratada*. 1998. 160f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GIDENNE T. Recent advances in rabbit nutrition: emphasis on fibre requirements, a review. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 1, p. 23-32, 2000.

GUTIÉRREZ I.; GARCIA J.; CARABAÑO R.; MATEOS G. G.; DE BLAS J. C. Effect of exogenous phytase on phosphorus and nitrogen digestibility on growing-finishing rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 7, 2000, Valencia. *Proceedings...* Valencia, 2000. p. 277-281.

HERRERA A.P.N. *Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas*

simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento. 2003. 104f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MACHADO L. C. *Avaliação de dietas simplificadas com base em forragem para coelhas reprodutivas e coelhos em crescimento*. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MACHADO L. C.; FERREIRA W. M.; FARIA H. G.; et al. Avaliação da digestibilidade aparente de dietas simplificadas com base em forragens para coelhas em reprodução. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, n. 1, p. 81-90, 2007.

McDOUGALL, G.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; et al. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. *Journal Science Food Agriculture*, v. 70, p. 133-150, 1996.

MAERTENS L.; PEREZ J. M.; VILLAMIDE M. et al. Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran tables 2002. *World Rabbit Science*, v. 10, n. 4, p. 157-166, 2002.

NAGASHIRO C. Enzimas na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2007, Santos. *Anais...* Castelo - Campinas: FACTA, 2007. p. 309-327.

PEREZ J. M.; CERVERA C.; FALCÃO E CUNHA L. et al. European ring-test on in vivo determination of digestibility in rabbits: reproducibility of a reference method compared with individual laboratory procedures. *World Rabbit Science*, v. 3, n. 4, p. 171 – 178, 1995.

QUIÑÓNEZ R.; GONZÁLEZ C; POLANCO D.; et al. Evaluación de

diferentes tipos de desidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química. *Zootecnia Tropical*, v. 25, n. 1, p. 43-49, 2007.

ROCA T. Aspectos fundamentales de cunicultura. In: PRIMER CONGRESO DE CUNICULTURA DE LAS AMÉRICAS, Montecillo. *Primer congreso de cunicultura de las américas*. Montecillo, Edo De México: Colégio de postgraduados. 1998

ROSTAGNO H. S. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186 p.

SANTOS E. A.; LUI J. F.; SCAPINELLO C. Efeito dos níveis de fibra em detergente ácido sobre os coeficientes de digestibilidade das dietas e desempenho de coelhos em crescimento. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 26, n. 1, p. 79-86, 2004.

SCAPINELLO C.; FALCO J. E.; FURLAN A. C.; FARIA H. G. Valor nutritivo do feno da rama de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) para coelhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.

SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; GIDENNE T. Importância da padronização de metodologias e técnicas experimentais para avaliação de alimentos em coelhos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. p. 190-203.

SILVA D. J.; QUEIROZ A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

VAN SOEST P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: carbohydrate

methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VILLAMIDE, M. J., MAERTENS, C., DE BLAS, C., PEREZ, J. M. Feed evaluation. In: DE BLAS, C., WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, p. 89-102, 1998.

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DAS DIETAS SEMI-SIMPLIFICADAS E SIMPLIFICADAS COM BASE NA MISTURA DE FORRAGEIRAS PARA COELHOS EM CRESCIMENTO

5.1 - Introdução

O estudo das dietas com alta inclusão de ingredientes fibrosos para coelhos, vem sendo conduzido por vários pesquisadores (Fernandez-Carmona et al., 1998; Pascual et al., 2002; Herrera, 2003; Machado et al. 2007; Faria et al., 2008) sendo essa dieta comumente denominada de simplificada. Os resultados experimentais obtidos até o momento são contraditórios, sendo, de maneira geral, inferiores aos resultados obtidos com a utilização de dietas tradicionais.

Um importante efeito observado quando na utilização de dietas simplificadas para coelhos em crescimento foi a redução da mortalidade dos animais, pela menor incidência de transtornos digestivos (Fernandez-Carmona et al., 1998; Gidenne, 2000). Este efeito protetor é explicado através do estímulo da contração ileo-cecal, evitando um tempo excessivo de retenção da digesta (Gidenne, 2000; De Blas et al., 2002). Quanto ao quesito economia proporcionada, as dietas simplificadas podem ser uma alternativa rentável, conforme observado por Herrera (2003) que verificou que o quilograma do coelho alimentado com esse tipo de alimento, baseado no FTSRM, apresentou menor custo, em relação à dieta tradicional. Em experimentos que avaliam o uso dessas dietas, a análise econômica é crucial.

A fim de buscar o ponto de equilíbrio entre a máxima economia e o desempenho satisfatório do animal, Machado (2006) sugeriu a utilização de dietas semi-

simplificadas, adicionando pequena quantidade de fontes de amido e proteína de boa qualidade nutricional, para melhoria geral do processo digestivo, principalmente da atividade fermentativa. Outra sugestão feita pelo autor, e posteriormente indicada por Faria et al. (2008) é a mistura de diferentes forrageiras, visando complementaridade e melhoria da eficiência de utilização pelos animais.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho e parâmetros digestivos de coelhos em crescimento recebendo dietas simplificadas e dietas semi-simplificadas com base em uma forrageira ou na mistura entre elas, com e sem adição de enzimas fitase e carboidrases, considerando que as principais deficiências podem ser minimizadas e que o processo digestivo dos coelhos pode ser otimizado.

5.2 - Material e métodos

O experimento foi conduzido no laboratório de metabolismo animal do departamento de Zootecnia, da EV-UFGM, Belo Horizonte, no período de 07 de Dezembro de 2009 a 16 de Janeiro de 2010. Durante o experimento as temperaturas médias, mínima e máxima, foram de 20,8 e 26,7°C e a média geral foi de 23,7°C. As gaiolas utilizadas foram de arame galvanizado, de tamanho 0,30 x 0,60m, numa área disponível de 0,18m². Anteriormente à chegada dos animais, as instalações foram limpas e desinfetadas com auxílio de vassoura de fogo. O bebedouro utilizado foi o do tipo chupeta automático e o comedouro semi-automático.

Os animais utilizados foram providos pela fazenda experimental prof. Hélio Barbosa, situada no município de Igarapé, MG, e consistiram de coelhos da raça Nova Zelândia Branca, desmamados aos 35 dias de idade, de ambos os sexos. Ao início do

experimento se equilibraram o peso inicial entre os tratamentos. Foram utilizados oito animais por dieta experimental, num total de 88 animais. A aprovação do comitê de ética animal (CETEA/UFMG) foi registrada sob o número 171/08.

Os tratamentos, os quais são detalhados na Tabela 21, consistiram de:

REF (T1): dieta referência

SFA (T2): dieta simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca (FFM) e feno de alfafa (FAL)

SSM (T3): dieta semi-simplificada com base em feno do terço superior da rama da mandioca (FTSRM)

SSA (T4): dieta semi-simplificada com base em FAL

SSF (T5): dieta semi-simplificada com base em FFM

SSFA (T6): dieta semi-simplificada com base na mistura de FFM e FAL

SSMA (T7): dieta semi-simplificada com base na mistura de FTSRM e FAL

SFAE (T8): dieta SFA + enzimas carboidrases e fitase

SSME (T9): dieta SSM + enzimas carboidrases e fitase

SSFE (T10): dieta SSF + enzimas carboidrase e fitase

SSFAE (T11): dieta SSFA + enzimas carboidrase e fitase

A dieta referência foi formulada para atender às exigências propostas por De Blas e Mateos (1998) e as dietas simplificadas e semi-simplificadas foram formuladas onde se procurou, ao máximo, a aproximação das exigências citadas acima e quando não foi possível ajustar o conteúdo de ED, se procurou fornecer pelo menos 2200 kcal/kg, valor mínimo proposto por De Blas et al. (2002) e Ferreira e Pereira (2003) no qual os coelhos conseguem regular o seu consumo em função da densidade energética da ração. Foram verificados os níveis dos aminoácidos lisina, metionina + cistina, treonina, triptofano e arginina, embora não

fora necessária a adição dos três últimos. Para incremento do conteúdo energético da dieta, e melhoria na digestibilidade dos demais nutrientes (valor extra calórico citado por Bertechini, 2006 e anteriormente confirmado para coelhos por Fernandez-Carmona et al. 1998), foi adicionado óleo de soja. Visando a melhoria da palatabilidade e da qualidade do pélete, foi adicionado melaço em pó. A composição percentual e nutricional das dietas experimentais se encontra na tabela 21. O pélete foi elaborado com uma espessura de 4 a 5mm de diâmetro e 10 a 15mm de comprimento conforme recomendações de Roca (1998). Durante o experimento, foi fornecida ração à vontade para os animais. A granulometria das rações e ingredientes fibrosos se encontra na Tabela 17.

Para elaboração das dietas foram realizadas análises químico-bromatológicas dos ingredientes fibrosos, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da EV-UFMG, seguindo as metodologias propostas por Silva e Queiroz (2002), Compêndio (2005) e Van Soest et al. (1991). A composição química dos demais ingredientes foi obtida a partir de Villamide et al. (1998), Maertens et al. (2002) e Rostagno et al. (2005). A composição dos ingredientes utilizados para confecção das dietas experimentais se encontra nas Tabelas 18 e 19.

O abate foi realizado aos 75 dias de idade, pela manhã, a partir das 8 h por ser horário favorável à coleta de quantidade considerável de material no sistema digestivo, principalmente conteúdo cecal.

Para avaliação do desempenho dos animais, foram tomados os seguintes parâmetros: peso vivo (PV), consumo diário de ração (CDR), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), rendimento de carcaça (RC) e mortalidade. Todos os animais foram pesados ao serem alojados nas gaiolas (início) e a cada cinco dias de

experimento, sendo então pesados aos 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 e 75 dias de idade, por ocasião do abate (final do experimento) possibilitando assim o estudo do crescimento. A cada 15 dias, as rações presentes nos comedouros foram peneiradas, para evitar problemas respiratórios, e o valor de finos foi pesado e descontado do fornecido.

Para cálculo do custo da ração necessária para produção de 1,0 kg de peso vivo, foi utilizada a CA geral de cada tratamento e foram tomados os preços de compra da fazenda experimental prof. Hélio Barbosa. O preço da FFM foi obtido diretamente na COOPATAN e o custo do FTSM foi obtido anteriormente no capítulo 3. Os valores considerados são apresentados na tabela 20.

Para avaliação dos parâmetros digestivos, após o sacrifício, foram retirados os órgãos intactos e assim obtidos o peso total do tubo digestivo (PTD), que considerou o estômago, intestino delgado e ceco, peso do ceco (PC), peso do estômago (PE) e peso do intestino delgado (PID) sendo todas essas medições realizadas logo após o abate e tomando como base o órgão repleto de conteúdo. Foram avaliados também o peso do fígado (PF) e do coração (PCO). Além do peso absoluto, foi utilizado também o peso relativo (%) tomando como base o peso do animal aos 75 dias de idade. Também foram obtidos o peso e rendimento de carcaça quente sem cabeça e vísceras comestíveis.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso sendo 11 tratamentos e oito repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um coelho. As médias obtidas foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade, conforme indicado por Sampaio (2002), utilizando-se os recursos do programa computacional SAS. Para os parâmetros de peso vivo, consumo e GPD, foi considerado, como covariável, o peso aos 35 dias. Já para os parâmetros de carcaça e digestivos, o peso aos 75 dias foi considerado para esse fim.

O modelo estatístico utilizado para avaliação dos parâmetros foi:

$Y_{ik} = \mu + R_i + b(X_i - X_p) + e_{ijk}$; em que
 Y_{ijk} : observação relativa ao indivíduo K, recebendo a ração i.

μ : média geral das características;

R_i : efeito da ração i (i=1,2,3);

b: coeficiente de regressão da covariável sobre a variável estudada

X_p : valor padrão da covariável para o qual se deseja ajustar a resposta estudada

X_i : média da covariável no tratamento i

e_{ijk} : erro aleatório associado a cada observação.

O crescimento dos animais foi estudado através do modelo linear (35 a 75 dias) e modelo não linear sendo que para esse último foram utilizados a curva logarítmica e os modelos Logístico, Brody, Gompertz e Von Bertalanffy. As expressões matemáticas que representam cada um desses modelos e seu número de parâmetros são apresentados na tabela 30.

Tabela 30 – Descrição matemática dos modelos de crescimento utilizados.

Modelo	n° de parâmetros	Expressão matemática
Logístico	3	$yt = A/(1+Bexp(-Kt))$
Brody	3	$yt = A(1-Bexp(-Kt))$
Gompertz	3	$yt = Aexp(-Bexp(-Kt))$
Von Bertalanffy	3	$yt = A(1-Bexp(-Kt))^3$

yt = peso do animal no tempo t considerado; A = estimativa do peso à maturidade; B = parâmetro de integração, não possuindo significado biológico; exp = base dos logaritmos neperianos; K = estimativa de precocidade

5.3 - Resultados e discussão

Durante o experimento não foram observadas diarreias ou quaisquer tipo de enfermidades digestivas. Não houve morte de animais. Fernandez-Carmona et al. (1998) relataram 11% de mortalidade durante o experimento onde o tratamento referência apresentou os piores resultados quando comparado às dietas simplificadas. Harris et al. (1981) percebeu redução da incidência de diarreia e enterite com a elevação dos níveis de fibra.

A evolução do CDR ao longo do experimento pode ser observada na tabela 31. O consumo dos animais foi alterado pela dieta ($p < 0,05$). Pode-se observar que, inicialmente, o tratamento referência apresentou consumo superior. Nos primeiros dias o animal necessita se adaptar às condições experimentais, tal como a troca da ração. Dietas simplificadas e semi-simplificadas apresentam elevadas taxas de inclusão de alimentos fibrosos, diferentemente da ração comercial que esses animais ingeriam antes ao início deste experimento. Pode-se notar que o consumo das dietas simplificadas se normalizou ao final do experimento, não havendo diferenças entre elas ($p > 0,05$). Na comparação geral, os tratamentos SSF, SFAE e SSFE foram inferiores aos demais, provavelmente devido à baixa palatabilidade da FFM.

Herrera (2003) trabalhou com dietas simplificadas e verificou consumo diário de 111,1; 88,9 e 84,3g para as dietas com base em FTSRM, FAL e referência respectivamente. Comparado ao experimento da autora, o consumo dos animais neste experimento foi superior, exceto para o consumo da dieta baseada em FTSRM. Harris et al. (1981) observaram elevação no consumo à medida que se elevaram os níveis de fibra dietética, o que não foi observado nesse experimento. Abd El-Baki et al. (1993) observaram menor

consumo em coelhos até 70 (64g/dia) e 105 (95g/dia) dias de idade, que recebiam dietas com subprodutos da mandioca. Oliveira (2009) testou uma dieta semi-simplificada com 81,63% de subprodutos da mandioca (41,63% de FTSRM e 40,00% de farinha de varredura) e observou queda no consumo em comparação com a dieta referência ($p < 0,05$). Contudo, os animais alimentados com essa dieta teste, ingeriram, em média, 116 g/dia sendo esse consumo superior ao observado para todas as dietas utilizadas nesse experimento. Já Machado (2006), percebeu que o consumo da dieta simplificada a base de FAL foi igual ($p < 0,05$) à dieta referência, sendo o consumo de 115 g/dia. Os animais que recebiam dietas simplificadas com base em FTSRM apresentaram consumo inferior, de 107 g. Conforme comentado no capítulo anterior, as necessidades de componentes fibrosos do tratamento referência estão abaixo do recomendado por Gidenne (2000), o que pode explicar o baixo consumo desse tratamento quando comparado à outros trabalhos. Nota-se também que a ED fornecida por esse tratamento foi de 2619 kcal/kg (Tabela 28), sendo superior às necessidades propostas por De Blas e Mateos (1998) e Gidenne (2000), o que favorece menor ingestão.

Deve-se chamar atenção para a temperatura média no período do experimento, o qual foi realizado em condições de primavera-verão. A temperatura mínima média foi de 20,8°C e a máxima média foi de 26,7°C sendo a média geral de 23,7°C, sendo essa superior à zona de conforto térmico para coelhos (Muller, 1982). Altas temperaturas proporcionam inibição do consumo dos animais. Isso pode explicar parte dos motivos que proporcionaram baixo consumo neste experimento.

Tabela 31 – Consumo de ração ao longo do experimento e consumo geral de nutrientes (g/dia)

Período (dias)	Dietas experimentais											CV(%)	T(°C)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE		
35-40	47,14a	20,70c	31,98bc	35,86b	27,48bc	29,97bc	35,19bc	21,83bc	30,76bc	20,89c	33,30bc	29,57	24,1
40-45	88,80a	69,96bc	76,40abc	83,01ab	61,01cd	70,58bc	73,23bc	59,87cd	71,82bc	48,74d	73,10bc	14,96	23,7
45-50	101,87a	88,21ab	95,46a	100,21a	77,35b	89,62ab	92,04ab	79,76b	87,53ab	65,95c	87,04ab	11,51	22,8
50-55	108,79a	99,39ab	103,99ab	108,80a	87,22bc	106,61a	104,16ab	91,01abc	100,45ab	80,49c	99,61ab	11,57	23,8
55-60	122,45a	113,03ab	119,70a	119,29a	96,56b	120,99a	116,79a	104,76ab	119,52a	95,44b	114,67ab	12,43	22,8
60-65	124,11a	120,30a	121,69a	120,09a	106,87ab	123,36a	121,27a	108,15ab	124,63a	92,11b	120,56a	11,97	24,0
65-70	124,67ab	130,44ab	126,88ab	126,77ab	112,75ab	134,01a	122,58ab	117,14ab	132,00ab	107,10b	131,92ab	12,56	24,1
70-75	128,45a	127,53a	124,63a	119,24a	116,30a	131,22a	121,52a	119,03a	126,84a	107,07a	132,11a	12,83	24,4
Geral	105,79a	96,19ab	100,09ab	101,66ab	85,70bc	100,80ab	98,35ab	87,69bc	99,19ab	77,22c	99,04ab	10,49	23,7
ED (kcal/dia)	277,1	214,8	233,0	242,8	189,4	233,9	242,1	209,8	242,1	192,8	247,7	-	-
PD (g/dia)	12,56	9,56	11,87	12,05	6,92	12,38	12,52	9,97	12,77	8,73	11,80	-	-

Médias com letras iguais na mesma linha são iguais pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

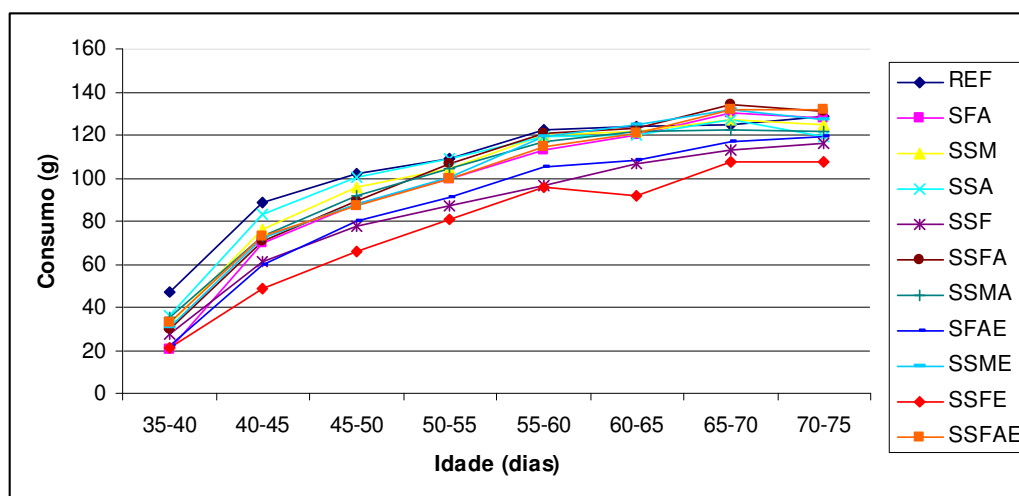


Gráfico 07 – Consumo dos animais, em função das dietas experimentais, ao longo do experimento

O GPD pode ser observado na Tabela 32, onde se percebe que houve influência das dietas experimentais ($p < 0,05$). Pela observação do gráfico 08, nota-se que, em geral, o GPD foi maior dentro da primeira metade do experimento, concordando com o proposto por Gidenne (2000). Nota-se que nos períodos avaliados os tratamentos REF, SSM, SSFA, SSMA e SSME se destacaram. Na comparação geral, entre os 35 e 75 dias, os tratamentos REF, SSM e SSFA apresentaram resultados semelhantes. Os tratamentos SSA, SSMA, SSME e SSFAE foram semelhantes aos tratamentos SSM e SSFA. Os tratamentos SSF e SSFE apresentaram resultados insatisfatórios. Pode-se observar também que alguns animais apresentaram GPD negativo ao início do experimento, devido à adaptação desses animais às condições experimentais iniciais (desmame, alojamento individual, transporte, troca de ração, troca de ambiente, etc). Assim, é necessário que experimentos dessa natureza levem em consideração um período mínimo de adaptação ou que se pré-alimente o animal com a dieta teste, antes mesmo ao desmame, ou do início do período experimental.

A partir das necessidades nutricionais propostas por De Blas et al. (1985), podem ser feitas algumas simulações. Na primeira simulação se pode considerar a média do peso vivo dos animais ao longo do experimento e o consumo diário de ração médio, verificando-se então que os animais ingeriram, para os tratamentos REF, SFA, SSM, SSA, SSF, SSFA, SSMA, SFAE, SSME, SSFE e SSFAE, respectivamente: 212,6; 192,2; 197,6; 199,6; 173,2; 196,2; 204,0; 190,3; 207,5; 180,2 e 206,6 kcal de ED/kg^{0,75}. Assim, se verifica que estão abaixo da exigência diária média proposta pelo autor que indicou nível de 215,8 a 239,3kcal de ED/kg^{0,75}. Dessa forma, os animais não ingeriram energia suficiente para ganhos otimizados, próximo a 40 g/dia. Numa segunda simulação, considera-se o proposto pelo mesmo autor onde para que

haja GPD de 40 g/dia, os animais devem ingerir em média 332,3 kcal/dia, o que não foi observado nesse experimento para nenhum dos tratamentos. Isso explica o GPD inferior ao limite indicado, para todos os tratamentos. Quanto à proteína, o mesmo autor propõe, para mesmo nível de GPD, 13,5g de PD/dia, sendo que nenhum dos tratamentos conseguiu suprir tal necessidade. É necessário enfatizar, que este nível de GPD é alto e foi estimado em condições europeias. Fernandez-Carmona et al. (1998) obtiveram 40,3 g/dia quando os animais que recebiam dieta referência. Já para ganho de peso de 33 g/dia, são necessárias 10,6 g/dia de PD (De Blas et al. 1985), sendo assim somente os coelhos que recebiam as dietas SFA, SSF e SSFE não ingeriram tal quantidade de proteína.

Trabalhando com dietas simplificadas com base em FAL, Fernandez-Carmona et al. (1998) obtiveram GDP médio de 37,25 g/dia sendo esses valores superiores a todos os observados nesse trabalho, inclusive ao tratamento referência. Pode ter contribuído, para tal diferença, o potencial genético dos animais europeus, que já vem sendo melhorado há vários anos, sendo o Brasil carente de programas de melhoramento desses animais. O peso médio dos coelhos aos 35 dias utilizado nesse experimento foi de 719 g, enquanto o peso na mesma idade,

Tabela 32 – Ganho de peso diário dos animais, em função das dietas, ao longo do experimento (g/dia)

Período (dias)	Dietas experimentais											CV(%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE	
35-40	22,33	-8,08	14,03	8,11	-0,63	12,375	8,05	-0,55	4,83	-1,53	3,20	*
40-45	35,88a	31,63ab	29,08abc	34,00ab	21,17cd	34,70ab	29,90abc	24,60bcd	29,43abc	19,85d	32,18ab	22,04
45-50	38,63a	28,43bcd	37,70a	37,74a	24,69d	33,83abc	36,00ab	28,95bcd	34,30abc	26,25cd	28,68bcd	18,08
50-55	39,68a	30,15b	33,70ab	28,89b	19,91c	34,30ab	32,28ab	27,43b	32,13ab	27,13b	29,83b	19,11
55-60	41,30a	29,48bcde	34,53abcd	35,43abcd	25,46e	36,60abc	38,70ab	28,35cde	36,90abc	26,53de	35,18abcd	18,59
60-65	36,08a	30,43ab	32,10ab	29,26ab	24,69b	33,05ab	31,15ab	27,63ab	34,83ab	26,25ab	32,53ab	20,40
65-70	33,55a	35,15a	35,20a	30,97a	31,00a	35,05a	30,58a	31,20a	34,90a	35,63a	33,40a	22,33
70-75	37,38a	29,28ab	36,98a	29,46ab	25,89b	32,33ab	32,03ab	25,98b	29,65ab	24,00b	32,45ab	19,96
Geral	35,60a	25,81cde	31,66ab	29,23bcd	21,52e	31,53ab	29,83bc	24,20de	29,62bc	23,01e	28,43bcd	13,42

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade

* Em função da grande variabilidade dos dados, neste período de adaptação às condições experimentais, não se realizou teste estatístico

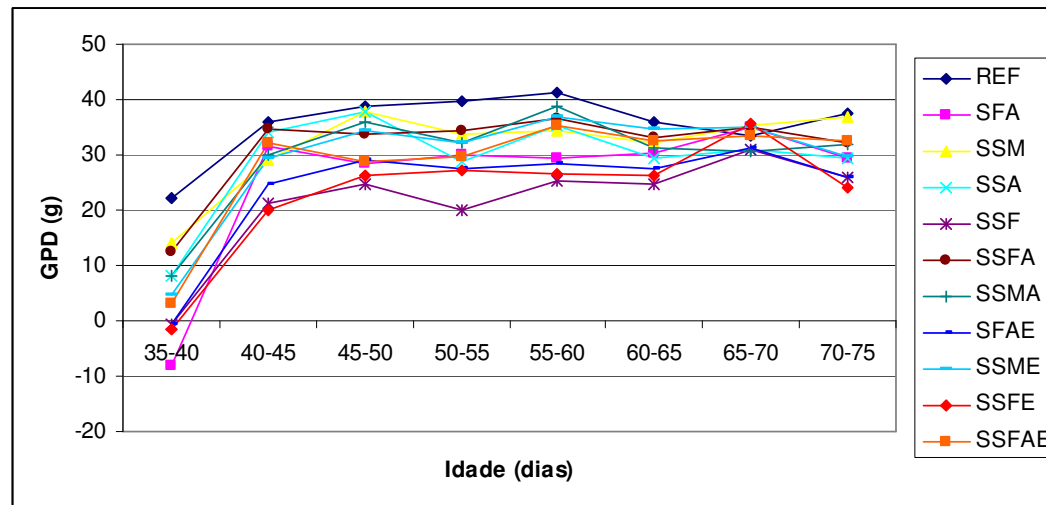


Gráfico 08 – Ganho de peso dos animais ao longo do experimento

relatado por aqueles autores foi de 853g, o que reforça a idéia de maior potencial genético. Outro fator que merece destaque é a temperatura ambiental relatada, que foi de 12 a 19° C, próxima à faixa de conforto térmico do animal (Muller, 1982). Nessa faixa o GPD é otimizado, sendo o consumo estimulado, havendo a minimização do incremento calórico ou demais perdas advindas da tentativa de reversão do estresse calórico. Nas condições brasileiras de primavera-verão, quando se realizou este experimento, as temperaturas médias foram de 20,8 a 26,7°C para a mínima e máximo e, como já comentado, o consumo foi prejudicado. Herrera (2003) realizou experimento em condições similares às aqui relatadas e percebeu baixo GPD. Naquela situação os tratamentos referência, simplificada FAL e simplificada FTSRM proporcionaram somente 29,06; 19,09 e 23,40g/dia sendo inferiores aos obtidos nesse experimento. Utilizando dietas semi-simplificadas, Harris et al. (1981) verificaram ganhos na ordem de 35,9 a 40,8 g/dia, sendo esses valores superiores aos aqui observados. Faria et al. (2008) conseguiram GPD na ordem de 44, 37 e 35g/dia quando na utilização da dieta referência, simplificada FAL e simplificada FTSRM, sendo esses valores bastante elevados se comparados aos achados nesses experimento. Contudo, o consumo relatado pelo autor foi de 147, 150 e 159g/dia, para as respectivas dietas, valores superiores a todas as situações aqui relatadas. Abd El-Baki verificaram GPD de 29 e 20 g para a dieta referência e dieta com 45% de produtos da mandioca, respectivamente, para coelhos com até 70 dias de idade, sendo os valores de GPD desse experimento superiores aos observados por aquele autor. Conforme já comentado, no experimento de Oliveira et al. (2009) os animais ingeriram maior quantidade diária de ração e proporcionaram GPD na ordem de 36,8

g/dia, sendo esse valor superior ao observado nesse experimento, principalmente quando comparado às dietas semi-simplificadas e simplificadas. Naquela situação, o tratamento referência foi superior ($p<0,05$) e proporcionou GPD na ordem de 41,9 g/dia, próximo ao observado em experimentos europeus. Já Machado (2006) obteve ganhos de 37,3; 30,2 e 11,0 para as dietas referência e simplificadas FAL e FTSRM, respectivamente. O segundo valor de GPD, citado acima, é semelhante ao observado nessa pesquisa, enquanto o terceiro valor é bastante inferior. Naquela situação, o autor relatou a baixa qualidade nutricional do FTSRM utilizado e enfatizou a importância de novas pesquisas com cultivares de mandioca mais propícias para utilização. É necessário enfatizar que dentre os experimentos aqui comentados, há várias diferenças ambientais, além da utilização de animais com diferentes potenciais produtivos.

A CA e o GP no período experimental total podem ser observados na tabela 33. Verifica-se que há semelhança entre os tratamentos REF, SSM, SSA, SSFA, SSMA, SSME, SSFE e SSFAE, para todo o período experimental ($p<0,05$). Os tratamentos SFA, SSF e SFAE apresentaram conversão alimentar insatisfatória. Já para o GP, os tratamentos REF, SSM e SSFA foram superiores aos demais.

Excetuando-se o tratamento SSF, todas as dietas apresentaram resultados similares aos obtidos por Fernandez-Carmona et al. (1998), que verificaram CA de 2,78; 3,69 e 3,32 para o tratamento referência, dieta simplificada com 96% de FAL e dieta simplificada com 88,1% de FAL, respectivamente. Os resultados aqui obtidos foram melhores que os encontrados por Herrera (2003) que verificaram valores de

Tabela 33 – Ganho de peso e conversão alimentar durante o período avaliado segundo as dietas experimentais

Idade (dias)	Dietas experimentais											CV(%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE	
GP (g)	1424,0a	1032,3cde	1266,5ab	1169,3bcd	860,9e	1261,1ab	1193,4bc	967,9de	1184,8bc	920,5e	1137,1bcd	13,42
CA	2,98a	3,76bc	3,20ab	3,50abc	4,06c	3,21ab	3,30ab	3,69bc	3,37ab	3,42ab	3,48abc	11,97

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 34 – Evolução do peso (g) dos animais ao longo do experimento¹

Idade (dias)	Dietas experimentais											CV(%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE	
35	735,75a	722,13a	685,14a	745,57a	762,57a	672,50a	704,75a	714,63a	693,50a	705,13a	768,38a	18,60
40	847,38a	681,75c	727,63bc	786,14ab	759,43bc	734,38bc	745,00bc	711,88bc	717,63bc	697,50c	784,38ab	7,05
45	1026,75a	839,88de	873,00cde	956,14b	865,29cde	907,88bcd	894,50bcd	834,88de	864,75cde	796,75e	945,25bc	6,50
50	1219,88a	982,00cd	1061,50bc	1144,86b	988,71cd	1077,00bc	1074,50bc	979,63cd	1036,25c	928,00d	1088,63bc	6,74
55	1418,25a	1132,75cde	1230,00bc	1289,29b	1088,29de	1248,50bc	1235,88bc	1116,75cde	1196,88bcd	1063,63e	1237,75bc	7,32
60	1624,75a	1280,13cde	1402,63bc	1466,43b	1215,57e	1431,50bc	1429,38bc	1258,50de	1381,38bcd	1196,25e	1413,63bc	7,50
65	1805,13a	1432,25cd	1563,13bc	1612,71b	1339,00d	1596,75bc	1585,13bc	1396,63d	1555,50bc	1327,50d	1576,25bc	7,69
70	1972,88a	1608,00bcd	1739,13bc	1767,57b	1494,00d	1772,00b	1738,00bc	1552,63cd	1730,00bc	1505,63d	1743,25bc	8,12
75	2159,75a	1754,38bc	1924,00b	1914,86b	1623,43c	1933,63b	1898,13b	1682,50c	1878,25b	1625,63c	1905,50b	8,22
%Ganho ²	193,5	143,0	184,9	156,8	112,9	187,5	169,3	135,4	170,8	130,5	148,0	-

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

¹ Peso em gramas

² Porcentagem do ganho de peso de 35 aos 75 dias de idade.

4,84 a 5,08 de CA para as dietas simplificadas baseadas em FTSRM e FAL respectivamente. Harris et al. (1981) verificaram que a dieta referência, com 20% de FAL, proporcionou melhor CA quando comparadas à dietas semi-simplificadas com 70, 74, 78, 82, 86 e 90% de FAL. Embora a CA dos tratamentos SSM, SSA, SSFA, SSMA, SSME, SSFE e SSFAE sejam similares ($p>0,05$), se percebe tendência de dietas com maior nível de fibra apresentarem maior valor de CA, concordando com Harris et al. (1981). Naquele experimento, os valores de CA, para as dietas simplificadas variaram de 3,39 a 3,78, sendo semelhantes aos valores aqui observados. As conversões alimentares das dietas semi-simplificadas, observadas nesse experimento, mostram-se menores (maior eficiência) quando comparadas aos achados de Faria et al. (2008) que observaram CA de 4,0 e 4,6 para as dietas simplificadas FAL e FTSRM. Abd El Baki et al. (1993) verificaram taxa média de CA na ordem de 2,88 e 3,20, para a dieta referência e dieta com 45% de produtos da mandioca, sendo esses valores próximos aos aqui observados. Oliveira (2009) obteve CA de 3,16 para a dieta semi-simplificada com subprodutos da mandioca, estando esse valor próximo aos observados nesse experimento. No experimento de Machado (2006), a CA alimentar, para a dieta baseada em FAL foi de 3,88, valor superior ao observado para as dietas semi-simplificadas deste experimento. Parece ficar claro, que dietas semi-simplificadas são mais bem aproveitadas quando comparadas às simplificadas.

Os piores resultados de desempenho, em geral, podem ser atribuídos aos tratamentos SFA, SSF, SFAE e SSFE. No ensaio de digestibilidade, esses tratamentos apresentaram resultados inferiores quando comparados aos demais. Essa menor eficiência digestiva, refletiu no desempenho dos animais, e pode ter sido prejudicada por taninos livres e condensados, conforme proposto por Scapinello et al. (1999), pela

complexação aminoácido-carboidrato, proporcionada pela alta temperatura de processamento da FFM, ou ainda pelo baixo nível de amido (tratamentos SFA e SFAE), essencial, em quantidades mínimas, para melhor funcionamento do ceco.

Pela observação da Tabela 34, pode-se separar o peso vivo dos animais em três grupos distintos. O tratamento REF foi superior aos demais desde os 45 dias até o final do experimento. Pesos finais intermediários foram observados para os tratamentos SSM, SSA, SSFA, SSMA, SSME, SSFAE e SFA sendo este último semelhante ($p>0,05$) aos tratamentos SSF, SSFE e SFAE que apresentaram os piores resultados. Em relação à porcentagem de ganho a partir do peso inicial, ganham destaque os tratamentos REF, SSM, SSFA e SSME.

Os resultados de peso vivo deste experimento são inferiores aos obtidos por Fernandez-Carmona et al. (1998) que encontraram, para dietas simplificadas, peso aos 70 dias entre 2150 e 2160g. Conforme comentado as distintas condições experimentais podem ter influenciado nessa diferença. O peso aos 70 dias, relatado por Faria et al. (2008) foi de 1958 e 1884g para as dietas simplificadas com base em FAL e FTSRM respectivamente. Esses valores são superiores ao observado para dietas semi-simplificadas utilizadas nesse experimento. Já Oliveira (2009) observou piora no desempenho quando da utilização de dieta semi-simplificada com base em subprodutos da mandioca (41,63% de FTSRM e 40% de farinha de varredura). Contudo, o valor encontrado pela autora foi de 2102 g, sendo esse valor superior aos resultados aqui observados para as dietas semi-simplificadas. O maior consumo de ração, relatado, neste e nos demais experimentos citados acima, favoreceu o melhor desempenho dos animais para a característica peso aos 70 dias, quando comparados aos aqui observados. Machado

(2006) obteve, aos 70 dias, 2064, 1791 e 981g, para a dieta referência, simplificadas FAL e FTSRM respectivamente. Esses valores são semelhantes aos aqui observados para peso aos 70 dias, exceto pela última observação, que foi bastante inferior aos achados neste experimento.

Quanto à inclusão de enzimas, foram realizadas as comparações entre os tratamentos SFA e SFAE, SSM e SSME, SSF e SSFE, SSFA e SSFAE e geral (com e sem enzimas), para os parâmetros CRD, GPD, CA, ganho de peso geral e peso aos 75 dias. Foi observado que as enzimas adicionadas não influenciaram nenhum dos parâmetros em todas as comparações ($p>0,05$). Nota-se que, embora a digestibilidade dos princípios nutritivos, da maioria das dietas, tenha sido melhorada, esse maior aporte de nutrientes não foi suficiente para proporcionar melhorias significativas no desempenho.

Valente et al. (2000) perceberam melhorias na CA proporcionada por uma ração que continha 0,05% de complexo enzimático, composto por protease e celulase. Outros parâmetros de desempenho não foram afetados pela inclusão das enzimas. Dias (2001) adicionou enzima protease em dietas para coelhos e observou que o desempenho dos animais não foi melhorado, nem modificou a composição corporal. Contudo, o autor enfatizou a necessidade da realização de mais trabalhos que avaliem a suplementação de enzimas exógenas, principalmente a fitase, em dietas para esses animais.

Guo-Xian et al. (2004), observaram que o GPD foi melhorado ($p<0,05$) com a inclusão de fitase, onde o nível de 800 FTU/kg,

apresentou os melhores resultados, sendo a atividade enzimática da fitase superior à utilizada neste experimento, que foi de 500 FTU/kg. Contudo, nenhuma diferença foi observada no consumo e na taxa de CA. O efeito positivo da fitase foi relatado também por Eiben et al. (2008) que não perceberam diferenças no desempenho produtivo, quando o nível de fósforo foi reduzido de 0,58 a 0,35% com inclusão de 1000 FTU/kg de fitase, verificando assim o efeito valorizador da enzima para disponibilização de fósforo. Já Falcão e Cunha et al. (2008) percebeu que a inclusão de enzima carboidrase (galactosidade) não melhorou o desempenho produtivo dos animais.

Níveis crescentes de enzima fitase devem ser testados também a fim de se descobrir o de maior eficiência.

A partir da evolução do peso vivo dos animais é possível elaborar também equações lineares para estimativa de idade do animal necessária para se atingir 2,0 kg de peso vivo. Essas equações apresentam maior coeficiente de correlação quando comparadas às curvas logarítmicas, descritas nos gráficos 09 a 19. Essas equações são mostradas na tabela 35. Deve-se enfatizar que essas somente podem ser utilizadas nessa fase do crescimento. Nota-se que é possível que, além da dieta REF, os tratamentos SSM, SSA, SSFA, SSMA, SSME e SSFAE proporcionem coelhos com 2,0 kg até os 80 dias. Pelo mesmo método, Herrera (2003) determinou idades de 87, 246 e 78 dias para animais que recebiam dietas simplificadas com base em FAL, FRA e FTSRM, respectivamente. A economia proporcionada de cada sistema deve ser analisada, levando-se em conta também o maior período de alojamento desses animais.

Tabela 35 – Equações lineares de crescimento dos animais utilizados no experimento e idade necessária para se atingir 2,0 kg de peso vivo.

Dieta	Equação ¹	R ²	Estimativa de idade aos 2,0 kgPV (dias)
REF	Y = 36,78X – 599,53	0,99	71
SFA	Y = 27,969X – 379,03	0,98	85
SSM	Y = 32,371X – 535,28	0,99	79
SSA	Y = 30,854X – 398,79	0,99	78
SSF	Y = 22,738X – 124,34	0,98	94
SSFA	Y = 32,965X – 549,3	0,99	78
SSFM	Y = 31,629X – 483,45	0,99	79
SFAE	Y = 25,987X – 290,62	0,99	89
SSME	Y = 31,676X – 513,93	0,99	80
SSFE	Y = 24,787X – 269,29	0,98	92
SSFAE	Y = 30,04X – 378,55	0,99	80

¹ Onde Y = Peso vivo do animal em gramas e X = idade do animal em dias

Avaliando-se o CDR e a conversão alimentar, pode-se perceber que o kg de animal produzido foi, respectivamente, para os tratamentos REF, SFA, SSM, SSA, SSF, SSFA, SSMA, SFAE, SSME, SSFE e SSFAE, de R\$ 1,97; 3,65; 1,89; 3,75; 3,13; 2,95; 3,06; 3,62; 2,02; 2,67 e 3,34. Nota-se que a dieta simplificada com base em FTSRM é uma alternativa viável, proporcionando economia de 4% sobre o custo necessário para produção de 1 kg de coelho vivo, considerando o tratamento REF, o que concorda com os achados de

Herrera (2003). É necessário que se invista em sistemas de colheita mecanizada para maior aproveitamento deste importantíssimo recurso para alimentação animal, o qual não compete com a alimentação humana e pode ser utilizado também por famílias de baixa renda em situações de agricultura familiar.

Abaixo, são apresentadas as curvas logarítmicas de crescimento obtidas a partir da pesagem dos animais ao longo do experimento.

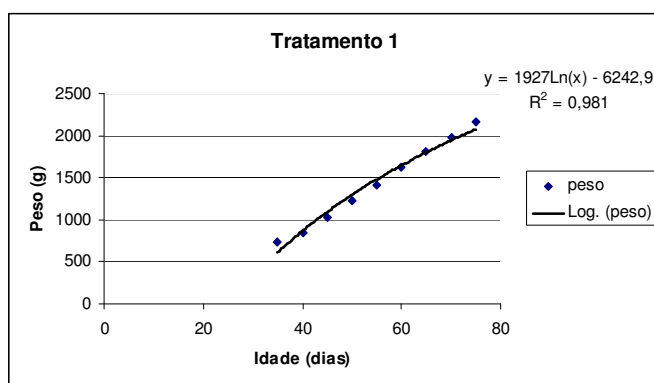


Gráfico 09 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta referência

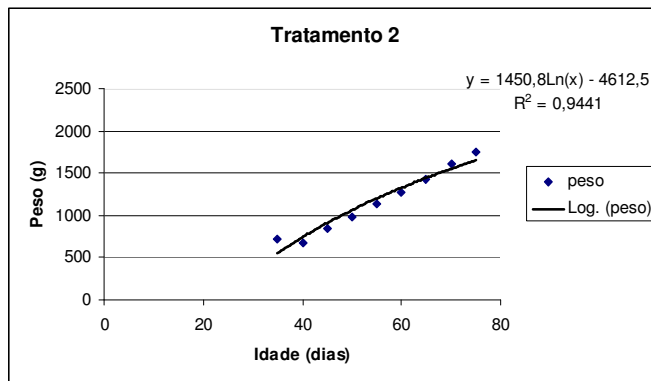


Gráfico 10 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta simplificada com base na mistura de farinha de folhas de mandioca e feno de alfafa

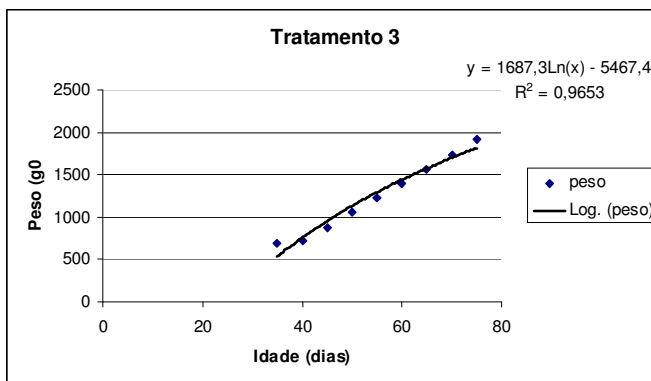


Gráfico 11 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em feno do terço superior da rama de mandioca

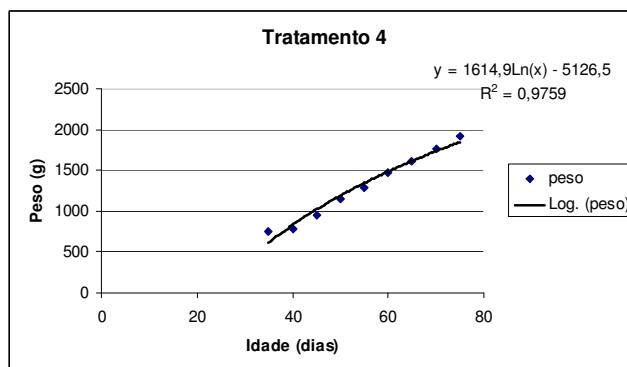


Gráfico 12 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em feno de alfafa

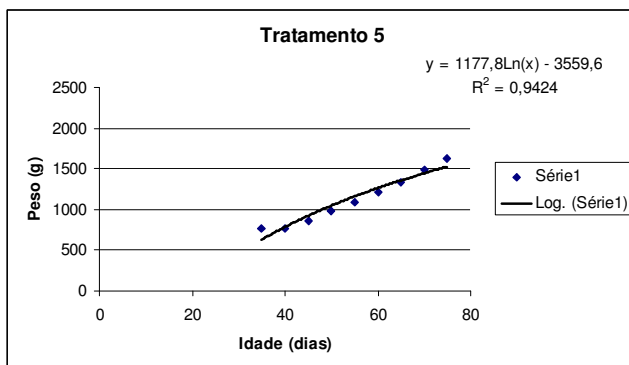


Gráfico 13 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em farinha das folhas de mandioca

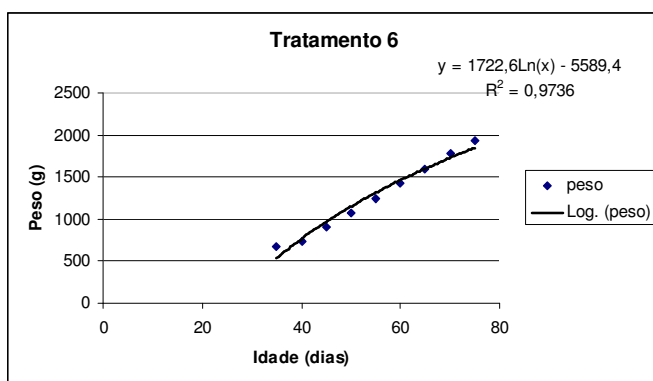


Gráfico 14 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa

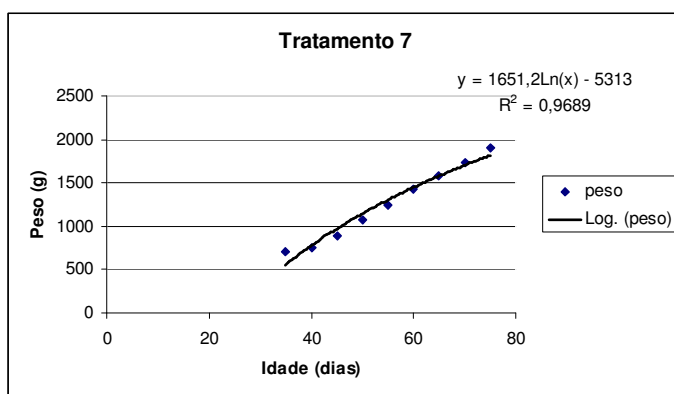


Gráfico 15 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base na mistura de feno do terço superior da rama de mandioca e feno de alfafa

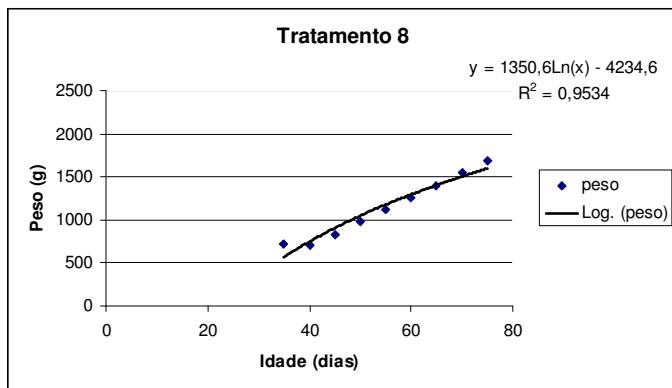


Gráfico 16 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa com enzimas exógenas

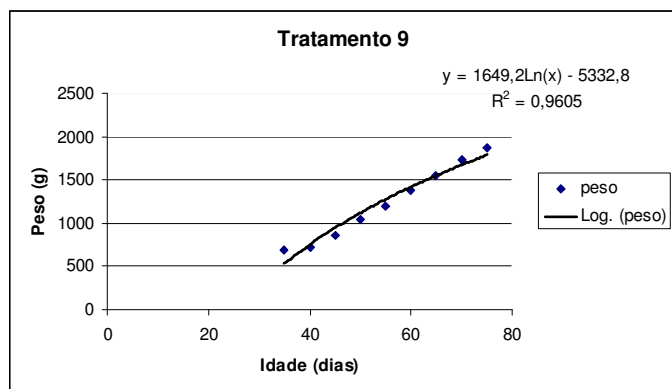


Gráfico 17 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em feno do terço superior da rama de mandioca com enzimas exógenas

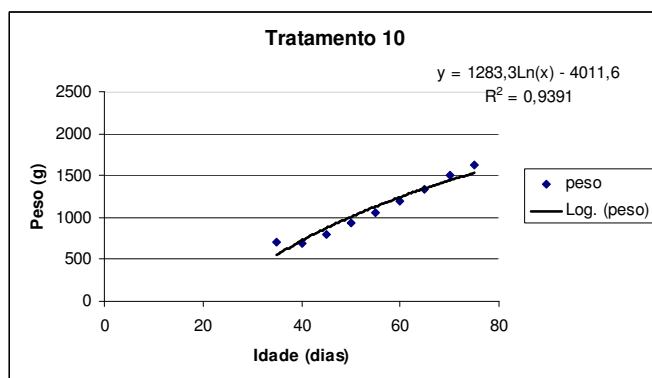


Gráfico 18 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base em farinha das folhas de mandioca com enzimas exógenas

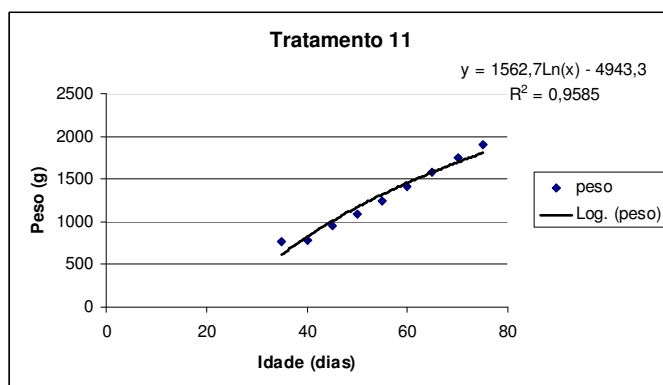


Gráfico 19 – Curva de crescimento dos animais que recebiam dieta semi-simplificada com base na mistura de farinha das folhas de mandioca e feno de alfafa com enzimas exógenas

Em relação aos modelos não lineares para nenhum dos tratamentos. Os demais avaliados o de Brody não apresentou ajuste modelos são descritos na tabela 36.

Tabela 36 – Valores encontrados para os parâmetros dos modelos não lineares a partir do crescimento de coelhos, em função da dieta

Dieta	Modelo não linear											
	Logístico				Gompertz				Von Bertalanffy			
	A	B	K	R ²	A	B	K	R ²	A	B	K	R ²
REF	3005,7	20,045	0,0524	0,90	4222,5	4,222	0,0246	0,90	5568,9	0,851	0,0153	0,90
SFA	3030,3	20,109	0,0374	0,80	19430	4,766	0,0092	0,79	Não se ajustou			
SSM	3045,6	19,869	0,0470	0,89	5182,3	4,114	0,0190	0,89	8918,6	0,824	0,0097	0,88
SSA	2794,7	15,345	0,0468	0,80	4095,0	3,723	0,0213	0,80	5661,6	0,785	0,0127	0,80
SSF	20199	58,003	0,0218	0,71	Não se ajustou				Não se ajustou			
SSFA	2916,5	19,620	0,0488	0,95	4594,9	4,104	0,0208	0,95	7026,0	0,825	0,0115	0,95
SSFM	2932,0	17,683	0,0465	0,85	4822,0	3,923	0,0193	0,85	7844,0	0,804	0,0102	0,85
SFAE	3680,1	15,154	0,0342	0,94	12222	4,115	0,0098	0,94	Não se ajustou			
SSME	3232,0	18,784	0,0437	0,94	6524,3	4,055	0,0159	0,93	15561	0,825	0,0066	0,93
SSFE	6392,2	23,653	0,0281	0,90	Não se ajustou				Não se ajustou			
SSFAE	3918,8	15,800	0,0362	0,84	10905	4,027	0,0112	0,84	68334	0,864	0,0029	0,84
Geral	3218,5	18,672	0,0433	0,82	7152,0	4,079	0,0148	0,82	21832,7	0,836	0,0054	0,79

Verificando a soma de quadrados do erro, dos três modelos apresentados, verifica-se que o logístico apresentou melhor valor para as estimativas de crescimento.

A coerência biológica também é importante na avaliação desses modelos. Tomando como base o tratamento referência, o modelo logístico apresentou valor de peso a maturidade (parâmetro A) abaixo dos demais, sendo esse inferior ao que Machado

et al. (2007) observou para coelhas (4,0 kg). Já o modelo de Von Bertalanffy superestimou o valor de peso a maturidade. A maior aproximação foi observada a partir do modelo de Gompertz.

Nogueira et al. (2008) avaliaram os mesmos modelos não lineares, aqui utilizados, para porquinhos da Índia (*Cavia Porcellus*) e perceberam que todos os modelos ajustaram-se ao crescimento. Os autores observaram

tendência de elevação do peso à maturidade a partir dos modelos Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Brody, sendo que este último super-estimou os valores.

As tabelas 37 e 38 apresentam os valores referentes aos parâmetros de carcaça e digestivos, em relação ao peso absoluto e peso relativo respectivamente

O RCA foi influenciado pela dieta onde se verifica menores valores para os tratamentos SSF, SFAE e SSFE, os quais haviam apresentado menor PCA. Nota-se que animais de inferior peso ao abate apresentam menor rendimento de carcaça pois nessa situação o conteúdo relativo de pele, cabeça e outras partes do corpo, tende a ser maior.

O RCA observado nesse experimento é inferior ao que Fernandez-Carmona et al. (1998) encontraram (média de 56,8%). Naquela situação, os autores consideraram o fígado como parte integrante da carcaça, o que não foi aqui considerado. Diferentemente do observado neste experimento, Herrera (2003) verificou diferenças no rendimento de carcaça, a favor da dieta referência. Os valores são superiores aos achados neste experimento, pois a autora utilizou, para essa determinação, cabeça, fígado, rins e órgãos localizados no tórax. Oliveira (2009) percebeu queda no rendimento de carcaça quando uma dieta com 81,63% de subprodutos da mandioca foi utilizada, sendo observado o valor de 52,9% para o rendimento de carcaça (incluía cabeça). Já Faria et al. (1998) avaliou o rendimento de carcaça da mesma forma deste experimento e percebeu valores de 47 a 50%, sendo próximos aos valores aqui obtidos. Também Machado (2006) considerou o RCA da mesma forma e percebeu diferenças proporcionadas pelas diferentes dietas. Os valores observados foram de 51,09; 47,25 e 38,83% para os tratamentos referência e simplificadas FAL e FTSRM. Segundo Fernandez-Carmona et al. (1998) um alto

valor de rendimento de carcaça tem sido correlacionado com maior conteúdo energético da dieta, que corresponde a níveis mais baixos de fibra. Sabidamente, o corpo animal disponibiliza nutrientes prioritariamente para o funcionamento e crescimento de órgãos vitais e após para a musculatura estriada, a qual compõe grande parte da carcaça. Dietas com maior conteúdo de fibra proporcionam maior desenvolvimento do tubo digestivo o que favorece a um menor quociente entre a carcaça e o corpo animal

Pela observação dos parâmetros de PTD, PID, POTD e POID, percebe-se claramente a tendência de aumento do peso e da proporção desses órgãos devido ao mais alto conteúdo de fibra na dieta. O corpo animal se adapta as mais diversas condições. Assim, devido a maior taxa de passagem e menor quantidade de nutrientes disponíveis, o TGI aumenta de tamanho para compensação. Os tratamentos SSF e SSFE, que se destacaram nesses quesitos, apresentam alto conteúdo de proteína complexada, indisponível ao animal, além da possibilidade de elevado teor de taninos que podem formar estruturas estáveis com as proteínas, indisponibilizando-as no TGI, reduzindo sua digestibilidade, além da inibição de enzimas digestivas.

Fernandez-Carmona et al. (1998) avaliaram a POTD e verificaram valores de 18,9 a 21,3%, sendo os mais altos valores observados quando utilizadas dietas simplificadas, conforme verificado também nesse experimento para dietas com alto conteúdo fibroso. Avaliando o PTD, Herrera (2003) verificou valores 351,4; 353,1 e 382,5g para as dietas referência, simplificada FAL e simplificada FTSRM. A maior parte dos valores aqui observados é inferior, mesmo quando comparados também á proporção relativa.

Tabela 37: Peso absoluto da carcaça, órgãos do tubo digestivo, fígado e coração segundo as dietas experimentais

Parâmetro	Dietas											CV(%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE	
PCA (g)	1057,7a	826,0d	930,2b	894,4bc	717,9e	907,1bc	909,3bc	747,7e	889,8bc	710,2e	874,3c	2,82
PTD (g)	307,6c	348,9abc	328,9abc	363,1ab	367,1a	371,8a	330,7abc	330,1abc	318,4bc	343,8abc	356,1ab	8,37
PC (g)	131,6b	120,7b	115,4b	128,3b	128,2b	151,1a	117,2b	109,9b	110,2b	117,5b	126,9b	12,78
PE (g)	63,6b	102,3a	93,6a	109,0a	91,7a	85,6a	97,0a	88,9a	89,2a	86,7a	97,7a	19,74
PID (g)	108,0c	128,5abc	117,0bc	123,4bc	145,0a	132,7ab	118,8bc	125,8abc	117,0bc	139,4ab	132,1ab	11,03
PCO (g)	4,56ab	4,09b	4,35ab	4,20b	4,42ab	4,43ab	4,25b	4,38ab	5,69a	4,40ab	5,03ab	19,01
PF (g)	86,7a	53,4bcd	53,3bcd	61,2b	42,2e	53,6bcd	54,9bc	44,1de	55,4bc	46,5cde	47,6cde	6,57

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

PCA: peso da carcaça, PTD: peso do tubo digestivo (estômago, intestino delgado e ceco), PC: peso do ceco, PE: peso do estômago, PID: peso do intestino delgado, PCO: peso do coração, PF: peso do fígado.

Tabela 38: Peso relativo¹ da carcaça, órgãos do tubo digestivo, fígado e coração segundo as dietas experimentais

Parâmetro	Dietas											CV(%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE	
RCA (%)	48,9a	47,1ab	48,3ab	46,6abcd	44,2de	46,9abc	47,9ab	44,5cde	47,4ab	43,6e	45,7bcde	4,04
POTD (%)	14,3f	20,0bc	17,1e	19,0bcde	22,6a	19,2bcde	17,4de	19,6bcd	17,0e	21,2ab	18,8cde	8,53
POC (%)	6,10b	6,89ab	6,02b	6,77ab	7,87a	7,82a	6,18b	6,52ab	5,87b	7,26ab	6,63ab	13,33
POE (%)	3,00b	5,85a	4,83a	5,70a	5,69a	4,42a	5,12a	5,27a	4,77a	5,35a	5,23a	19,32
POID (%)	5,00d	7,36b	6,08c	6,43bc	8,94a	6,86bc	6,25c	7,48b	6,22c	8,54a	6,93bc	11,10
POCO (%)	0,21b	0,23ab	0,23ab	0,22ab	0,27ab	0,23ab	0,23ab	0,26ab	0,30a	0,27ab	0,26ab	9,55
POF (%)	4,00a	3,05bc	2,76bc	3,20b	2,63bc	2,77bc	2,90bc	2,63bc	2,96bc	2,88bc	2,50c	25,37

¹Para cálculo do peso relativo foi utilizado o valor de peso vivo final

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade

RCA: rendimento de carcaça, POTD: porcentagem de tubo digestivo (estômago, intestino delgado e ceco), POC: porcentagem de ceco, POE: porcentagem de estômago, POID: porcentagem de intestino delgado, POCO: porcentagem de coração, POF: porcentagem de fígado.

Na avaliação do PC e POC, nota-se que foram influenciados pelo tipo de dieta. Conforme citado por Gidenne (2000) a quantidade de material que adentra o ceco sofre influência da granulometria das rações. Conforme observado na tabela 17, rações com FFM apresentaram maior conteúdo de partículas finas. Assim, em geral, as dietas que continham inclusão de FFM apresentaram maior POC.

Para coelhos que recebiam respectivamente as dietas referência, simplificada FAL e simplificada FTSRM, Herrera (2003) verificou valores de 125,6; 135,2 e 135,6g para o peso do ceco. Embora os resultados daquele experimento sejam semelhantes aos aqui encontrados, a autora não observou diferenças entre os tratamentos ($p > 0,05$). Já na comparação dos valores relativos ao peso vivo (%) a autora observou que as dietas simplificadas apresentaram valor superior, corroborando com os achados nesse experimento. Fernandez-Carmona et al. (1998) perceberam que a média do PC foi de 167g, sendo superior à média geral obtida nesse experimento, que foi de 123g.

Em comparação com os demais tratamentos, a dieta referência proporcionou menores PE e POE ($p < 0,05$). Fernandez-Carmona et al. (1998) observaram também que os animais do tratamento referência apresentaram menor peso do estômago corroborando com as informações aqui relatadas. Já Herrera (2003) não verificou diferenças no PE para as diferentes dietas simplificadas, sendo os dados compreendidos entre 102,6 a 106,1g, valores bastante superiores aos achados neste experimento. Quando o peso desse órgão foi colocado em % do PV, a autora observou que o tratamento referência apresentou menor valor.

Ainda pela observação das Tabelas 37 e 38, nota-se que a dieta referência apresentou maior peso do fígado. Corroborando com esse achado, Fernandez-Carmona et al. (1998) verificaram maior peso do fígado em

animais que recebiam o tratamento referência, sendo o valor encontrado (89,6 g) similar ao aqui observado. As demais dietas desse experimento proporcionaram PF inferior ao peso médio de 87,0g, observado pelo autor. Herrera (2003) observou que o PF variou, em relação ao peso vivo, de 2,69 a 4,84%, estando a maior parte dos valores deste experimento compreendidos nesta faixa. A relação entre fígado e carcaça observada neste experimento foi de 8,19% para o REF e em média de 6,1% para os demais tratamentos, corroborando com Herrera (2003) que encontrou o valor de 6,41% e Fernandez-Carmona et al. (1998) que foi de 7,0%.

O fígado é o órgão central do metabolismo e quando se utilizam dietas com alto nível de inclusão de ingrediente fibrosos, devido à maior taxa de passagem, a taxa de absorção e o metabolismo dos nutrientes são inferiores, razão pela qual o órgão apresenta menor peso. Outro fator que contribui para isso é a menor deposição de glicogênio nesse tipo de dieta, que possui menor teor de amido. Confirmando essa hipótese, pode-se perceber que a maior parte dos tratamentos que contiam milho obtiveram maior peso do fígado quando comparados às dietas SFA e SFAE, que não continham esse cereal. Parece que o estoque temporário de glicogênio do fígado é menor quando se utilizam dietas altamente fibrosas.

5.4 - Conclusões

As dietas simplificadas e semi-simplificadas proporcionaram em geral desempenho inferior quando comparadas à dieta referência. Contudo, considerando o custo para produção do coelho vivo, a dieta semi-simplificada, com base em feno do terço superior da rama da mandioca, pode ser alternativa interessante. Para outras regiões, os custos dos ingredientes devem ser considerados.

As enzimas exógenas não proporcionaram melhorias no desempenho dos animais.

A farinha das folhas de mandioca não se mostrou como alimento utilizável em dietas semi-simplificadas ou simplificadas para coelhos.

5.5 - Referências bibliográficas

ABD EL-BAKI, S. M. A.; NOWAR, M. S.; BASSUNY, S. M.; et al. Cassava as new animal feed in Egypt 3- pelleted complete cassava feed for growing rabbits. *World Rabbit Science*, v. 1, n. 4, p. 139-145, 1993.

BERTECHINI A. G. *Nutrição de monogástricos*. Lavras: UFLA, 2006. 301p.

Compendio Brasileiro de Alimentação Animal. Publicação realizada pelo SINDIRAÇÕES, com apoio da ANFAR, CBNA e Ministério da Agricultura. Publicado em 2005.

DE BLAS J. C.; FRAGA M. J.; RODRÍGUEZ M. Units for feed evaluation requirements for commercially rabbits. *Journal of Animal Science*, v. 60, p. 1021-1028, 1985.

DE BLAS, J. C., MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, C., WISEMAN, J. The nutrition of the rabbit. Cambridge: CAB International, p. 241-253, 1998.

DE BLAS, J. C.; GARCIA J.; CARABAÑO R. M. Avances em nutrición de conejos. In: SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27, 2002, Réus. *Anais...* Réus, 2002. p. 83-91.

DIAS J. C. C. A.; FERREIRA W. M.; SANTIAGO G. S. et al. Níveis crescentes de proteína em dietas suplementadas com complexo enzimático para coelhos em crescimento . 1. Desempenho produtivo.

Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 52, n. 2, p.160-166, 2000.

ELBEN C.; GIPPERT T.; GÓDON-SURMANN K.; PODMANICZKY B.; KUSTOS K. Effect of dietary phosphorus reduction and phytase supplementation on growth of the rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 9, 2008, Verona. *Proceedings...* Verona, 2008. p. 631-636.

FALCÃO E CUNHA L.; SABINO I.; CASTRO-SOLLA L.; BRUNO-SOARES A.; FREIRE J. P. Improving the nutritive value of lupin seed for growing rabbits: galactosidade enzymes vs. washing. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 9, 2008, Verona. *Proceedings...* Verona, 2008. p. 661-666.

FARIA H. G.; FERREIRA W. M.; SCAPINELLO C.; et al. Efeito da utilização de dietas simplificadas, à base de forragem, sobre a digestibilidade e o desempenho de coelhos Nova Zelândia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 10, p. 1797-1801, 2008.

FERNANDEZ-CARMONA, J., BERNAT, F., CERVERA, C., PASCUAL, J. J. High lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Science.*, v. 6, n.2, p.237-240. 1998.

FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31, 1994. Maringá. *Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Maringá: SBZ, 1994. p. 85-113.

FERREIRA W.M.; PEREIRA, R. A. N. Avanços na nutrição de coelhos - Avaliação energética e protéica dos alimentos e necessidades nutricionais. Nutrição animal – Tópicos avançados. Departamento de Tecnologia Rural e Animal – UESB. p. 15-34. 2003.

- GIDENNE T. Recent advances in rabbit nutrition: emphasis on fibre requirements, a review. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 1, p. 23-32, 2000.
- GUO-XIAN Z.; ZHI-RUA F.; YU-DING W.; YUN-QI L.; GUAN-ZONG L. 2004. The effects of supplemental microbial phytase in diets on the growth performance and mineral excretion of rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 8, 2004, Puebla. *Proceedings...* Puebla, 2004. p. 1114-1120.
- HARRIS D. J.; CHEEKE P. R.; PATTON N. M. Utilization of high alfafa diets by rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, v. 4, n. 2, p. 30-33, 1981.
- HERRERA A.P.N. *Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento*. 2003. 104f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MACHADO L. C. *Avaliação de dietas simplificadas com base em forragem para coelhas reprodutivas e coelhos em crescimento*. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- MACHADO L. C.; FERREIRA W. M.; FARIA H. G.; et al. Avaliação da dieta simplificada com base em feno de alfafa para coelhas reprodutoras. *Veterinária e Zootecnia*, v. 14, n. 2, p. 291-299, 2007.
- MAERTENS L.; PEREZ J. M.; VILLAMIDE M. et al. Nutritive value of raw materials for rabbits: Egran tables 2002. *World Rabbit Science*, v. 10, n. 4, p. 157-166, 2002.
- McDOUGALL, G.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; et al. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. *Journal Science Food Agriculture*, v. 70, p. 133-150, 1996.
- MULLER P.B. *Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos*. 2ª edição. Porto Alegre: Editora Sulina, 1982. 158p.
- NOGUERA R. R.; PEREIRA R. L.; SOLARTE C. E. Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio. *Livestock Research for Rural Development*, v. 20, article 79, 2008.
- OLIVEIRA A. F.G. *Subprodutos da mandioca na alimentação de coelhos*. 69 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- PASCUAL, J. J.; CERVERA, C.; FERNANDEZ-CARMONA J. A feeding programme for young rabbit does based on lucerne. *World Rabbit Science*, v. 10, n. 1, p. 7-13, 2002.
- ROCA T. Aspectos fundamentales de cunicultura. In: PRIMER CONGRESO DE CUNICULTURA DE LAS AMÉRICAS, Montecilio. *Primer congreso de cunicultura de las américas*. Montecillo, Edo De México: Colégio de postgraduados. 1998
- ROCA T. Aspectos fundamentales de cunicultura. In: PRIMER CONGRESO DE CUNICULTURA DE LAS AMÉRICAS, 1998, Montecilio. *Primer...* Montecillo, Edo De México: Colégio de postgraduados, 1998.
- ROSTAGNO H. S. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186 p.
- SAMPAIO I. B. M. *Estatística Aplicada à Experimentação Animal*. 2ª edição. Belo

Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265 p.

SCAPINELLO C.; FALCO J. E.; FURLAN A. C.; FARIA H. G. Valor nutritivo do feno da rama de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) para coelhos em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.

SILVA D. J.; QUEIROZ A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

VALENTE S. S.; SANTIAGO G. S.; FERREIRA W. M.; et al. Desempenho de coelhos em crescimento recebendo dietas com suplementação enzimática. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 52, n. 2, p. 173-177, 2000.

VAN SOEST P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VILLAMIDE, M. J., MAERTENS, C., DE BLAS, C., PEREZ, J. M. Feed evaluation. In: DE BLAS, C., WISEMAN, J. *The nutrition of the rabbit*. Cambridge: CAB International, p. 89-102, 1998.

CAPÍTULO 06 – UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA SEMI AUTOMÁTICA DE DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* COM PRODUÇÃO DE GASES NA AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS PARA COELHOS

6.1 - Introdução

Os ensaios de digestibilidade *in vitro* podem ser utilizados na avaliação dos alimentos para os animais, devendo proporcionar alta correlação com as medições *in vivo*, os quais demandam tempo, animais vivos e são onerosas.

A utilização do método de digestibilidade *in vitro* com produção de gases teve início na década de 80. Esta técnica proporciona maior acurácia, repetibilidade e elevada sensibilidade, sendo possível o estudo da cinética de fermentação. A metodologia semi-automática proposta por Maurício et al. (1999) tem se mostrado como excelente ferramenta para avaliação da produção de gases, medindo a pressão interna de frascos de vidro com amostras em fermentação, podendo ser calculado o volume de gás produzido o qual é proporcional à quantidade de matéria seca fermentada. Para estudo da cinética de fermentação, é aplicado o modelo de France et al. (1993).

Ensaios com produção de gás têm sido utilizados por alguns autores na avaliação dos alimentos para coelhos (Calabro et al., 1999; Ferreira et al., 2001; Coelho et al., 2008; Euler, 2009) e necessitam de estudos comparativos para melhor aplicação. Assim, este ensaio objetivou estudar a aplicação do teste semi-automático com produção de gases na avaliação dos alimentos para coelhos, realizando comparações entre valores obtidos *in vivo* e *in vitro*, além do estudo da cinética de fermentação.

6.2 - Material e métodos

Este experimento foi realizado no Laboratório de Produção de Gases do Departamento de Zootecnia da EV-UFGM, no período de 16 a 19 de Janeiro de 2010.

Foram utilizadas as sete dietas experimentais, com diferentes composições químico-bromatológicas, anteriormente descritas no capítulo 4 (dietas REF, SFA, SSM, SSA, SSF, SSFA e SSMA). Parte representativa desse material foi amostrada para o ensaio, sendo a granulometria reduzida a partir de moinho analítico, utilizando peneira de um milímetro.

Cada grupo de três coelhos, que recebiam uma determinada dieta experimental, forneceu material para uma repetição de todas as dietas. Foi considerado como tratamento cada uma das sete dietas experimentais, com sete repetições, num total de 49 unidades experimentais, sendo utilizados 147 frascos e três frascos em branco, para cada repetição.

Um grama de amostra foi adicionado aos frascos de fermentação (160 mL) previamente injetados com CO₂. Foram utilizados três frascos (réplicas) para cada repetição dentre as dietas experimentais. Três frascos em branco, contendo somente líquido cecal e meio de cultura, em cada bandeja, foram utilizados como controle. Os frascos foram vedados com rolhas de borracha, garantindo a manutenção dos gases em seu interior. Para evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse, os frascos foram mantidos a 4°C durante a noite.

O meio de cultura utilizado foi a solução de Theodorou et al. (1994), composta por solução macromineral (9,5 g/L Na₂HPO₄.12H₂O, 6,2 g/L KH₂PO₄ e 0,6 g/L MgSO₄.7H₂O), solução micromineral (132 g/L CaCl₂.2H₂O, 100 g/L MnCl₂.2H₂O, 10 g/L CoCl₂.6H₂O e 80g/L FeCl₃.6H₂O),

solução tampão (4 g/L de NH_4CO_3 e 35 g/L de NaHCO_3), indicador (0,01 g/L de Rezasurin) e agente redutor (625 mg de HCl Cysteine, 95 mL de água destilada, 4 mL de NaOH 1M e 625 mg de $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$), sendo as soluções misturadas na seguinte ordem e proporção: 500 mL de água destilada, 200 mL de solução tampão, 200 mL de solução macromineral, 0,1 mL de solução micromineral e 1 mL de solução indicadora.

O material cecal foi retirado de coelhos que recebiam as dietas experimentais, e que participaram do experimento de desempenho, sendo os animais abatidos a partir das 8 h. Os cecos foram retirados e acondicionados em garrafas térmicas, previamente aquecidas e transportados imediatamente ao laboratório de produção de gases. O material cecal foi diluído na proporção 1:1 com a solução de Theodorou et al. (1994), previamente preparada, e mantida em banho Maria a 39°C. Esse procedimento é necessário, haja vista a alta viscosidade do material cecal, permitindo a filtração. Então, 10 mL desse inóculo foi adicionado aos frascos através de seringa graduada. Esses frascos, pré aquecidos, já continham 90 mL do meio de cultura. Neste momento, foi injetado também aos frascos o CO_2 , para garantir a anaerobiose do meio. Em seguida, os frascos foram manualmente agitados e colocados em estufa a 39°C

$$V = -0,004 \text{ (s.e. 0,06)} + 4,43P \text{ (s.e. 0,043)} + 0,051 P^2 \text{ (s.e. 0,007)}$$

A fórmula acima, desenvolvida por Maurício et al. (2003), relaciona pressão e volume sendo específica para este laboratório, situado na cidade de Belo Horizonte. Os dados de volume de gás produzido foram somados e convertidos para 1 g de MS. Após, foi descontada a produção de gás advinda do frasco em branco.

Para estudo da cinética de fermentação, foi utilizada o seguinte modelo, de France et al. (1993):

(tempo zero). A pressão originada pelos gases acumulados na parte superior dos frascos foi medida por intermédio de um transdutor de pressão (tipo T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra) conectado em sua extremidade a uma agulha (0,6 mm). Após a leitura, o transdutor foi removido e a agulha permaneceu inserida na tampa por alguns segundos para completa estabilização entre a pressão interna e externa. Logo após, os frascos foram agitados e recolocados na estufa. As leituras de pressão foram tomadas no período de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21 e 24 após o início da incubação. No final do período de fermentação, os frascos foram colocados na geladeira a 4°C para interrupção do processo fermentativo. O conteúdo restante no frasco foi filtrado em cadinhos filtrantes de borossilicato (porosidade 01) usando bomba a vácuo. Os cadinhos, previamente preparados, foram secos a 105°C, durante 4 h, resfriados em dessecador e pesados para que fossem calculados os valores de degradabilidade da MS e MO sendo essa última determinada após a calcinação do cadinho por 3 h a 500°C.

Os dados de pressão (P = pressão por polegada quadrada) foram utilizados para o cálculo do volume de gases produzidos através da equação matemática:

$$Y = A \{ 1 - \exp [^{-b(t-L) - c \times (\sqrt{t} - \sqrt{L})}] \} \quad (1)$$

Onde:

Y = produção cumulativa de gases (mL)

A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases

L = tempo de colonização (lag time)

B (h^{-1}) e c ($\text{h}^{-0,5}$) = taxas fracionais constantes.

A taxa fracional (h^{-1}) combinada com a produção de gases (μ) foi calculada sendo:

$$\mu = b + c/2\sqrt{t} \quad (2)$$

Onde: μ = taxa de produção de gases (h^{-1})
b e c = parâmetros semelhantes ao da equação (1)
t = tempo de incubação em horas.

Foram determinadas as correlações entre a produção total de gases e degradabilidade com os dados de digestibilidade *in vivo*, determinados no capítulo 4. Os dados de degradabilidade *in vitro* da MS e MO e volume de gás produzido foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas através do teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, num delineamento inteiramente casualizado, utilizando os recursos computacionais do programa SISVAR. Foram feitas comparações entre as diferentes rações e entre as diferentes fontes de inóculos.

6.4 - Resultados e discussão

Os resultados para a degradabilidade *in vitro* da MS e MO das dietas se encontram na Tabela 39. Pode-se verificar que houve diferenças ($p < 0,05$) na degradabilidade da MS e MO das diferentes dietas testadas. Nota-se que a maior capacidade de aproveitamento digestivo da MS e MO da dieta REF, foi confirmada pela maior degradabilidade observada para essa dieta ($p < 0,05$). Na comparação entre os inóculos, aquele provido dos coelhos que recebiam o tratamento SSA apresentou resultados superiores. Parece ficar claro que coelhos que recebiam dietas altamente fibrosas como a SSM, SSA e SSMA, apresentaram maior valor de degradabilidade no ceco, podendo haver seleção de microorganismos cecais, a partir de dietas mais fibrosas. Contudo,

diversos fatores podem atuar sobre a composição microbiológica do inóculo cecal.

É necessário enfatizar que a degradabilidade considera somente o estágio de degradação cecal. Os valores de degradabilidade observados serão sempre inferiores aos de digestibilidade determinados no animal, onde são verificados pelo menos dois estágios de digestão. É importante que as equações que correlacionam os dois parâmetros, tenham alto coeficiente de determinação.

A grande variação entre os métodos *in vitro* e condições utilizadas, na avaliação de alimentos para coelhos, dificulta as comparações entre os diferentes trabalhos. Coelho et al. (2008) avaliaram cinco dietas para coelhos e verificaram valores de degradabilidade da MS após 24 h de 47,95 a 51,14, sendo esses valores superiores aos aqui observados, exceto pela dieta referência, a qual apresenta maior similaridade com as dietas avaliadas pela autora. Pascual et al. (2000) avaliaram dietas com diferentes níveis de FDA, através de diferentes técnicas de digestibilidade *in vitro*. Para os níveis fibrosos próximos aos utilizados neste ensaio (17,5; 23,3 e 31,3% de FDA na MS), foram obtidos valores médios de 68,87; 44,59 e 45,04% para os métodos multienzimático, incubação durante 36 h com inóculo cecal e incubação pelo mesmo período usando inóculo fecal, sendo esses valores superiores aos aqui observados. Já Calabro et al. (1999) verificaram degradabilidades de 49,6 a 70,8 para a MS e 53,8 a 70,8 para a MO, de 10 diferentes dietas, após 96 h de fermentação.

Tabela 39 – Degradabilidade *in vitro* das diferentes dietas e dos diferentes inóculos utilizados

Parâmetro	Dietas experimentais							CV (%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	
	Degradabilidade <i>in vitro</i>							
DMS	45,38 a	31,44 b	27,69 c	32,20 b	32,76 b	32,53 b	29,97 c	7,48
DMO	48,01 a	34,48 b	29,77 b	34,85 b	34,55 b	35,14 b	31,70 b	13,10
	Degradabilidade em função da origem dos inóculos*							
DMS	31,25 a	31,34 a	34,31 a	36,58 a	31,79 a	32,67 a	34,04 a	17,77
DMO	35,05 b	33,35 b	37,20 b	43,91 a	29,30 b	33,90 b	35,80 b	16,92
	Digestibilidade <i>in vivo</i>							
DMS	65,57	53,91	54,23	56,94	53,07	57,29	57,52	-
DMO	67,25	54,13	54,28	56,69	52,75	56,98	56,82	-

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

*A doação do inóculo foi feita pelo grupo de coelhos referente a cada tratamento

A partir dos dados de digestibilidade *in vivo* e da degradabilidade *in vitro* para a MS e MO, aqui observados, foi possível a elaboração de equações lineares, as quais são apresentadas abaixo:

$$\text{MS: } y = 0,6446x + 35,57 \quad (R^2 = 0,76)$$

$$\text{MO: } y = 0,7353x + 30,882 \quad (R^2 = 0,80)$$

Onde: y = valor de digestibilidade *in vivo*,
x = valor de degradabilidade *in vitro* observado.

Embora essas equações possam correlacionar os dois parâmetros, o coeficiente de determinação (R^2) não próximo a 1,00, o que não permite estimativas confiáveis (Sampaio, 2002). Nota-se que outros fatores, como substâncias antinutricionais, diferentes proporções das substâncias contidas na fibra, dentre outros, podem proporcionar diferentes resultados. Assim, excluindo os dados das dietas SFA e SSF e SSFA, que contem grande quantidade da FFM, ingrediente atípico, se obtém as novas equações relacionadas a seguir:

$$\text{MS: } y = 0,6054x + 38,097 \quad (R^2 = 0,97)$$

$$\text{MO: } y = 0,6932x + 33,749 \quad (R^2 = 0,97)$$

Onde: y = valor de digestibilidade *in vivo*
x = valor de degradabilidade *in vitro* observado.

Nota-se que o coeficiente de determinação R^2 foi melhorado a partir dessa modificação.

Pascual et al. (2000) obtiveram elevada correlação quando métodos enzimáticos e fermentativos foram utilizados para prever a digestibilidade da MS. Naquele trabalho, o R^2 obtido, entre a digestibilidade *in vivo* da MS e a degradabilidade com 36 h de incubação foi de 0,88.

Calabro et al. (1999) verificaram também coeficientes de determinação acima de 0,7 para comparações entre a digestibilidade *in vivo* e *in vitro* da MS. A correlação foi melhorada a partir da inclusão do parâmetro A do modelo matemático na equação.

A tabela 40 apresenta o volume total de gás produzido em função das diferentes dietas e do inóculo cecal.

Tabela 40 – Produção de gás total de acordo com as dietas e com as diferentes fontes de inóculo

Parâmetro	Dietas experimentais							CV (%)
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	
	Volume de gás produzido							
Volume de gás (mL)	136,55 a	109,09 b	94,95 c	111,07 b	109,01 b	113,01 b	101,18 c	9,74
	Volume de gás em função dos inóculos*							
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	CV (%)
Volume de gás (mL)	100,68 b	108,73 b	119,73 a	110,40 b	123,03 a	115,25 a	97,04 b	12,61
	Digestibilidade <i>in vivo</i>							
DMS	65,57	53,91	54,23	56,94	53,07	57,29	57,52	-
DMO	67,25	54,13	54,28	56,69	52,75	56,98	56,82	-

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

*A doação do inóculo foi feita pelo grupo de coelhos referente a cada tratamento

Pode-se observar que o tipo de dieta influenciou a produção de gás, onde o maior volume foi proporcionado pelo tratamento referência, o qual possui menor teor de lignocelulose, e maior de carboidratos facilmente fermentáveis, como as hemiceluloses. As dietas com maior conteúdo de FDA, apresentaram menor produção de gases. O volume de gás foi influenciado também pela dieta que os animais recebiam ($p < 0,05$). Diferentemente do que foi observado para a DMO, o SSA apresentou valor inferior ao observado para os inóculos provindos de coelhos que recebiam as dietas SSM, SSF e SSFA.

Euler (2009), quantificou o volume total de gás produzido após 24 h, a partir de cinco dietas, utilizando inóculo fresco, e verificou valores de 73,7 a 96,0 mL, estando esses valores abaixo dos aqui encontrados.

Fica claro que o tipo de dieta influencia a permanência de microorganismos especializados. Um mesmo inóculo que proporciona ampla degradabilidade pode não proporcionar ampla produção de gases. Maurício et al. (2003) observaram que a relação propionato/acetato pode interferir no volume de gás produzido, onde a maior produção de acetato favorece a produção de gases. Carabaño et al. (1988) observaram tendência de aumento nas concentrações de acetato e propionato quando na elevação dos níveis de fibra. Gidenne et al. (2000)

citam que o pH e a proporção de AGVs do ceco são influenciados pela quantidade e proporção da fibra dietética. Um maior conteúdo de fibra proporciona diminuição na concentração de butirato e aumentou na de acetato, o que pode favorecer à produção de gases. Confirmando as observações aqui relatadas, Belenguer et al. (2008) verificaram diferenças na proporção de AGVs quando diferentes fontes de fibra e amido foram utilizadas. Tal efeito foi observado também na produção de gases.

A partir da regressão linear entre a digestibilidade *in vivo* da MS e MO com o volume total de gás produzido, pode-se propor as seguintes equações:

$$MS: y = 0,2677x + 27,3 \quad (R^2 = 0,69)$$

$$MO: y = 0,3155x + 22,058 \quad (R^2 = 0,73)$$

Onde: y = valor de digestibilidade *in vivo* (%), x = volume total de gás produzido durante 24 h (mL)

Como podem ser observadas, as equações não permitem estimar os dados de maneira confiável (R^2 mediano). Assim, foram eliminados os tratamentos que continham alta inclusão da FFM, sendo este ingrediente atípico, pois tem grande quantidade de fatores antinutricionais, que prejudicam a digestibilidade *in vivo* e grande quantidade de carboidratos fermentáveis. Dessa forma, as novas equações obtidas foram:

MS: $y = 0,2569x + 30,06$ ($R^2 = 0,93$)
 MO: $y = 0,3056x + 24,853$ ($R^2 = 0,94$)
 Onde: y = valor de digestibilidade *in vivo*(%), x = volume total de gás produzido durante 24 h (mL).

Os gráficos 20 e 21 apresentam a evolução da produção de gases, durante o experimento. Nota-se que, assim como

observado no experimento piloto, a maior quantidade de gás é produzida entre 4 a 8 horas, em função da fermentação de carboidratos solúveis. A fermentação dos carboidratos fibrosos, como a celulose se dá após as 15 h, o que provoca leve inclinação, como observado no gráfico 21. No gráfico 20, esta inclinação se deve em parte ao maior intervalo de leitura.

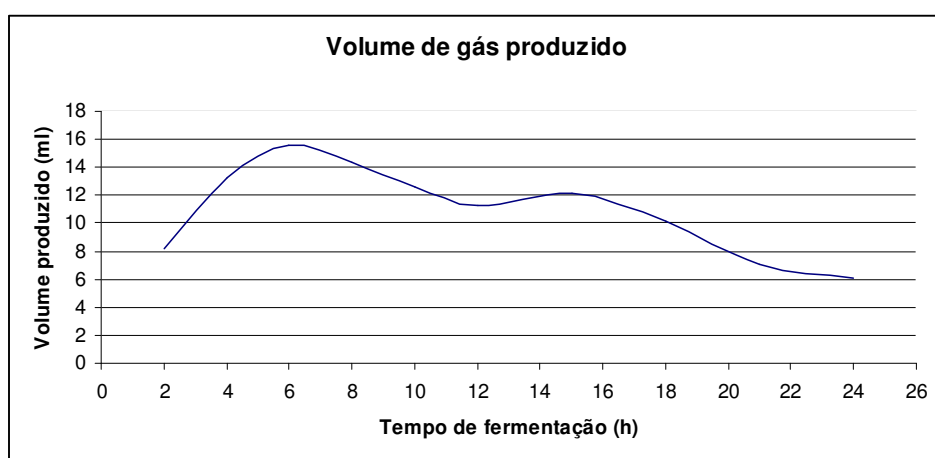


Gráfico 20 – Taxa de produção de gases de acordo com os tempos de leitura

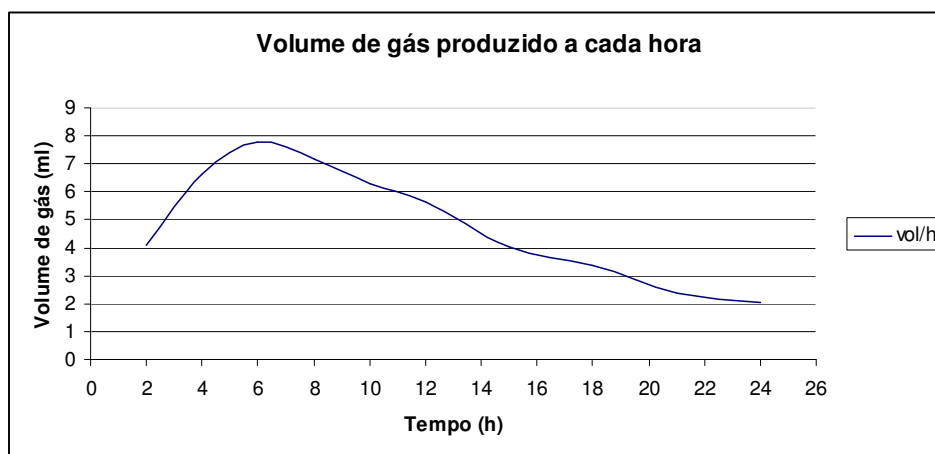


Gráfico 21 – Curva de produção de gases em função do tempo

Os parâmetros de produção de gases, estimados pelo modelo de France et al. (1993) são apresentados na Tabela 41. O potencial máximo de produção de gases (A), parâmetro que representa a máxima produção de gases quando a curva atinge o seu platô, foi superior para a dieta REF. Para

os parâmetros “fase lag”(L) e taxa de fermentação (μ), verifica-se que a dieta REF apresentou a maior taxa de fermentação, provavelmente em razão do maior conteúdo de substratos facilmente fermentáveis.

Tabela 41 – Parâmetros de produção de gases estimados pelo modelo de France et al. (1993)

Dietas	A ¹	L (h) ²	μ (h ⁻¹) ³	R ²
REF	150,78297	1,1916	0,1086	0,99
SFA	120,15165	0,5487	0,1020	0,99
SSM	108,86611	1,1159	0,0938	0,99
SSA	124,22698	0,4698	0,0980	0,99
SSF	128,72805	0,7440	0,0820	0,99
SSFA	128,22971	0,3226	0,0924	0,99
SSMA	111,32059	1,0102	0,1027	0,99

¹ A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases

² L = tempo de colonização (lag time)

³ μ = taxa de produção de gases (h⁻¹)

6.4 - Conclusões

A degradabilidade se mostrou como método eficiente para avaliar as dietas experimentais, assim como a produção de gases. A exceção das dietas que continham alta inclusão de farinha das folhas de mandioca, essas medidas se correlacionaram bem com a digestibilidade *in vivo* da MS. Esses parâmetros foram influenciados pelo tipo de inóculo utilizado.

6.5 - Referencias bibliográficas

BELENGUER A.; FONDEVILA M. BALCELLS J., et al. In vivo and in vitro study of caecal fermentation pattern and methanogenesis in rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 9, 2008, Verona. *Proceedings...* Verona, 2008. p. 535-540.

CALABRÓ S.; NIZZA A.; PINNA W.; et al. Estimation of digestibility of compound diets for rabbits using the *in vitro* gas

production technique. *Word Rabbit Science*, v. 7, n. 4, p. 197-201, 1999.

CARABAÑO, R. M.; FRAGA, M. J.; SANTOMÁ, G.; et al. Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion and composition of soft and hard feces of rabbits. *Journal off Animal Science*, v. 66, n. 4, p. 901-910, 1988.

COELHO C. C. G. M.; EULER A. C. C.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação da digestibilidade da matéria seca *in vivo* com a estimativa da digestibilidade *in vitro* em coelhos. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABZ/UFPB, 2008. CD-ROM.

EULER A. C. C. *Utilização digestiva, metodologias “in vitro” de dietas e caracterização da microbiota cecal em coelhos suplementados com Lithothamnium*. 2009. 78f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERREIRA V. P. A.; MAURÍCIO R. M.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação entre a digestibilidade *in vivo* e digestibilidade obtida através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos e níveis de gordura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

FRANCE J.; DHANOA M. S.; THEODOROU M. K.; et al. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *Journal Theory Biology*, v. 163, p. 99-111, 1993.

GIDENNE T. Recent advances in rabbit nutrition: emphasis on fibre requirements, a review. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 1, p. 23-32, 2000.

MAURÍCIO R. M.; MOULDA F. L.; DHANOAB M. S.; et al. A semi-automated *in vitro* gás production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, v. 79, p. 321-330, 1999.

MAURÍCIO R. M.; PEREIRA L. G. R.; GONÇALVES L. R.; et al. Obtenção da equação quadrática entre volume e pressão para a implantação da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás para avaliação de forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

MAURÍCIO R. M.; PEREIRA L. G. R.; GONÇALVES L. C.; et al. Potencial da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás para avaliação de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p. 1013-1020, 2003.

PASCUAL J. J.; CERVERA C.; FERNANDEZ-CARMONA J. Comparison of different *in vitro* digestibility methods for nutritive evaluation of rabbit diets. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 2, p. 93-97, 2000.

SAMPAIO I. B. M. Estatística Aplicada à Experimentação Animal. 2ª edição. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265 p.

THEODOROU M. K.; WILLIAMS B. A.; DHANOA M. S.; et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Feed Science Technology*, v. 48, p. 185-197, 1994.

CAPÍTULO 07 – ESTUDO DE MODIFICAÇÃO AO MÉTODO DE TILEY E TERRY PARA DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* NA AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS PARA COELHOS

7.1 - Introdução

A determinação da digestibilidade real dos alimentos para os animais normalmente é baseada em métodos que demandam tempo, grande quantidade de alimentos e mão de obra, dentre outros. Nos últimos anos se desenvolveram várias técnicas para simulação e quantificação do aproveitamento digestivo dos nutrientes. Os ensaios *in vitro* avaliam a digestibilidade dos princípios nutritivos de forma rápida, econômica, podendo apresentar alta correlação com as determinações *in vivo*.

Vários ensaios têm sido utilizados na avaliação dos alimentos para coelhos. Ramos et al. (1992) e Ramos e Carabaño (1996) trabalharam com métodos enzimáticos. Já Souza et al. (1998), Calabró et al. (1999), Ferreira et al. (2001) e Euler (2009) trabalharam com inóculo cecal, medindo a produção de gases. Euler (2009) obteve bons resultados quando utilizou a técnica de Tiley e Terry (1963) modificada. Sabe-se que o tempo de fermentação cecal nessa espécie é relativamente curto, sendo próximo a 10 -12 h (De Blas et al., 2002; Ferreira et al. 2001). Souza et al. (1998), simulando as condições digestivas dos coelhos, procederam a fermentação microbiana após o tratamento com o detergente neutro. Essa mistura deixa resíduo na amostra, o que prejudica a proliferação bacteriana.

Ainda restam dúvidas quanto à técnica adequada que proporcione alta acurácia na avaliação dos alimentos para coelhos.

Assim, este trabalho teve como objetivo principal identificar e desenvolver metodologias alternativas de avaliação, baseadas no método proposto por Tiley e Terry (1963).

7.2 - Material e métodos

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal, localizado no Departamento de Zootecnia da EV-UFGM, no período de 16 a 19 de Janeiro de 2010. Os valores de digestibilidade *in vivo* da MS das dietas REF, SFA, SSM, SSA, SSF, SSFA e SSMA, determinados no capítulo 4, foram utilizados para comparação descritiva com os dados obtidos por diferentes metodologias, que são descritas a seguir:

Metodologia 1 (M1) – Método de Tiley e Terry (1963), com 24 h de fermentação e inóculo cecal.

a) Primeira etapa

Pesou-se 0,25 g de amostra, sendo transferida para bolsas de filtro (Filter Bags F-57), previamente pesadas e numeradas. As bolsas de filtro foram adicionadas no jarro de fermentação do aparelho Daisy II (Ankom Technology). Adicionou-se ao jarro 1330 mL da solução A (10,0 g/L KH_2PO_4 ; 0,5 g/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5 g/L NaCl; 0,1 g/L $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e 0,5g/L de uréia) e 266 mL da solução B (15,0 g/L Na_2CO_3 ; 1,0 g/L $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) sendo pré aquecidas a 39°C. Foi conferido o pH dessa solução final, que ficou em 6,8. Adicionou-se ao jarro, 400 mL de inóculo cecal previamente diluído com o meio de cultura na proporção 1:1. Esse procedimento é necessário, em função da alta viscosidade do inóculo cecal. Saturou-se o meio com CO_2 sobre a superfície do jarro. Incubou-se durante 24 horas, a 39°C, no aparelho especificado.

b) Segunda etapa

Após a incubação, foi adicionado 40 mL de HCl 6,0 N e 8 g de pepsina 1:10000. Incubou-se novamente, por mais 24 horas, a

39°C. Após, as bolsas de filtro foram removidas, lavadas com água e colocadas em estufa a 105°C, durante quatro horas. Resfriou-se em dessecador e após foram feitas pesagem e registro.

Metodologia 2 (M2) – Redução do tempo de incubação da M1.

Com base no fato de que o tempo de fermentação em coelhos é relativamente curto, nesta metodologia, se reduziu o tempo de incubação da primeira fase do Tiley e Terry (1963) para 12 h. A segunda etapa não foi alterada. As demais condições foram semelhantes às descritas em M1.

Metodologia 03 (M3) – Metodologia M1 com posterior tratamento com o detergente neutro.

A primeira etapa desta metodologia seguiu a primeira etapa da M1. Na segunda etapa, o resíduo foi submetido ao detergente neutro, conforme a metodologia proposta por Van

Soest et al. (1991) para determinação da FDN. As demais condições foram semelhantes às descritas em M1.

Metodologia 04 (M3) – Redução do tempo de incubação da M1 com posterior tratamento com o detergente neutro.

O tempo utilizado na primeira fase desta metodologia foi de 12 h. Assim como descrito na M3, foi utilizada segunda digestão com o detergente neutro. As demais condições foram semelhantes às descritas em M1.

A cada jarro de fermentação, foram adicionadas 17 bolsas de filtro, sendo 14 referentes às amostras, duas provas em branco e uma testemunha (feno de alfafa).

A equação utilizada para cálculo da digestibilidade *in vitro* da MS, utilizando-se de diferentes metodologias foi a seguinte:

$$\text{DivMS}(\%) = \frac{[\text{MSI} - (\text{MSF} - \text{MSB})]}{\text{MSI}} \times 100$$

Onde:

DivMS = Digestibilidade *in vitro* da MS, MSI = quantidade de matéria seca inicial, MSF = quantidade de matéria seca final e MSB = quantidade de matéria seca do branco.

O material cecal foi obtido a partir do abate dos coelhos que participaram do experimento de digestibilidade, sendo feito uma mistura de diferentes cecos. Este material foi coletado a partir das 8 h da manhã e transportado em garrafas térmicas. Em todas as metodologias, o conteúdo cecal foi misturado às soluções tampão, na proporção de 1:1, para confecção do inóculo cecal, e mantido a 39°C.

Aos resultados foram feitas comparações descritivas. Para análise de regressão simples, foram utilizados os dados de digestibilidade *in vivo* da MS, utilizando os recursos do EXCEL.

7.3 - Resultados e discussão

Os valores encontrados para a digestibilidade *in vitro*, de acordo com as diferentes metodologias utilizadas, se encontram na tabela 42.

Tabela 42 – Digestibilidade da matéria seca de acordo com diferentes metodologias *in vitro*

Dieta	Metodologia				
	<i>In vivo</i>	M1	M2	M3	M4
REF	65,57	72,43	65,55	67,81	68,93
SFA	53,91	57,19	54,22	63,49	66,83
SSM	54,23	56,01	51,70	60,10	63,27
SSA	56,94	57,69	54,02	62,73	63,55
SSF	53,07	59,36	50,86	70,13	67,40
SSFA	57,29	58,07	57,70	67,59	67,42
SSMA	57,52	57,87	51,24	61,74	63,61

Observa-se que as metodologias com a segunda etapa baseada na digestão ácida com pepsina, se mostraram adequadas para estimativas da digestibilidade *in vivo*. Dentre as duas metodologias, a de 12 h de fermentação parece ser mais adequada. Deve-se considerar que o tempo de fermentação na espécie cunícula é curto, quando comparado a outros animais (De Blas et al., 2002).

Quando se usou o detergente neutro, na segunda etapa, as diferenças entre rações de baixa e alta qualidade nutricional foram reduzidas. Isso pode ser confirmado pela falta de ajuste da equação linear das metodologias M3 e M4, em relação aos valores de digestibilidade *in vivo*. As quatro metodologias apresentaram as seguintes equações:

Metodologia 1
 $y = 1,1946x - 8,2113 (R^2 = 0,79)$

Metodologia 2
 $y = 1,1006x - 7,6168 (R^2 = 0,79)$

Metodologia 3
 $y = 0,257x + 40,279 (R^2 = 0,05)$

Metodologia 4
 $y = 0,7391x + 8,2597 (R^2 = 0,17)$

Onde y = valor de digestibilidade *in vivo* da MS, x = valor de digestibilidade *in vitro* da MS.

A farinha das folhas de mandioca contém fatores antinutricionais que prejudicaram a digestibilidade *in vivo*, sendo parte desses fatores solubilizada no detergente neutro. Assim, eliminando as dietas que contêm alta inclusão deste ingrediente (SFA, SSF, SSFA), pode-se obter as seguintes equações:

Metodologia 1
 $y = 0,6259x + 20,384 (R^2 = 0,96)$

Metodologia 2
 $y = 0,6906x + 20,147 (R^2 = 0,90)$

Metodologia 3
 $y = 1,4477x - 32,778 (R^2 = 0,97)$

Metodologia 4
 $y = 1,7362x - 54,008 (R^2 = 0,94)$

Nota-se que é possível estimar os valores de digestibilidade *in vivo*, a partir dos valores *in vitro*.

Os resultados encontrados estão em acordo com os obtidos por Euler (2009) que encontraram valores similares entre a digestibilidade *in vivo* de dietas para coelhos e a digestibilidade *in vitro* com primeiro estágio de 24 h de fermentação, seguida de digestão ácida com pepsina.

Pascual et al. (2000) avaliaram dietas com diferentes níveis de FDA, através de diferentes técnicas de digestibilidade *in vitro*. Para os níveis fibrosos próximos aos trabalhados neste ensaio (17,5; 23,3 e 31,3% de FDA na MS), foram obtidos valores

médios de 68,87; 44,59 e 45,04% para os métodos multienzimático, incubação durante 36 h com inóculo cecal e incubação pelo mesmo período usando inóculo fecal, sendo esses valores bastante diferentes dos aqui observados. Na determinação das equações de regressão, os autores encontraram coeficientes de determinação (R^2) da ordem de 0,95; 0,88 e 0,68, para os respectivos métodos citados acima, o que demonstra a possibilidade de estimativa da digestibilidade *in vivo*, a partir dos valores *in vitro*.

Ensaio com maior número de rações devem ser realizados para confirmar os dados aqui obtidos, elaborando equações com alto coeficiente de determinação, para predição dos valores *in vivo*.

7.4 - Conclusões

A metodologia proposta por Tiley e Terry, modificada para 12 e 24 h de incubação, estimou com grande proximidade os valores de digestibilidade *in vivo* da MS. A utilização do detergente neutro, no segundo estágio, foi eficiente para proporcionar estimativas da digestibilidade *in vivo*, das dietas que não continham a farinha das folhas de mandioca.

7.5 - Referências Bibliográficas

DE BLAS, J. C.; GARCIA J.; CARABAÑO R. M. Avances em nutrición de conejos. In: SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27, 2002, Réus. *Anais.. Réus*, 2002. p. 83-91.

CALABRÓ S.; NIZZA A.; PINNA W.; et al. Estimation of digestibility of compound diets for rabbits using the *in vitro* gás production technique. *World Rabbit Science*, v. 7, n. 4, p. 197-201, 1999.

COELHO C. C. G. M.; EULER A. C. C.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação da digestibilidade da matéria seca *in vivo* com a estimativa da digestibilidade *in vitro* em coelhos. In: ZOOTEC, 2008, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABZ/UFPB, 2008. CD-ROM.

EULER A. C. C. *Utilização digestiva, metodologias "in vitro" de dietas e caracterização da microbiota cecal em coelhos suplementados com Lithothamnium*. 2009. 78f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERREIRA V. P. A.; MAURÍCIO R. M.; FERREIRA W. M.; et al. Comparação entre a digestibilidade *in vivo* e digestibilidade obtida através da técnica *in vitro* semi-automática de produção de gás de coelhos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes tipos e níveis de gordura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. CD-ROM.

PASCUAL J. J.; CERVERA C.; FERNANDEZ-CARMONA J. Comparison of different *in vitro* digestibility methods for nutritive evaluation of rabbit diets. *World Rabbit Science*, v. 8, n. 2, p. 93-97, 2000.

RAMOS M. A.; CARABAÑO R. M.; BOISEN S. An *in vitro* method for estimating digestibility in rabbits. *Journal Applied Rabbit Research*. v. 15, p. 938-946, 1992.

RAMOS M.; CARABAÑO R. M. Nutritive evaluation of rabbit diets by an *in vitro* method. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 6, 1996, Toulouse. *Proceedings...* Toulouse, 1996. p. 277-282.

SOUZA A. V. C.; LOPES D. C.; MALAFAIA P. A. M.; et al. Avaliação da qualidade da fibra do rami em duas idades

diferentes, para coelhos, pelo método da digestibilidade *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. v. 4, p. 240-242.

TILLEY J. M. A.; TERRY R. A. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society*, v. 8, n. 2, p. 263-287, 1963

VAN SOEST P. J.; ROBERTSON J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. In: Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que os experimentos foram conduzidos, pode-se concluir que:

- a. A cultivar GRAVETINHO se mostrou mais propícia para utilização na alimentação dos coelhos, apresentando também características agronômicas desejáveis. A continuidade de pesquisas que utilizam essa cultivar na alimentação dos animais é necessária. A busca por alternativas que melhorem o seu valor nutricional é também essencial.
- b. A colheita da rama da mandioca demanda muita mão de obra o que contribui para elevação de seu custo. Máquinas agrícolas adaptadas, bem como métodos racionais de colheita devem ser desenvolvidos para melhor aproveitamento desta importante fonte alimentar.
- c. A farinha das folhas de mandioca não se mostrou adequada para inclusão em dietas simplificadas ou semi-simplificadas. Há problemas em seu processamento, o que contribui para que haja grande quantidade de fatores antinutricionais, prejudicando o aproveitamento de seus nutrientes, além da baixa palatabilidade. A substituição do feno de alfafa, por níveis adequados desse alimento deve ser estudada.
- d. As enzimas carboidrases e fitase proporcionaram melhorias na digestibilidade dos princípios nutritivos avaliados. O melhor nível de fitase, para coelhos, que proporcione melhor relação custo benefício, deve ser pesquisado. Embora não tenham sido observados benefícios sobre o desempenho,

novas pesquisas, devem ser conduzidas.

- e. A dieta semi-simplificada se mostrou como alternativa interessante para alimentação dos coelhos. Essa dieta, com base em feno do terço superior da rama da mandioca, proporcionou desempenho satisfatório aos animais, sendo economicamente viável, podendo contribuir para redução dos custos da atividade.
- f. Os métodos de digestibilidade *in vitro* avaliados se mostraram excelentes preditores da digestibilidade *in vivo* além da alta capacidade de seleção de materiais propícios à alimentação dos coelhos. A validação desses métodos, utilizando maior número de rações, é necessária.