

**ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO
NUTRICIONAL DA POLPA CÍTRICA SECA
EM DIETAS PARA COELHOS EM
CRESCIMENTO**

RENATA APOCALYPSE NOGUEIRA PEREIRA

2003

RENATA APOCALYPSE NOGUEIRA PEREIRA

**ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA POLPA
CÍTRICA SECA EM DIETAS PARA COELHOS EM CRESCIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Antônio Gilberto Bertechini

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pereira, Renata Apocalypse Nogueira

Estratégias de avaliação nutricional da polpa cítrica seca em dietas
para coelhos em crescimento / Renata Apocalypse Nogueira Pereira. --
Lavras : UFLA, 2003.

95 p. : il.

Orientador: Antônio Gilberto Bertechini.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Método de avaliação. 2. Nutrição. 3. Método direto. 4. Método de
substituição. 5. Lignina. 6. Indicador externo. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD - 636.085
- 636.9322

RENATA APOCALYPSE NOGUEIRA PEREIRA

**ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA POLPA
CÍTRICA SECA EM DIETAS PARA COELHOS EM CRESCIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de "Doutor".

Aprovada em 21 de março de 2003

Prof. Walter Motta Ferreira – DZO/UFMG

Prof. Augusto Vidal da Costa Gomes – Instituto de Zootecnia/UFRRJ

Prof. Cláudio Scapinello – DZO/UEM

Profª. Flávia Maria de Oliveira Borges – DZO/UFLA

**Prof. Antônio Gilberto Bertechini
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL**

À minha mãe Marina (in memoriam)

Às minhas filhas, Marina e Stella;

À minha irmã Paula;

A todos os familiares e amigos.

DEDICO ESTE TRABALHO

Ao meu sogro, S. Durval;

À minha amiga Simone,

OFEREÇO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre ao meu lado.

Ao professor Antônio Gilberto Bertechini pela orientação e amizade.

Ao professor Walter Motta Ferreira pela ajuda na realização deste trabalho e de tantos outros, pela amizade, atenção e pelas valiosas sugestões.

Aos professores Cláudio Scapinello, Augusto Vidal da Costa Gomes e Flávia Maria de Oliveira Borges pela participação e sugestões.

Ao professor Marcos Neves Pereira e à professora Ângela Maria Quintão Lana pela colaboração nas análises estatísticas.

À professora Eloísa de Oliveira Simões Saliba do Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFG, pelo preparo da lignina e realização das análises desse material.

Ao Departamento de Zootecnia, em especial ao professor Aloísio Ricardo Pereira da Silva pelo apoio e colaboração.

Aos estudantes de graduação, Paula, Kamila, Larissa, Marcela, Natasha, Bruno, Júnio, Ozana, Beto, Camila e Daniella, pela ajuda na execução dos experimentos. Em especial ao aluno Bambuí pela ajuda durante o experimento e pelo apoio no manejo do computador.

À Coordenação de Pós-graduação, em especial ao professor Elias Tadeu Fialho, pelo apoio e colaboração.

Aos colegas do curso de Pós-graduação em Zootecnia do DZO/UFLA, em especial a Suely e a Gustavo.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal DZO/UFLA pela ajuda na realização das análises químicas.

Aos funcionários da secretaria de Pós-graduação DZO/UFLA, Pedro e Carlos, à secretária do DZO, Keila, e ao técnico José Geraldo pelo apoio.

À Indústria de Rações Fri-Ribe, em Lavras, MG, pela doação do premix vitamínico-mineral e pela peletização das rações.

À Vaccinar -Nutrição e Saúde Animal- pela doação da L lisina e DL metionina utilizadas nas rações experimentais.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho.

BIOGRAFIA

Renata Apocalypse Nogueira Pereira, filha de José Carlos Nogueira e Marina Pitaguary Apocalypse Nogueira, nasceu em 05 de agosto de 1964, no município de Ouro Fino, estado de Minas Gerais.

Em abril de 1986 obteve o título de Zootecnista pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

O título de Mestre em Zootecnia foi obtido pela Universidade Federal de Minas Gerais, em dezembro de 1990.

Em março de 1999, iniciou o curso de Pós-graduação em Zootecnia, na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. O título de Doutor foi obtido em março de 2003.

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| RESUMO | i |
| ABSTRACT | iii |
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL..... | 2 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1 Fibra para coelhos | 4 |
| 2.2 Polpa cítrica seca..... | 7 |
| 2.3 Polpa cítrica seca para coelhos..... | 11 |
| 2.4 Digestibilidade | 13 |
| 2.4.1 Digestibilidade total aparente - Colheita total..... | 13 |
| 2.4.2 Metodologia para ensaios de digestibilidade | 14 |
| 2.5 Indicadores | 17 |
| 2.6 Cecotrofia..... | 19 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 22 |
| CAPÍTULO II - DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS COM DIFERENTES TEORES DE POLPA CÍTRICA SECA PARA COELHOS EM CRESCIMENTO | 31 |
| RESUMO | 32 |
| ABSTRACT | 34 |
| 1 INTRODUÇÃO | 36 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 39 |
| 2.1 Experimento 1 – Coeficientes de digestibilidade aparente da polpa cítrica seca – método de substituição | 39 |
| 2.1.1 Local e período experimental..... | 39 |
| 2.1.2 Animais e tratamentos..... | 39 |
| 2.1.3 Dietas experimentais | 41 |
| 2.1.4 Análises laboratoriais | 43 |
| 2.1.5 Análise estatística..... | 44 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2 Experimento 2 – Coeficientes de digestibilidade aparente da polpa cítrica seca - método direto | 45 |
| 2.2.1 Local e período experimental | 45 |
| 2.2.2 Animais e tratamentos | 46 |
| 2.2.3 Dieta experimental | 47 |
| 2.2.4 Análises laboratoriais | 47 |
| 2.3 Experimento 3 – Contribuição nutricional da cecotrofia a coelhos recebendo dietas utilizadas no método de substituição..... | 47 |
| 2.3.1 Local e período experimental | 47 |
| 2.3.2 Animais, tratamentos e dietas experimentais | 47 |
| 2.3.3 Análises laboratoriais | 48 |
| 2.3.4 Análise estatística..... | 48 |
| 2.4 Experimento 4 – Contribuição nutricional da cecotrofia a coelhos recebendo a dieta utilizada no método direto | 50 |
| 2.4.1 Local e período experimental | 50 |
| 2.4.2 Animais, tratamentos e dietas experimentais | 50 |
| 2.4.3 Análises laboratoriais | 50 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 51 |
| 3.1 Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da polpa cítrica seca – método de substituição | 51 |
| 3.2 Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da polpa cítrica seca pelo método direto. Comparação entre os métodos..... | 56 |
| 3.3 Contribuição nutritiva da cecotrofia a coelhos recebendo dietas com diferentes teores de polpa cítrica seca – método de substituição | 58 |
| 3.4 Experimento 4 – Contribuição nutricional da cecotrofia a coelhos recebendo dieta com 99% de polpa cítrica seca – comparação entre métodos..... | 65 |
| 4 CONCLUSÕES | 68 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 69 |
| CAPÍTULO III - LIGNINA ISOLADA DO <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i> COMO INDICADOR EM EXPERIMENTOS DE DIGESTIBILIDADE COM COELHOS | 74 |
| RESUMO | 75 |
| ABSTRACT | 76 |
| 1 INTRODUÇÃO | 77 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 80 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1 Local e período experimental..... | 80 |
| 2.2 Animais e tratamentos..... | 80 |
| 2.3 Dietas experimentais..... | 82 |
| 2.4 Análises laboratoriais..... | 85 |
| 2.5 Análise estatística..... | 86 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 87 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 93 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 94 |

RESUMO

PEREIRA, Renata Apocalypse Nogueira. **Estratégias de avaliação nutricional da polpa cítrica seca em dietas para coelhos em crescimento.** Lavras: UFLA 2003. 95p. Tese (Doutorado em Nutrição de Não Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Dois experimentos foram realizados no Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, MG. O primeiro experimento avaliou a digestibilidade da polpa cítrica seca (PCS) utilizando coelhos em crescimento e foi subdividido em quatro ensaios. No primeiro ensaio, empregou-se o método de substituição, adotando-se uma dieta referência, substituída isometricamente por um dos cinco níveis de PCS (0, 8, 16, 24 e 32%). Foi adicionado 0,77% de núcleo (premix vitamínico-mineral e sal iodado) em todas as dietas, as quais foram administradas a 40 coelhos Nova Zelândia Branco em fase de crescimento (1,0 kg de peso vivo e 53 dias de idade). Os coeficientes de digestibilidade (CD) da PCS foram obtidos por extrapolação a 100% de substituição desse ingrediente. No ensaio dois, a PCS foi avaliada por meio do método direto, utilizando-se dez animais que receberam uma dieta contendo apenas PCS e o núcleo. Nesse caso, os valores de CD da PCS foram obtidos diretamente e comparados àqueles do ensaio um. Nos ensaios três e quatro, a contribuição da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) aos animais por meio da ingestão de cecotrofos foi verificada utilizando-se as dietas dos ensaios um e dois. Um colar de madeira foi colocado nos animais por um período de 24 horas e os cecotrofos, colhidos de 3 em 3 horas. Baixo consumo de MS e valores de CD superiores aos obtidos por extrapolação foram observados no método direto, não o recomendando para avaliar nutricionalmente a PCS. Os valores de CD da PCS extrapolados foram: 84,79% (MS), 0% (PB), 41,49% (fibra em detergente neutro), 60,70% (fibra em detergente ácido), 84,26% (energia bruta) e 3579 kcal de energia digestível por kg de MS. Nos ensaios três e quatro observou-se que o tipo da dieta não afetou a produção de MS dos cecotrofos. Entretanto, a falta de padronização da metodologia de cálculo de consumo médio de MS dificultou a comparação dos valores das contribuições de MS e PB obtidos nesses ensaios. O consumo de MS medido no dia que o colar foi colocado foi afetado pelo estresse. No segundo experimento, a lignina purificada do *Eucalyptus grandis* foi testada como indicador externo utilizando-se as dietas do ensaio um. Os valores de produção fecal e de CD da

* Comitê de Orientação: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Orientador) e Walter Motta Ferreira- UFMG .

MS obtidos com o emprego desse indicador foram comparados aos da colheita total de fezes. A produção fecal obtida pelo uso da lignina, apresentou resultados semelhantes aos da colheita total, exceto para a dieta com 24% de PCS, na qual os valores foram superestimados com o uso do indicador. Diferenças significativas ($P < 0,05$) foram detectadas para os valores de CD da MS. Nos valores mais elevados de inclusão (16, 24 e 32%), o uso de lignina purificada subestimou os valores de CD quando comparado aos da colheita total. Sendo assim, a lignina purificada do *Eucalyptus grandis* foi eficiente como indicador externo em dietas para coelhos em crescimento utilizando níveis reduzidos de PCS (0 e 8%).

ABSTRACT

PEREIRA, Renata Apocalypse Nogueira. **Strategies of nutritional evaluation of dried citrus pulp diets to growing fattening rabbits.** Lavras: UFLA, 2003. 95p (Doctorate Program in Animal Science)*.

Two experiments were carried out in Rabbit Division of Animal Science Department at Universidade Federal de Lavras, MG. The first evaluated the dried citrus pulp (DCP) digestibility using growing rabbits and it was divided in four essays. In the first, it was used the multi substitution method adopting a reference diet isometrically substituted by one of five PCS levels (0, 8, 16, 24 or 32%). It was added 0.77% of nucleus (vitamin-mineral premix and iodine salt) in all diets that were administered to 40 New Zealand White (1.0 kg of live weight and 53 days old). The digestibility coefficients (CD) of PCS were obtained by extrapolation of linear to 100% of substitution of this ingredient. In the second essay, the PCS was evaluated by the direct method using ten animals that received a diet containing only PCS and the nucleus. In this case, the CD values of the PCS were directly obtained and compared to those of the first essay. In the third and fourth essays, the dry matter (DM) and crude protein (CP) contribution to the animals by means of cecotrophes ingestion, it was verified by using the diets from the first and second essays. A wood collar was put in the animals for a 24 hours period and the cecotrophes collected in a three hours interval. Low DM intake and CD values superior to those obtained by extrapolation were observed in the direct method, which was not recommended to nutritionally evaluate the PCS. The CD and PCS extrapolated values were: 84.79% (DM), 0% (CP), 41.49% (neutral detergent fiber), 60.17% (acid detergent fiber), 84.79% (gross energy) and 3579 kcal of digestible energy $\text{kg}^{-1} \text{DM}^{-1}$. In the third and fourth essays it was observed that the type of diet did not affect the cecotrophes DM production. However, the missing standardization of the methodology for calculation average DM intake made it difficult to compare the values from the DM and CP contribution obtained in these essays. The DM intake measured in the day of using the collar was affected by the stress, while in four days this effect was lower. In the second experiment, the purified lignin from *Eucalyptus grandis* was tested as external indicator using the first essay diets. The fecal production values and CD of DM obtained with the usage of this indicator were compared to those of the total feces collection. The fecal production obtained by lignin use showed similar results to those of the total

* Guidance committee: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (adviser) and Walter Motta Ferreira-UFGM.

collection, except for the diet with 24% of PCS, in which the values were overestimated with the use of the indicator. Significant differences ($P < 0,05$) were detected for the CD and DM values. In the values with highest inclusion (16, 24 and 32%), the use of purified lignin underestimated the CD values when compared to the total collection. Thus, the lignin purified from *Eucalyptis grandis* was efficient as external indicator in diets to growing rabbits using reduced PCS levels (0 and 8%).

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

A opção pela criação de coelhos para produção de carne deve-se a algumas vantagens em relação às demais espécies: carne com altos teores em proteína e baixos em sódio (Rao et al., 1978; Holmes et al., 1984), animais com satisfatória taxa de crescimento (idade ao abate em torno de 75 dias e 2,0 kg de peso vivo) e área relativamente pequena para implantação da atividade. Contudo, essas vantagens também contribuem para oscilações observadas ao longo da história da cunicultura brasileira, com períodos de modismo, atraindo criadores de fins de semana e períodos de quase total escassez do produto no mercado.

Essa situação reflete o desenvolvimento irregular da atividade no território brasileiro, com baixo desempenho produtivo (tamanho de ninhada, idade ao abate, conversão alimentar, etc.) ao longo dos anos, contribuindo para o alto custo de produção.

Mesmo na Europa, onde são observados avanços em muitos desses índices, o custo de produção da cunicultura chega a ser 50% maior do que o relatado na avicultura e 30% maior que na suinocultura (Maertens, 1999).

As dietas de coelho são caracterizadas pelos elevados teores em fibra, necessários para funcionamento normal do trato gastrointestinal do animal e para que o fenômeno da cecotrofia ocorra. Comumente, mais da metade dessas dietas são compostas por alimentos fibrosos (principalmente alfafa). Com isso, o desafio atual da pesquisa é o de utilizar dietas sem riscos sanitários, portanto, com valor elevado em fibra, mas com níveis de energia que permitam suprir as necessidades de crescimento ótimo dos animais (Gidenne, 1997; Gidenne et al., 2001), tornando a atividade mais econômica.

A utilização de subprodutos agrícolas na alimentação animal sempre foi uma realidade e a possibilidade de incorporação depende, entre vários fatores, da disponibilidade desse material, dos níveis empregados na produção animal, da competição com os outros produtos alternativos, da segurança de utilização, dos custos e, logicamente, do valor nutricional (Mejía, 1999). A polpa cítrica seca é um subproduto rico em energia, resultado da extração do suco de laranja, que atende às especificações citadas. O uso desse material na alimentação de coelhos vem sendo relatado por autores estrangeiros (De Blas & Villamide, 1990) com resultados conflitantes, provavelmente devido ao alto conteúdo em fibra digestível e às particularidades digestivas da espécie, aliados à metodologia empregada na avaliação deste ingrediente.

O uso de lignina como indicador externo em estudos de determinação de consumo e de digestibilidade de alimentos tem por principal objetivo facilitar o trabalho de colheita de fezes, ferramenta útil nos experimentos de nutrição. A espectroscopia no infravermelho aplicada ao estudo de identificação da lignina é uma técnica inédita e tem sido proposta por ser rápida, sensível e não destrutiva (Morais, 1992; Saliba, 1998; Saliba et al., 2002a). Pesquisas nesta linha relatam a utilização da lignina isolada de resíduos da cultura do milho (Saliba, 1998) como possível indicador externo. Especula-se que com o material obtido do eucalipto, cuja estrutura é mais rígida que os resíduos do milho, consigam-se obter valores mais satisfatórios, possibilitando a utilização deste composto em experimentos de taxa de passagem e fluxo da digesta em coelhos.

O objetivo deste trabalho foi estudar a polpa cítrica seca na alimentação de coelhos em crescimento, avaliando-a por meio da digestibilidade aparente total. Complementarmente, estudou-se a viabilidade do uso da lignina purificada do *Eucalyptus grandis* como indicador externo nos experimentos de nutrição animal, utilizando o coelho como modelo experimental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fibra para coelhos

A necessidade de teores elevados de fibra na dieta de coelho vem sendo bastante relatada na literatura. O aparelho digestivo apresenta como maiores porções o estômago e o ceco, caracterizando a espécie como um animal herbívoro, capaz de ingerir grandes quantidades de material fibroso (Lang, 1981; Mendez et al., 1986; Cheeke, 1987; Gidenne, 1997). A necessidade de fibra indigestível, a qual serve de lastro para a digesta e auxilia no trânsito digestivo, vem enfatizar a peculiaridade da função da fibra para esta espécie. Além disso, o papel da fibra está intimamente ligado à cecotrofia, fenômeno natural da espécie, grosseiramente definido como produção e ingestão de um tipo especial de fezes. Durante este processo, na porção do colo proximal, ocorre a separação e a rápida eliminação do material fibroso e mais grosseiro, permitindo, assim, que as bactérias atuem no material mais digestível que retorna ao ceco (Cheeke, 1987; Aderibidge & Cheeke, 1993).

Animais de pequeno porte, dentre eles o coelho, exigem elevados custos energéticos por unidade de peso vivo comparados aos de grande porte. Aumento da velocidade de trânsito digestivo e do consumo de alimentos podem ser exemplos de mecanismos de adaptação desenvolvidos por estas espécies para que as exigências nutricionais sejam atendidas (Úden & Van Soest, 1982; Mateos & Vidal, 1996), principalmente quando material fibroso é oferecido.

A concentração energética da dieta é um fator importante na regulação de consumo voluntário de alimentos e, no caso de coelhos, esta regulação na ingestão é possível quando concentrações de energia digestível na dieta estão acima de 2250 kcal/kg (Maertens, 1992), ou o teor de fibra bruta abaixo de 15%, ou ainda o teor de fibra em detergente ácido de 21% (Blas et al., 1994). Caso

contrário, a regulação do consumo de alimentos não ocorre devido principalmente a uma limitação da capacidade física de ingestão (Maertens, 1992; Maertens, 1999).

A redução na ingestão de fibra dietética resulta em distúrbios digestivos tais como alterações na atividade fermentativa cecal e redução no trânsito da digesta (Peeters & Maertens, 1988; Bellier & Gidenne, 1992; Gidenne, 1994; Garcia et al., 1996; Gidenne, 1996), favorecendo o surgimento de diarreia em coelhos em crescimento (Laplace, 1978; Fraga et al., 1991, Mateos & Vidal, 1996). Em contrapartida, o aumento do nível de fibra na dieta leva à redução no ganho de peso e na digestibilidade da matéria seca e energia, além da redução do volume cecal (Hoover & Heitmann, 1972).

Entretanto, a eficiência dos coelhos em obter energia por meio da utilização de material fibroso é considerada inferior à dos bovinos e dos equinos (Slade & Hintz, 1969). Aderibigbe & Cheeke (1993), ao compararem a digestão *in vitro* de vários ingredientes utilizando fluido do ceco de coelhos e fluido ruminal de bovinos, observaram que a fermentação no ceco é menos eficiente que a do rúmen, onde a digestibilidade máxima foi de apenas 60 a 65% para forrageiras e de 80% para milho em comparação aos ruminantes. Além disso, o máximo da digestibilidade ruminal *in vitro* foi atingido em 48 horas, enquanto, para o coelho, demorou 72 a 96 horas. Deve-se ressaltar que o substrato que chega ao rúmen é diferente daquele que chega ao ceco do coelho, além de a atividade celulolítica nessa espécie ser menor que aquela do fluido ruminal.

O coeficiente de digestibilidade do material fibroso, apesar de mais baixo que os de outras espécies, pode variar muito com a fonte de fibra utilizada na dieta. Segundo Cheeke (1987), os alimentos com alto teor de ligninas geralmente apresentam valores de digestibilidade de matéria seca inferiores a 15%, enquanto o material não lignificado (por exemplo as polpas) apresenta

valores acima de 60%. Gidenne (2000) acrescenta que a origem botânica das fibras pode influenciar a digestão e a atividade microbiana cecal, independente da quantidade ou natureza das fibras.

Teores mínimos de alguns nutrientes nas dietas de coelhos em crescimento têm sido utilizados como critérios para prevenir o risco sanitário comum nesta fase (Gidenne, 2000). Diferente de outras espécies, uma quantidade mínima de lignocelulose em dietas de coelhos em crescimento, mensurada através da análise de fibra em detergente ácido (FDA), é necessária por reduzir desordens digestivas e mortalidade dos animais. Em contrapartida, a ingestão de ligninas provoca uma redução da digestibilidade da ração, associada à diminuição no tempo de retenção total da digesta, além de piorar a taxa de conversão alimentar (Gidenne, 2000).

Quantificar o conteúdo de fibra dos alimentos nas dietas de ruminantes e de monogástricos é de extrema importância, devido à alta correlação negativa da fração fibrosa com a digestibilidade da matéria orgânica da dieta (Gidenne et al., 1998). Contudo, o termo fibra dietética corresponde a vários componentes (parede celular vegetal, principalmente), dificultando tanto a análise como a recomendação. Em relação ao coelho, devido às particularidades digestivas mencionadas anteriormente, supõe-se que métodos que fracionem o conteúdo fibroso dos alimentos sejam mais eficientes que os normalmente utilizados. A técnica desenvolvida inicialmente para avaliação da fibra em forragens fraciona esse material em três resíduos fibrosos: ligninas em detergente ácido (LDA), celulose (FDA-LDA) e hemiceluloses (fibra em detergente neutro (FDN) -FDA). O uso do método sequencial (Van Soest et al., 1991), uma modificação desse procedimento, é reconhecido oficialmente por pesquisadores franceses (Gidenne, 2000) e fornece estimativas das hemicelulose e celulose com mais precisão. A hemicelulose estimada por subtração da FDA a partir da FDN

apresentam valores baixos quando as pectinas estão precipitadas na FDA (Van Soest et al., 1991).

Apesar da facilidade em adotar apenas um critério a ser seguido como recomendação, alguns autores ressaltam que outros pontos devem ser seguidos. Sendo assim, além da importância quantitativa da FDA, a qualidade dessa porção deve ser avaliada, através da relação lignina/celulose; a quantidade de fibra digestível (hemiceluloses e pectinas) em relação às lignoceluloses, através da relação FDN/FDA; além da quantidade e da natureza do amido presente na dieta. Esses dados irão fornecer informações importantes para avaliações das dietas de coelhos e, com exceção da análise do amido, podem ser obtidos por meio do método de Van Soest (Gidenne, 2000).

2.2 Polpa cítrica seca

O esmagamento de frutas cítricas é o processo de obtenção do suco. A extração do suco produz 52,1% de polpa cítrica fresca constituída por pele (60-65%), polpa e bagaço (30-35%) e sementes (ao redor de 10%), apresentando um teor de umidade entre 73 e 83%. Com a adição de óxido ou hidróxido de cálcio é possível a secagem e a neutralização dos ácidos orgânicos provenientes da pectina, favorecendo não somente a comercialização da polpa cítrica, mas principalmente reduzindo a poluição ambiental causada pelo não aproveitamento do mesmo. Durante o processo de secagem ocorre a ligação da pectina com o cálcio, e a quantidade de hidróxido a ser adicionado dependerá da pectina a ser neutralizada (Mejía, 1999), reduzindo a umidade a 12% em média.

O risco de contaminação microbiana pode ocorrer devido a falhas tanto nesse processamento como no de armazenamento da polpa, possivelmente sendo a citrinina, produzida pelo *Penicillium citrinum*, a causa de pruridos na pele e da

síndrome hemorrágica em vacas em lactação (Mejía, 1999), observados em animais que receberam dietas contendo este subproduto.

A redução na exportação brasileira de polpa cítrica, na década de 90, deveu-se principalmente à sua contaminação por dioxina, substância que não ocorre naturalmente nos alimentos (Carvalho, 1995). Este composto é formado pela queima de produtos clorados, de pneus, lixo, plástico, produtos oriundos da indústria siderúrgica, dentre outros; como também em processos naturais como incêndios florestais e erupções vulcânicas (Amiclor, 2002). Esse acontecimento comprometeu a inclusão da polpa como ingrediente em dietas animais, tanto no exterior como no Brasil, apesar da possibilidade de contaminação por dioxina de qualquer alimento exposto a essas situações. Além disso, um experimento conduzido recentemente com coelhos e ovinos demonstrou não haver alterações clínicas e nem patológicas nos animais que receberam polpa cítrica seca (Tokarnia et al., 2001).

No Brasil, a polpa cítrica seca é um subproduto da extração do suco de laranja, principalmente, e apresenta-se como boa opção energética nas rações animais por não competir com a alimentação humana, ser altamente disponível e economicamente viável (Pinzon & Wing, 1976; Silva et al., 1997; Manzano et al., 1999).

A qualidade nutricional e a palatabilidade da polpa cítrica dependem da variedade da laranja, da inclusão de sementes e da retirada ou não dos óleos essenciais, resultando em produtos distintos quanto ao consumo e à composição (Carvalho, 1995). Entretanto, no geral, a polpa cítrica é classificada como concentrado energético, rico em pectinas, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e cálcio e pobre em proteína bruta (PB) e fósforo (Carvalho, 1995). A porção de açúcares totais é significativamente alta (entre 11 e 43,1%) e os níveis de amido são baixos. Observam-se maiores

quantidades de ácidos urônicos, glicose, arabinose, galactose e menores de manose, xilose, ramnose e fucose (Mejía, 1999). Em ruminantes, esses açúcares contribuem para alta disponibilidade da polpa no rúmen, ocorrendo uma rápida degradação microbiana. Informações complementares referem-se à alta capacidade de retenção de água (aumento da viscosidade), alta capacidade de troca catiônica e elevada adsorção de sais biliares da polpa cítrica seca quando comparada à outros materiais fibrosos, fatores que podem influenciar enormemente a qualidade dos alimentos (Van Soest, 1994).

Apesar de ser classificada como um concentrado energético, os trabalhos desenvolvidos com bovinos utilizando a polpa cítrica têm resultado em um perfil de ácidos graxos voláteis similares às dietas utilizando forragens, com aumentos na concentração de ácido acético e diminuição de propiônico (Wing, 1975 ; Vijchulata et al., 1980). O uso de 20% de polpa cítrica em dietas de vacas leiteiras aumentou a gordura do leite de forma semelhante ao uso de volumosos (Belibasakis & Tsirgogianni, 1996).

A substituição de grãos de cereais por polpa cítrica peletizada em dietas de vacas leiteiras não resultou em diminuição na produção de leite (Solomon et al., 2000), tampouco na produção e teor de gordura do leite (Belibasakis & Tsirgogianni, 1996; Assis, 2001), entretanto ocorreu menor ingestão de matéria seca (Solomon et al., 2000).

Hadjipanayiotou & Louca (1976), ao utilizarem dietas com até 60% de polpa cítrica em dietas de novilhos de engorda, não obtiveram efeito sobre o desempenho ou na ingestão de alimentos, concluindo que esse subproduto pode ser comparado ao trigo como fonte de energia.

Os trabalhos com equinos demonstram que a polpa cítrica peletizada pode ser utilizada até o nível de 15% em rações para potras em crescimento sem influenciar o desempenho do animal. Entretanto, a inclusão de 15% afetou

negativamente a altura da cernelha dos animais e promoveu acréscimo de 25% na sua conversão alimentar (Manzano et al., 1999).

Ao avaliar nutricionalmente a polpa cítrica para suínos em terminação, Mejía (1999) relatou que a substituição de 5% do milho por este subproduto pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes e a energia da dieta, produzir maiores ganhos diários de peso e estimular o consumo de alimento, sem afetar significativamente a conversão alimentar. Substituições adicionais (10 a 15%) talvez não tragam prejuízos marcantes na resposta animal; entretanto, a utilização de 20% poderá produzir quedas importantes nestas variáveis. Os valores estimados de energia digestível aparente e de energia metabolizável aparente foram 3101,2 e 2904,12 kcal/kg, respectivamente, de polpa na matéria natural.

Este autor relata também que, no trato gastro intestinal, as dietas contendo polpas de citrus e de beterraba apresentam um comportamento digestivo diferente do observado com a alfafa. Diferenças na composição da parede celular das polpas, com maiores proporções de carboidratos solúveis, pectinas e pouco lignificadas, e da alfafa com elevados teores de celulose, hemiceluloses, mais lignificadas e com baixos níveis de pectinas, parecem contribuir bastante para este fato. Van Soest (1994) ressalta que estando as pectinas associadas à parede celular, mas não covalentemente ligadas às porções lignificadas, a digestão deste material no rúmen é quase total (90-100%). Com isso, apesar de fazerem parte da parede celular, as pectinas não são consideradas como carboidrato estrutural.

Os carboidratos solúveis, ácidos orgânicos, açúcares simples, oligossacarídeos, amido, fructanas, substâncias pectínicas e beta – glucanas não são recuperados na fração de FDN (Van Soest et al., 1991), constituindo uma fonte de energia para o crescimento microbiano no rúmen (Ariza et al., 2001).

Apesar de pectinas e beta-glucanas serem rapidamente fermentáveis por esses microorganismos (Hall et al., 1998), não são atacadas pelas enzimas digestivas dos animais mamíferos por apresentarem ligações do tipo beta entre as unidades fundamentais.

2.3 Polpa cítrica seca para coelhos

O peculiar sistema digestivo do coelho tem permitido inclusão de subprodutos vegetais e industriais de todo tipo nas dietas desta espécie (Mateos & Vidal, 1996). No ceco, a atividade microbiana é de grande importância para o processo de digestão e utilização de nutrientes (Carabaño & Piquer, 1998). Como relatado anteriormente, a polpa cítrica seca se apresenta como uma opção viável na alimentação de várias espécies animais, inclusive para o coelho, em substituição aos grãos de cereais (De Blas & Villamide, 1990).

Diferentemente da maioria dos monogástricos, o ceco do coelho é funcional e, por meio da ingestão de cecotrofos, o animal tem acesso a proteínas, minerais e vitaminas produzidos ou disponibilizados pela fermentação microbiana. A flora é de implantação lenta (até o terceiro dia de vida os láparos não tem flora microbiana) e tem composição relativamente simples (principalmente bacilos gram-negativos não esporulados) (Gidenne, 1996). O perfil de ácidos graxos voláteis também é específico no caso de coelhos, com predominância de acetato, seguido por butirato e, então, por propionato (Gidenne, 1997), diferentemente do observado em ruminantes. Vários autores relatam a atividade de pectinases (enzimas predominantes), xilanases, celulasas e beta-glucosidases no intestino do coelho (Marounek & Vovk, 1995; Gidenne, 1996), as quais podem diminuir os efeitos dos beta-glucanos, permitindo a inclusão de níveis altos de subprodutos ricos em pectinas, tais como as polpas (Marounek & Vovk, 1995). De maneira bem singular, esses autores isolaram

essas enzimas de origem microbiana no estômago do coelho. O muco que envolve os cecotrofos, o qual mantém o ambiente interno deste material isolado do ambiente ácido do estômago, pode ser o responsável pela atividade das bactérias dos cecotrofos até seis horas após a sua ingestão. Alguns autores acrescentam que a atividade enzimática microbiana para degradação de pectinas e hemiceluloses é maior que para a celulose, fato confirmado pela maior população, no ceco, de bactérias que degradam os primeiros nutrientes do que a de bactérias que degradam a celulose. Além disso, o reduzido tempo de retenção cecal observado em coelhos permite que apenas a fibra altamente digestível, hemicelulose e pectina sejam degradadas (Gidenne et al., 1998).

Melhor digestibilidade dos nutrientes e da energia, além de maior consumo de alimentos, foram obtidos utilizando-se 19 a 20% de polpa cítrica seca em dietas de coelhos em crescimento (Narranjo, 2000).

A substituição completa de feno de alfafa por outras fontes contendo níveis elevados de fibra digestível, tais como as polpas, pode diminuir a taxa de passagem e aumentar o tempo de retenção da digesta no ceco. Apesar de conter aproximadamente 50% de FDN, esses alimentos parecem ser insuficientes em atender aos requisitos em fibra desta espécie (Fraga et al., 1991).

De Blas & Villamide (1990) ressaltam que a inclusão de altos níveis de polpa cítrica seca (30-45%) em dietas de coelho não afeta a taxa de crescimento quando fibra indigestível proveniente de outros alimentos é fornecida nas dietas.

Entretanto, Espíndola (1999) postula que as rações balanceadas para monogástricos são suficientemente ricas em polissacarídeos não amiláceos, como pectinas, beta-glucanos e pentosanas, e podem prejudicar o processo digestivo à medida que aumentam a viscosidade do conteúdo intestinal. Sendo assim, é necessário cautela quando da inclusão de polpa às dietas.

2.4 Digestibilidade

A grande maioria dos estudos na área de nutrição animal engloba experimentos de digestibilidade. Digestibilidade pode ser definida como a fração do alimento ou do componente individual (proteína, fibra, energia, etc.) que é quebrado em unidades passíveis de serem absorvidas (Cheeke, 1987). Com o avanço das pesquisas, os métodos referentes à digestibilidade dos alimentos vêm adquirindo vários refinamentos. Os termos total ou parcial referem-se ao local do trato digestivo em que a digestibilidade do alimento será determinada, diferenciando também o material a ser colhido. Na colheita total, o material a ser recolhido será as fezes (e urina, em alguns casos), enquanto, na colheita parcial, será a digesta (ileal ou cecal). Os termos aparente e verdadeira são utilizados quando se objetiva, ou não, a correção de nitrogênio no material obtido (fezes ou digesta). Ao contrário do que é feito na determinação da digestibilidade aparente, as perdas endógenas do trato digestivo são consideradas na determinação da digestibilidade verdadeira. A adoção de uma técnica em detrimento de outra depende do objetivo da pesquisa.

2.4.1 Digestibilidade total aparente - Colheita total

Vários métodos podem ser utilizados para determinar a digestibilidade total aparente, sendo a colheita total das fezes produzidas o mais acurado, mas também o mais trabalhoso. Nesse caso, os coelhos são alojados individualmente em gaiolas com telas que permitirão a colheita de fezes não contaminadas por urina. Uma semana de período de adaptação às dietas experimentais é suficiente para assegurar de que não exista resíduo da dieta anterior. O alimento e as fezes são analisados para os nutrientes de interesse e a porcentagem da digestibilidade, determinada pelo cálculo da porcentagem do nutriente em questão que foi

excretado nas fezes (Cheeke, 1987) e calculada por meio da fórmula de Schneider & Flat (1975) citados por Cheeke (1987).

Porém, para determinadas espécies, o método de colheita total se torna extremamente trabalhoso e oneroso, além de não determinar as funções das diferentes partes do sistema digestivo sobre a digestibilidade dos nutrientes (Gomes, 1996).

Provavelmente, os estudos de digestibilidade em coelhos surgiram de adaptações nos procedimentos realizados com aves e suínos. Contudo, por se tratar de animais com peculiaridades digestivas bem marcantes, alguns cuidados são necessários. Alguns pesquisadores estrangeiros (Perez et al., 1995a) concordam que o fenômeno da cecotrofia não deve ser evitado, por se tratar de um fenômeno desempenhado de forma natural pelo animal. A adoção ou não desta técnica implica na obtenção de diferentes dados, aumentando a variabilidade dos relatos encontrados na literatura. Impedir a cecotrofia pode causar maior estresse ao animal e refletir negativamente na ingestão de alimentos (Carabaño et al., 2000). Exceções ocorrem quando se objetiva verificar a contribuição do alimento administrado sobre a cecotrofia. Nesse caso, a cecotrofia pode ser prevenida através da utilização de um colar (de plástico, de madeira, etc.), colocado em volta do pescoço do animal, impedindo-o que alcance o ânus e ingira os cecotrofos.

2.4.2 Metodologia para ensaios de digestibilidade

Cheeke (1987) ressalta que os valores de digestibilidade de fibra apresentam uma grande variabilidade, parcialmente explicada por erros na condução do experimento e nas técnicas laboratoriais, além da estratégia alimentar de reter o material mais digestível no ceco e excretar rapidamente a fibra indigestível. Experimentos com coelhos apresentam variabilidade muito

maior que os com aves e suínos, mesmo quando se utiliza um maior número de animais por repetição (Villamide, 1996). Essa autora acrescenta que os valores mais elevados de coeficiente de variação em experimentos de digestibilidade são observados nas frações fibrosas (21,3% para FDN e 33,8% para FDA) e os menores, para energia (2,8%). Perez et al. (1995b) observaram uma variabilidade muito alta nos procedimentos químicos, especialmente para as frações fibrosas, utilizados em vários laboratórios europeus.

Muitos fatores concorrem para variabilidade dos resultados nos trabalhos desenvolvidos com coelhos, dificultando a comparação entre os dados: tipo de administração da dieta (*ad libitum* ou restrita); tempo de duração do experimento; número de animais utilizados por tratamento; idade dos animais; processo de amostragem; delineamento utilizado, etc.; entretanto, grande parte desta variabilidade pode ser explicada pela metodologia utilizada no experimento de avaliação de alimentos (Cheeke, 1987).

Preocupados com essa realidade, pesquisadores europeus decidiram padronizar os experimentos de digestibilidade e, assim, facilitar a comparação entre os dados obtidos (Perez et al., 1995a). Essa comissão, composta por pesquisadores de laboratórios de cinco países (Bélgica, França, Itália, Portugal e Espanha), redigiu um extenso documento constando todos os passos a serem seguidos durante a condução de um experimento de digestibilidade em coelhos. Entretanto, nesse documento, pouca discussão é feita em torno da metodologia adotada para a avaliação do alimento.

Alimentos balanceados e palatáveis podem ser avaliados pelo método direto (feno de alfafa ou farelo de trigo, por exemplo), em que apenas os alimentos em questão são administrados. Entretanto, a maioria dos alimentos utilizados em dietas de coelhos não atende aos requisitos dos animais e, se utilizados sozinhos, podem resultar em processos digestivos diferentes daqueles

em associação a outros alimentos. Segundo Villamide et al. (2000), este problema é parcialmente resolvido adotando-se o método de substituição, em que uma dieta basal (ou referência) de valor nutritivo conhecido é substituída por um alimento teste, sem que nenhuma alteração na composição da dieta seja feita. A metodologia de substituição mais utilizada é aquela descrita por Matterson et al (1965). Entretanto, é importante que não ocorram interações entre a dieta basal e o alimento teste que se está avaliando, e que este não apresente diferentes resultados conforme o tipo e o nível da dieta basal utilizada (De Blas & Villamide, 1990; Villamide et al., 1998). Atenção deve ser dada quando alimentos com altos teores de lignina, de fibra digestível, ou que possam interferir no tempo médio de retenção são avaliados nutricionalmente por meio do método de substituição (De Blas & Villamide, 1990; Garcia et al., 1996). Assim, muitas modificações neste método foram criadas com o intuito de torná-lo mais eficaz. Substituição do alimento que será avaliado nutricionalmente por apenas um dos ingredientes da dieta basal, ou a utilização de núcleos (premix vitamínico e mineral, óleo, sal, etc) em todas as dietas para evitar deficiências nutricionais desses elementos, são adotados quando se deseja diminuir essas interações (Garcia et al., 1996)

Os valores nutricionais da polpa de uva avaliados através do método de substituição da dieta basal e através da substituição de um ingrediente referência (no caso, feno de alfafa) não apresentaram diferenças significativas (Villamide et al., 2000). Adicionalmente, linearidade entre a dieta basal ou o ingrediente referência e a taxa de substituição do alimento teste foi observada. Taxas de substituição acima de 20% ou próximas aos valores práticos de incorporação do alimento que se está avaliando devem ser utilizadas para evitar valores altos de erro padrão (Villamide et al., 2000).

Interação entre a dieta basal e alimentos ricos em fibra digestível (tais como polpas cítricas e de beterraba) foi observado por alguns autores (De Blas

& Villamide, 1990; Villamide et al., 1998). Quando níveis mais baixos de energia nas dietas basais foram adotados, os valores nutritivos de ambos os ingredientes foram menores. Provavelmente, os altos níveis de fibra indigestíveis dessas dietas provocaram uma menor taxa de entrada de fibra potencialmente mais digestível das polpas no ceco (Villamide et al., 1998).

Villamide (1996) ressalta que ao utilizar o método de substituição na avaliação de alimentos, o nível do alimento a ser testado irá influir de maneira significativa na precisão da estimativa. Apesar de o erro padrão ser menor em níveis mais altos de substituição, a probabilidade de interação entre o ingrediente e a dieta será maior (Villamide et al., 1991; Villamide et al., 1998).

Quando interações entre os alimentos são esperadas, ou baixas taxas de inclusão necessitam ser adotadas, a substituição de vários níveis do alimento teste na dieta basal é recomendada (Villamide, 1996). Se a linearidade entre o valor dietético e a dieta basal for estabelecida, o valor do alimento teste poderá ser obtido através da regressão e extrapolação ao valor total de substituição. Caso a relação seja não linear, o valor do alimento teste pode ser determinado apenas naquele intervalo de inclusão. Fora deste limite o valor nutritivo deverá ser calculado por equações de segundo ou terceiro grau. Este método demonstra ser eficiente nas determinações dos valores energéticos e proteicos dos alimentos; entretanto, valores extremamente variáveis foram relatados para frações fibrosas (Villamide et al., 1998).

2.5 Indicadores

Indicador é o termo utilizado para denominar o material utilizado na estimativa qualitativa ou quantitativa de fenômenos fisiológicos ou nutricionais. Um indicador, portanto, é uma referência, um composto usado como monitor químico (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) de aspectos da digestão e/ou de

metabólitos (Owens & Hanson, 1992). São extremamente úteis no estudo das taxas de passagem de líquidos e sólidos, de consumo voluntário, de produção fecal e de digestibilidade de alimentos em animais em pastejo ou confinado. Apesar da colheita total de fezes em experimento de digestibilidade de alimentos com coelhos não ser de difícil obtenção (Gidenne & Poncet, 1985), a utilização de indicadores é essencial nos estudos de taxa de passagem, fluxo e comportamento do alimento em diferentes partes do trato gastro intestinal.

São basicamente classificados em três tipos: os internos, compostos indigestíveis presentes naturalmente no alimento (lignina, por exemplo), os obtidos matematicamente (nitrogênio fecal) e os externos. Doses constantes de indicadores, utilizadas em ensaios de digestibilidade, ou doses em intervalos definidos, para medidas de taxa de passagem e fluxo da digesta, são os meios mais comuns de utilização dos indicadores externos (Van Soest et al., 1991).

Não ser absorvível nem digestível, não modificar o comportamento normal dos demais nutrientes, não provocar efeitos tóxicos para o animal, passar de maneira uniforme pelo trato digestório, ser facilmente analisado, além de permanecer ligado à parte da digesta que será estudada (sólida ou líquida) são alguns dos requisitos importantes para a escolha e utilização do indicador (Saliba, 1998). Úden et al. (1980) observaram, em um estudo de comparação da taxa de passagem em várias espécies, que as maiores perdas dos indicadores de fase líquida, através da urina, ocorreram em coelhos. Gidenne & Lapanouse (1997) verificaram a influência da cecotrofia sobre a excreção fecal do indicador. As medidas foram mais precisas quando o indicador foi administrado no início do período de cecotrofia.

As ligninas têm sido consideradas indigestíveis e, conseqüentemente, são utilizadas como indicador. Em um estudo comparativo, as ligninas isoladas de resíduos da cultura de milho apresentaram valores de coeficientes de variação

extremamente altos (54%), desfavorecendo a sua recomendação como indicador externo (Saliba, 2002b).

O isolamento da lignina do *Eucalyptus grandis*, com estrutura mais rígida e condensada que a da palha de milho, e sua utilização como um indicador externo podem apresentar resultados mais satisfatórios. Apesar da grande diversidade da estrutura das ligninas entre as espécies vegetais, a determinação química destes compostos por meio dos compostos fenólicos constituintes, tem sido uma ferramenta útil na sua caracterização. Utilizando o espectrofotômetro no infravermelho é possível medir os comprimentos de ondas específicas dos compostos fenólicos guaiacila, siringila e p-hidroxifenila, presentes neste material (Morais, 1992).

2.6 Cecotrofia

O fenômeno da cecotrofia, também chamado erroneamente de coprofagia, significa a eliminação e reingestão de um tipo especial de fezes. Representa uma especializada estratégia digestiva para os coelhos por permitir a ingestão de proteínas, enzimas, minerais e vitaminas provenientes da atividade microbiana cecal (Carabaño & Piquer, 1998). O material fecal produzido por meio deste processo, chamado de cecotrofos ou de fezes moles, difere em composição e tamanho das fezes normais ou duras. Além disso, é protegido por intensa camada de muco e consumido pelo coelho diretamente do ânus (Lang, 1981).

A prática de ingestão de fezes moles inicia a partir da terceira semana de idade, quando inicia o consumo de maiores quantidades de alimentos sólidos e o desenvolvimento da flora cecal. A ingestão das fezes moles segue um ritmo circadiano oposto ao da ingestão de alimentos e de excreção das fezes duras, implicando em importantes alterações na composição química do conteúdo da

digesta ao longo do dia (Carabaño & Piquer, 1998). Gidenne et al. (1994) observaram alta variabilidade individual, 30% de coeficiente de variação, dentro de um mesmo experimento ou entre laboratórios utilizando a mesma metodologia e dietas similares. Os coelhos domésticos adultos normalmente escolhem o período mais tranquilo para realizar a cecotrofia, enquanto os animais mais jovens distribuem esse consumo durante as 24 horas do dia. As coelhas em lactação, devido à maior ingestão de alimentos durante esta fase, realizam a cecotrofia três vezes ao dia (Prud'Hon et al., 1975).

Maiores quantidades nos teores de proteína e menores de matéria seca e fibra são observadas na composição química das fezes moles quando comparadas às duras (Fekete & Bokori, 1984).

Depois de apreendidas diretamente do ânus, as fezes moles são deglutidas íntegras, permanecendo no estômago até que a camada de muco se desintegre. Em seguida, são submetidas ao processo digestivo usual (Griffiths & Davies, 1963; Hornicke & Machiewicz, 1963).

A remoção completa do ceco não impediu que os dois tipos de fezes fossem produzidos (Lang, 1981), mas observou-se ausência da camada de muco que envolve as fezes moles. Adicionalmente, Bonnafous & Raynaud (1967), citados por Lang (1981), observaram que ao retirar uma porção do colo proximal, um tipo intermediário de material fecal foi produzido.

A formação de dois tipos de material fecal ocorre por meio da separação mecânica das partículas maiores e menores durante a passagem da digesta pelo colo proximal. Após a digestão e absorção no intestino delgado, os resíduos alimentares indigeríveis passam através da válvula do íleo (*Ampulla ilei*), onde parte pode mover-se em direção ao ceco e parte, em direção ao colo proximal. O fluxo e refluxo da digesta entre o ceco e o colo proximal auxiliam a separação das partículas e os movimentos peristálticos fazem com que as partículas

maiores e alguma quantidade de água sejam impulsionados do colo anterior proximal para a porção posterior proximal, originando as fezes duras. Movimentos antiperistálticos impulsionam as partículas menores em direção ao ceco, no qual estas são retidas para que a flora cecal possa agir sobre o material mais digestível e, então, produzir os cecotrofos. Assim, o animal tem acesso a proteínas de origem microbiana, vitaminas do complexo B, minerais e água.

O odor característico dos ácidos graxos voláteis (AGV), produzidos por meio da fermentação microbiana, ajuda na capacidade de detectar as fezes moles. Yoshida et al. (1968) observaram que em animais livres de germes ocorreu a excreção dos dois tipos de fezes, mas não a ingestão das fezes moles.

Por ser um fenômeno naturalmente desempenhado pela espécie, a cecotrofia não deve ser impedida durante os ensaios de avaliação de alimentos (Perez et al., 1995a). Entretanto, quando se objetiva estudar o efeito ou a contribuição de determinado alimento sobre esse processo, pode-se utilizar um colar nos animais impedindo-os de consumirem os cecotrofos. Durante este procedimento, os animais podem ficar estressados, alterando o consumo de alimentos e também a excreção, afetando a precisão da avaliação.

Alguns trabalhos têm demonstrado que o tipo de fibra pode influenciar a produção e a composição química dos cecotrofos. Gomes (1996) relatou efeitos significativos sobre a produção e fornecimentos de matéria seca e de proteína bruta de cecotrofos ao avaliar diferentes fontes de fibra em dieta para coelhos em crescimento. Entretanto, os diferentes níveis de inclusão da polpa cítrica seca em dietas de coelhos não alteraram a composição química dos cecotrofos, mas a contribuição de proteína bruta ingerida através da cecotrofia foi menor para dietas menos energéticas (Naranjo, 2000). Ferreira (1990) observou diferença na contribuição de matéria seca e proteína ingerida quando utilizou tipos diferentes de fibra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADERIBIGBE, A. O.; CHEEKE, P. R. Comparison of *in vitro* digestion of feed ingredients by rabbit cecal and bovine rumen fluids. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 4, p. 329-339, May 1993.

AMICLOR - Organización de Usuarios y trabajadores de la Química del Cloro. Disponível em: <<http://www.amiclor.org>>. Acesso em: jun. 2002.

ARIZA, P. et al. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, n. 4, p. 2713-2718, Apr. 2001.

ASSIS, A. J. **Polpa cítrica em dietas de vacas em lactação**. 2001. 65 f. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BELIBASAKIS, N. G.; TSIRGOGIANNI, D. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 60, n. 1-2, p. 87-92, July 1996.

BELLIER, R.; GIDENNE, T. Caecal cannulation in five week old rabbit. An *in-vivo* study of the circadian variations of the fermentation patter. **Journal of Applied Rabbit Research**, Corvallis, v. 15, n. 2, p. 922- 930, July 1992.

BLAS, E.; CONCHA, C.; FERNANDEZ-CARMONA, J. Effect of two diets with varied starch and fibre levels on the performances of 4-7 weeks old rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 2, n. 4, p. 117-121, 1994.

CARABAÑO, R.; GARCÍA, A. I.; BLAS, E.; FALCAO, L.; GIDENNE, T.; PINHEIRO, V. Collaborative studies on caecotrophy in addult rabbits: effect of feed intake and methodology. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 7., 2000, Valence. **Proceedings...** Valence: Nutrition and Digestive Physiology, 2000. p. 153-159

CARABAÑO, R.; PÍQUER, J. The digestive system of the rabbit. In: **The Nutrition of the Rabbit**, CABI Publishing, 1998. p. 1-16.

CARVALHO, M. P. Citros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 171-214.

CHEEKE, P. R. **Rabbit Feeding and Nutrition**. Oregon: Academic Press, 1987. 380 p.

De BLAS, C.; VILLAMIDE, M. J. Nutritive value of beet and citrus pulps for rabbits. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 31, n. 3/4, p. 239-246, Dec. 1990.

ESPÍNDOLA, G. B. Valor fisiológico e nutricional da fibra vegetal para coelhos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA E TECNOLOGIA EM CUNICULTURA, 3., 1999, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 1999.

FEKETE, S.; BOKORI, J. L'influence du taux de la ration en cellulose et en proteine à la reingération volontaire des cecotrophes par le lapin. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 3., 1984, Roma. **Proceedings...** Roma, 1984. p. 273-278.

FERREIRA, W. M. **Efecto de la substitucion parcial de heno de alfafa por orujo de uva o pulpa de remolacha sobre utilizacion de la dieta y los rendimientos productivos en conejos en crecimiento**. 1990. 251f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Politécnica de Madrid, Madrid, 1990.

FRAGA, M. J.; AYALA, P. P.; CARABAÑO, R.; DE BLAS, J. C. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, n. 4, p. 1566-1574, Apr. 1991.

GARCIA, J.; VILLAMIDE, M. J.; De BLAS, J. C. Energy, protein and fibre digestibility of sunflower hulls, olive leaves and NaOH-treated barley straw for rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 4, n. 4, p. 205-209, 1996.

GIDENNE, T. Effets d'une réduction de la teneur en fibres alimentaires sur le transit digestif du lapin. Comparaison et validation de modèles d'ajustement des cinétiques d'excrétion fécale des marqueurs. **Reproductive Nutrition Development**, Paris, v. 34, n. 4, p. 295-306, 1994.

GIDENNE, T. Fisiología digestiva cecal y factores que la influncian. **Cuniculture**, Barcelona, v. 21, n. 123, p. 256-270, Oct. 1996.

GIDENNE, T. Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 73-88, Nov. 1997.

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

GIDENNE, T.; ARVEUX, P.; MADEC, O. The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performance and health of growing rabbit. **Animal Science**, London, v. 73, n. 1, p. 97-104, Aug. 2001.

GIDENNE, T.; BELLIER, R.; Van EYS, J. Effect of dietary fibre origin on the digestion and on the caecal fermentation pattern of the growing rabbit. **Animal Science**, London, v. 66, n. 2, p. 509-517, Apr. 1998.

GIDENNE, T.; BLAS, E.; CARABAÑO, R.; MERINO, J. Effect of ileal cannulation on rabbit digestion and caecotrophy: an inter-laboratory study. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 2, p. 101-106, 1994.

GIDENNE, T.; BOUYSSOU, T.; RUCKEBUSCH, Y. Sampling of digestive contents by ileal cannulation in the rabbit. **Animal Production**, Pencaitland, v. 46, n. 1, p. 147-151, Feb. 1988.

GIDENNE, T.; LAPANOUSE, A. Rate of passage in the rabbit digestive tract: influence of marker dosing time, ileal cannulation and marker type. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 5, n. 1, p. 27-32, 1997.

GIDENNE, T.; LAPANOUSE, A.; TARTIE, V. Utilisation digestive de rations riches en lignines chez le lapin en croissance: mesures de flux et de transit dans différents segments digestifs. **Annales Zootechnie**, Paris, v. 36, n. 2, p. 95-108, Mar./Apr. 1987.

GIDENNE, T.; PONCET, C. Digestion, chez le lapin en croissance, d'une ration à taux élevé de constituants pariétaux: étude méthodologique pour le calcul de digestibilité apprente, par segment digestif. **Annales Zootechnie**, Paris, v. 34, n. 4, p. 429-446, July/Aug. 1985.

GOMES, A. V. C. **Avaliação nutricional de diferentes fontes de fibra em coelhos**. 1996. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

GRIFFITHS, M.; DAVIES, D. The role of the soft pellets in the production of lactic acid in the rabbit stomach. **Journal Nutrition**, Bethesda, v. 80, n. 2, p. 171-180, June 1963.

HADJIPANAYIOTOU, M.; LOUCA, A. A note on the value of dried citrus pulp and grape marc as barley replacements in calf fattening diets. **Animal Production**, Pencaitland, v. 23, n. 1, p. 129-132, Aug. 1976.

HALL, M. B.; PELL, A. N.; CHASE, L. E. Characteristics of neutral detergent-soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 23-29, Jan. 1998.

HOLMES A. A.; WEI, S. F.; HARRIS, D. J. CHEEKE, P. R.; PATTON, N. M. Proximate composition and sensory characteristics of meat from rabbits fed three levels of alfalfa meal. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 58, n. 1, p. 62-67, Jan. 1984.

HOOVER, W. H.; HEITMANN, R. N. Effects of dietary fiber levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty acid production in rabbits. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 102, n. 3, p. 375-380, Mar. 1972.

HORNICKE, H.; MACKIEWICZ, A. Significance of the cecotrophe for starch digestion and the formation of D and L lactate in the rabbits stomachs. **Nutrition Abstract Review Serie B**, Farnham Royal, v. 47, n. 2, p. 171-180, Feb. 1963.

LANG, J. The nutrition of the comercial rabbit. Part 1. Phisiology, digestibility and nutrient requeriment. **Nutrition Abstract Review Serie B**, Farnhan Royal, v. 51, n. 4, p. 197-225, Apr. 1981.

LAPLACE, J. P. Le transit digestif chez les monogastriques. III. Comportement (prise de nourriture - caecotrophie), motricité et transit digestif, et pathogénie des diarrées chez le Lapin. **Annales Zootechnie**, Paris, v. 27, n. 2, p. 225- 265, Mar./Apr. 1978.

MAERTENS, L. Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. **Journal of Applied Rabbit Research**, Corvallis, v. 15, n. 2, p. 889- 913, July 1992.

MAERTENS, L. Towards reduced feeding costs, dietary safety and minimal mineral excretion in rabbits: a rewiew. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 7, n. 2, p. 65-74, 1999.

MANZANO, A.; FREITAS, A. R.; ESTEVES, S. N.; NOVAES, N. J. Polpa de citros peletizada na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1327-1332, nov./dez. 1999

MAROUNEK, M.; VOVK, S. J. Distribution of activity of hydrolitic enzymes in digestive tract of rabbits. **British Journal Nutrition**, Wallingford, v. 73, n. 3, p. 463-469, Mar. 1995.

MATEOS, G. G.; VIDAL, J. P. Diseño de programas alimenticios para conejos: aspectos teóricos y formulación práctica. **Cuniculture**, Barcelona, v. 21, n. 119, p. 27-42, Feb. 1996.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, N. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable feed ingredients for chickens**. Connecticut: University of Connecticut, 1965. p. 3-11 Research Report.

MEJÍA, A. M. G. **Estratégias para avaliação nutricional da polpa cítrica seca em suínos em terminação**. 1999. 90 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

MÉNDEZ, J.; De BLAS, J. C.; FRAGA, M. J. The effects of diet and remating interval after parturition on the reproductive performance of the commercial rabbit. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 62, n. 6, p. 1624, June 1986.

MORAIS, S. A. L. **Contribuição ao estudo químico e espectoscópico da lignina de madeira moída do *Eucalyptus grandis*: isolamento, quantificação e análise estrutural**. 1992. 260 f. Tese (Doutorado em Química) – ICEX, UFMG, Belo Horizonte.

NARRANJO, A. P. **Avaliação nutricional de dietas com polpa cítrica seca para coelhos em crescimento**. 2000. 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. Symposium: external and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, Sept. 1992.

PEETERS, J. E.; MAERTENS, L. L'alimentation et les entérites post-severage (Feeding and post-weaning enteritis). **Cuniculture**, Lempdes, v. 83, p. 224- 229, 1988.

PEREZ, J. M.; LEBAS, F.; GIDENNE, T.; MAESTENS, L.; XICCATO, G.; PARIGI-BINI, R.; DALLE ZOTTE, A. COSSU, M. E. et al. European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 3, n. 1, p. 41-43, 1995a.

PEREZ, J. M.; CERVERA, C.; FALCÃO E CUNHA, L.; MOERTENS, L.; VILLAMIDE, M. J.; XICCATO, G. European ring-test on *in vivo* determination of digestibility in rabbits: reproductibility of a reference method in comparison with domestic laboratory procedure Research **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 3, n. 4, p. 171-178, 1995b.

PINZON, F. J.; WING, J. M. Effects of citrus pulp in high urea rations of steers. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 59, n. 6, p. 1100- 1109, Apr. 1976.

PRUD'HON, M. et al. Evaluation de different niveaux de la croissance des caracteristiques de la consommation d'aliments solide et liquide du lapin domestique nourri and libitum. **Annales Zootechnie**, Paris, v. 24, n. 2, p. 289-298, 1975.

RAO D. R.; CHEN, C. P.; SUNKI, G. R.; JOHNSON, W. M. Effect of weaning and slaughter ages on rabbit meat production. II. Carcass quality composition. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 46, n. 3, p. 578-583, Mar. 1978.

SALIBA, E. O. L. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais**. 1998. 252 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

SALIBA, E. O. L. et al. Lignina de madeira moída (LMM) do *Eucalyptus grandis* como indicador externo de digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002a. CD-ROM.

SALIBA, E. O. L. et al. Lignina isolada da palha de milho utilizada como indicador em ensaios de digestibilidade. Estudo comparativo. **Arquivo Brasileiro de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 1, p. 52-56, jan./fev. 2002b.

SCHNEIDER, B. H.; FLATT, W. P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. Athens: the University of Georgia Press, 1975. 423 p.

SILVA, A. G.; WANDERLEY, R. C.; PEDROSO, A. F.; ASHBELL, G. Ruminal digestion kinetics of citrus peel. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 68, n. 3-4, p. 247- 257, Oct. 1997.

SLADE, L. M.; HINTZ, H. F. Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and guinea pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 28, n. 6, p. 842-843, June 1969.

SOLOMON, R.; CHASE, L. E.; BEN-GHEDALIA, D.; BAUMAN, D. E. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1322-1329, June 2000.

TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; CUNHA, B. R. M. Experimentos com apolpa cítrica seca em ovinos e coelhos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 172-176, Out./Dez. 2001.

ÚDEN, P.; COLUCCI, P. E.; Van SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science and Food Agriculture**, London, v. 31, n. 7, p. 625-632, July 1980.

ÚDEN, P.; Van SOEST, P. J. Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fibre by ruminants, equines and rabbits. **British Journal Nutrition**, Wallingford, v. 47, n. 2, p. 267-273, Mar. 1982.

Van SOEST, P. J. Carbohydrates. In: _____. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. Cap. 11, p. 156-176.

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. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

VIJCHULATA, P.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B.; POTTER, S. G.; PALMER, A. Z.; BECKER, H. N. Effect of dried citrus pulp and cage layer manure in combination with monensin on performance and tissue mineral composition in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 50, n. 6, p. 1022- 1030, June 1980.

VILLAMIDE, M. J. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 211-223, Feb. 1996

VILLAMIDE, M. J.; FRAGA, M. J.; de BLAS, C. Effect of type of basal diet and rate of inclusion on the evaluation of protein concentrates with rabbits. **Animal Production**, Pencaitland, v. 52, n. 1, p. 215-224, Feb. 1991.

VILLAMIDE, M. J.; GARCÍA, J.; BLAS, E.; CERVERA, C. Comparison among methods of nutrition evaluation of fibrous ingredients. In: **WORLD RABBIT CONGRESS, 7., 2000, Valence. Proceedings...** Valence: Nutrition and Digestive Physiology, 2000. p. 475-482

VILLAMIDE, M. J.; MAERTENS, L.; de BLAS, C.; PEREZ, J. M. Feed evaluation. In: **The nutrition of the rabbit**. CABI Publishing, 1998. p. 89-101.

WING, J. M. Effect of physical form and amount of citrus pulp on utilization of complete feeds for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 58, n. 1, p. 63-66, Jan. 1975.

YOSHIDA, T.; PLEASANT, J. R.; REDDY, B. S.; WOSTMANN, B. S.
Efficiency of digestion in germ-free and conventional rabbits. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 22, n. 4, p. 723-737, Nov. 1968.

CAPÍTULO II

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE DIETAS COM DIFERENTES TEORES DE POLPA CÍTRICA SECA PARA COELHOS EM CRESCIMENTO

RESUMO

PEREIRA, Renata Apocalypse Nogueira. Digestibilidade aparente de dietas com diferentes teores de polpa cítrica seca para coelhos em crescimento. **In: ___ Estratégias de avaliação nutricional da polpa cítrica seca em dietas para coelhos em crescimento.** Lavras: UFLA, 2003, p.31-73. Tese (Doutorado em Nutrição de Não Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Quatro experimentos foram conduzidos no Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da UFLA, MG, com o objetivo de estudar a digestibilidade de dietas contendo polpa cítrica seca (PCS). No primeiro experimento, utilizou-se o método de substituição, adotando-se uma dieta referência que atendia às necessidades nutricionais de animais em crescimento e substituída isométricamente por um dos cinco níveis de PCS (0, 8, 16, 24 ou 32%). Utilizou-se 0,77% de núcleo (premix vitamínico - mineral e sal iodado) em todas as dietas, evitando-se deficiências desses elementos nas dietas com altas taxas de substituição. As dietas experimentais foram administradas *ad libitum* a 40 coelhos da raça Nova Zelândia Branco (52 dias de idade e pesando 1,0 kg em média), adotando-se um delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 8 repetições. Os coeficientes de digestibilidade (CD) da PCS foram calculados por meio da regressão linear e extrapolados a 100% de inclusão de PCS. No segundo experimento, 10 animais (65 dias de idade e pesando 1,5 kg em média) receberam uma dieta constituída apenas de PCS e do núcleo utilizado no experimento anterior. Neste caso, os CD da PCS foram determinados diretamente. No terceiro experimento foram mensuradas a produção e a contribuição nutritiva da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB) dos cecotrofos de 36 animais que receberam as dietas utilizadas no experimento um e, no experimento quatro, de 10 animais que receberam a dieta do experimento dois. Um colar de madeira foi colocado nos animais durante 24 horas para colheitas de cecotrofos de 3 em 3 horas. O método direto apresentou baixo consumo de MS e valores de CD superiores aos obtidos por extrapolação, não sendo, portanto, recomendado para avaliar nutricionalmente a PCS. Os valores de CD obtidos pela extrapolação para 100% de inclusão de PCS foram: 84,79% (MS), 0% (PB), 41,49% (fibra em detergente neutro), 60,17% (fibra em detergente ácido), 84,26% (energia bruta) e 3579 kcal de energia digestível por kg MS. Nos experimentos três e quatro observou-se que o tipo de dieta não afetou a produção de MS dos cecotrofos. A falta de padronização da

* Comitê Orientador: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Orientador) e Walter Motta Ferreira-UFGM.

metodologia de cálculo de consumo médio de MS dificultou a comparação dos valores das contribuições de MS e PB obtidos nos experimentos de cecotrofia. O consumo de MS realizado no dia que foi colocado o colar foi influenciado pelo estresse sofrido pelos animais, não sendo uma metodologia recomendada para esses experimentos.

ABSTRACT

PEREIRA, Renata Apocalypse Nogueira. Apparent digestibility of dried citrus pulp diets for growing fattening rabbits. **In:___ Strategies of nutritional evaluation of dried citrus pulp diets to growing fattening rabbits.** Lavras: UFLA, 2003, p.31-73. (Doctorate Program in Animal Science)*.

Four experiments were carried out in the Rabbit Division of Animal Science Department at UFLA, MG, to determine the digestibility of diets containing dried citrus pulp (DCP). In the first experiment, it was used the substitution method adopting a reference diet that supplied the nutritional requirements of growing animals and that was isometrically substituted by five PCS levels (0, 8, 16, 24 or 32%). It was used 0.77% of nucleus (vitamin-mineral premix and iodine salt) in all diets to avoid deficiencies of these elements in the diets with high substitution rates. The experimental diets were administered *ad libitum* to 40 New Zealand White rabbits (52 days old and weighting 1.0 kg in average) adopting a completely randomized design with five treatments and eight repetitions. The digestibility coefficient (CD) of PCS were calculated by of linear regression and extrapolated to 100% of PCS inclusion. In the second experiment, ten animals (65 days old and weighting 1,5 kg in average) received a diet constituted by PCS and by the nucleus used in the previous experiment. In this case, CD of PCS were directly determined. In the third experiment the production and nutritive contribution of dry matter (DM) and the crude protein (CP) of cecothrophes from 36 animals that received the diets used in the experiment one were measured and in the fourth experiment with ten animals that received the experiment two diet were also measured. A wood collar was put in the animals during 24 hours to collect cecothrophes in a three hours interval. The direct method showed low DM intake and CD values higher than those obtained by extrapolation, then, it was not recommended to nutritionally evaluate the PCS. The CD values obtained by extrapolation to 100% of PCS inclusion were: 84.79% (DM), 0% (CP), 41.49% (neutral detergent fiber), 60.17% (acid detergent fiber), 84.79% (gross energy) and 3579 kcal of digestible energy $\text{kg}^{-1} \text{DM}^{-1}$. In the third and fourth experiments it was observed that the type of diet did not affect the DM production of cecothrophes. The missing standardization of the methodology for calculation average DM intake made it difficult to compare the values from DM and CP contribution obtained in the cecothrophy experiments. The DM intake measured in the day that the collar

* Guidance Committee: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Adviser) and Walter Motta Ferreira - UFMG.

was used suffered influence from stress caused in the animals, while in the DM intake measured in four days this effect was lower.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de níveis elevados de fibra na dieta de coelho vem sendo bastante relatada na literatura. O aparelho digestório apresenta, como maiores porções o estômago e o ceco, caracterizando a espécie como um animal herbívoro, capaz de ingerir grandes quantidades de material fibroso (Lang, 1981; Mendez et al., 1986; Cheeke, 1987; Gidenne, 1997). A necessidade de fibra indigestível, a qual serve de lastro para a digesta e auxilia no trânsito digestivo, enfatiza a peculiaridade da função da fibra para esta espécie. Além disso, o papel da fibra está intimamente ligado à cecotrofia, fenômeno natural da espécie, grosseiramente definido como produção e ingestão de um tipo especial de fezes. Durante este processo, na porção do colo proximal, ocorre a separação e a rápida eliminação do material fibroso e mais grosseiro, permitindo, assim, que as bactérias atuem no material mais digestível que retorna ao ceco (Cheeke, 1987; Aderibidge & Cheeke, 1993).

As polpas de citrus e de beterraba foram excluídas de trabalhos de predição de energia devido à alta interação dos dados com a dieta básica, produzindo baixas taxas de passagem e, conseqüentemente, superestimando os valores nutritivos (Wiseman et al., 1992). Apesar de conter aproximadamente 50% de FDN, esses alimentos parecem ser insuficientes em atender aos requisitos em fibra desta espécie (Fraga et al., 1991).

O uso desse material na alimentação de coelhos vem sendo relatado por autores estrangeiros (De Blas & Villamide, 1990) com resultados conflitantes, provavelmente devido ao alto conteúdo em fibra digestível e às particularidades digestivas da espécie, aliados à metodologia empregada na avaliação deste ingrediente.

Muitos fatores concorrem para variabilidade dos resultados nos trabalhos desenvolvidos com coelhos, dificultando a comparação entre os dados: tipo de administração da dieta (*ad libitum* ou restrita); tempo de duração do experimento; número de animais utilizados por tratamento; idade dos animais; processo de amostragem; delineamento utilizado etc.; entretanto, grande parte desta variabilidade pode ser explicada pela metodologia utilizada no experimento de avaliação de alimentos (Cheeke, 1987).

Preocupados com essa realidade, pesquisadores europeus decidiram padronizar os experimentos de digestibilidade e, assim, facilitar a comparação entre os dados obtidos (Perez et al., 1995a). Essa comissão, composta por pesquisadores de laboratórios de cinco países (Bélgica, França, Itália, Portugal e Espanha), redigiu um documento constando de todos os passos a serem seguidos durante a condução de um experimento de digestibilidade em coelhos. Entretanto, nesse documento, pouca discussão é feita em torno da metodologia adotada para a avaliação do alimento.

Alimentos balanceados e palatáveis podem ser avaliados pelo método direto (feno de alfafa ou farelo de trigo, por exemplo), através do qual apenas os alimentos em questão são administrados. Entretanto, a maioria dos alimentos utilizados em dietas de coelhos não atende aos requisitos dos animais e, se utilizados sozinhos, podem resultar em processos digestivos diferentes daqueles em associação à outros alimentos. Este problema é parcialmente resolvido adotando-se o método de substituição (Villamide et al., 2000), em que uma dieta basal (ou referência) de valor nutritivo conhecido é substituída por um alimento teste, sem que nenhuma alteração na composição da dieta seja feita.

Villamide (1996) ressalta que ao utilizar o método de substituição na avaliação de alimentos, o nível do alimento a ser testado irá influir de maneira significativa na precisão da estimativa. Apesar de o erro padrão ser menor em

níveis mais altos de substituição, a probabilidade de interação entre o ingrediente e a dieta será maior (Villamide et al., 1991; Villamide et al., 1998). O método de substituição mais conhecido foi descrito por Matterson et al. (1965).

A prática de ingestão de fezes moles inicia a partir da terceira semana de idade, concomitante com o consumo de maiores quantidades de alimentos sólidos com o desenvolvimento da flora cecal. A ingestão das fezes moles segue um ritmo circadiano oposto ao da ingestão de alimentos e de excreção das fezes duras, implicando em importantes alterações na composição química do conteúdo da digesta ao longo do dia (Carabaño & Piquer, 1998).

Por ser um fenômeno naturalmente desempenhado pela espécie, a cecotrofia não deve ser impedida durante os ensaios de avaliação de alimentos (Perez et al., 1995a). Entretanto, quando se objetiva estudar o efeito ou a contribuição de determinado alimento sobre esse processo, pode-se utilizar um colar nos animais impedindo-os de consumirem os cecotrofos. Durante este procedimento, os animais podem ficar estressados, alterando o consumo de alimentos e também a excreção, afetando a precisão da avaliação.

De acordo com o exposto, foram desenvolvidos quatro experimentos para avaliar nutricionalmente a polpa cítrica seca (PCS). No experimento um, os valores de coeficiente de digestibilidade de dietas contendo diferentes teores de PCS foram determinados pelo método de substituição e, posteriormente, comparados aos valores obtidos pelo método direto no experimento dois. No experimento três, objetivou-se avaliar o efeito de dietas contendo diferentes teores de PCS sobre a produção total de cecotrofos, a composição química e a contribuição nutritiva em matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), adotando-se o método de substituição, e os resultados foram comparados aos obtidos no experimento quatro, pelo método direto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento 1 – Coeficientes de digestibilidade aparente da polpa cítrica seca – método de substituição

2.1.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Minas Gerais. O município de Lavras localiza-se a 21°14” de latitude Sul, 45°00” de longitude Oeste, a uma altitude média de 910 m, apresentando precipitação anual de 1.493,2 mm; temperaturas médias das máximas e mínimas de 26,00 e 14,66°C, respectivamente. O clima da região é classificado como do tipo CWB (Ometto, 1981), tendo duas estações distintas: chuvosa, de novembro a abril, e seca, de maio a outubro.

O período experimental foi de onze dias, sendo sete dias para adaptação dos animais aos tratamentos e gaiolas e quatro dias de registro do consumo das dietas experimentais e colheita total de fezes. As médias de temperaturas mínimas e máximas registradas durante este período foram 21^o C e 29^o C, respectivamente, obtidas às 8:00 horas.

2.1.2 Animais e tratamentos

Utilizaram-se 40 coelhos da raça Nova Zelândia branca, na fase de crescimento, com peso inicial variando de 970 a 1210 gramas e 52 dias de idade, originários do Núcleo de Produção de Coelhos da Fazenda Experimental “Professor Hélio Barbosa”, da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé (MG). Os animais foram distribuídos em delineamento

inteiramente ao acaso e alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo (31 x 39 x 68 cm) que permitem separação de fezes e urina, do tipo Carregal (Carregal, 1976), com bebedouro automático tipo chupeta e comedouro de 15 cm de comprimento por 7 cm de largura.

Os tratamentos constituíram de cinco diferentes rações, formuladas com teores de substituição de uma dieta basal por polpa cítrica seca nas proporções de 0 (T0), 8 (T8), 16 (T16), 24 (T24) e 32% (T32), com oito animais por tratamento. As rações experimentais foram oferecidas *ad libitum* diariamente, às 8:00 horas.

O teor de matéria seca das sobras de cada tratamento foi determinado em amostra composta retirada dos comedouros de quatro animais no primeiro dia do período de colheita (Perez et al., 1995a). As fezes de cada coelho foram colhidas diariamente às 08:00 horas, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, hermeticamente fechados e conservados a -10° C, para posteriores análises químicas. Com base nos resultados médios de consumo das rações e produção de fezes, foram calculados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente ácido (CDFDA), fibra em detergente neutro (CDFDN) e energia bruta (CDEB), por repetição e por tratamento, de acordo com a fórmula de digestibilidade aparente de Schneider & Flatt (1975):

$$\text{Digestibilidade do nutriente} = \left(\frac{\text{Nutriente ingerido (g)} - \text{Nutriente nas fezes (g)}}{\text{Nutriente ingerido (g)}} \right) \times 100$$

2.1.3 Dietas experimentais

A composição em ingredientes das dietas experimentais consta da Tabela 1.

A dieta basal foi calculada para atender às exigências de coelhos em crescimento, de acordo com as recomendações de De Blas & Mateos (1998), e foi substituída isometricamente por diferentes teores de polpa cítrica seca (8, 16, 24 ou 32%).

TABELA 1 – Composição em ingredientes das dietas experimentais. Valores expressos como porcentagem da matéria natural.

| Ingredientes | Ração Basal | T0 | T8 | T16 | T24 | T32 |
|---------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ração basal | | 99,23 | 91,23 | 83,23 | 75,23 | 67,23 |
| PCS ¹ | | 0 | 8,00 | 16,00 | 24,00 | 32,00 |
| MDPS ² | 15,00 | | | | | |
| Farelo de trigo | 13,91 | | | | | |
| Farelo de soja | 16,41 | | | | | |
| Feno de alfafa | 26,98 | | | | | |
| Milho | 8,13 | | | | | |
| Palha de feijão | 15,00 | | | | | |
| Melaço em pó | 2,00 | | | | | |
| Fosfato Bicálcico | 0,16 | | | | | |
| Óleo Vegetal | 1,50 | | | | | |
| L-lisina | 0,04 | | | | | |
| DL-metionina | 0,10 | | | | | |
| Núcleo ³ | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 |
| Total | 100,000 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

¹ Polpa cítrica seca

² Milho desintegrado com palha e sabugo

³ Sal iodado: 0,47 kg/ 100kg e 0,3 kg/100kg de premix vitamínico e mineral (Vaccinar): ac.fólico 100mg; ac. Pantotênico 3000mg; avilamicina 100mg; B.H.T. 1,0%; cálcio (máx) 9mg; cobalto 200 mg; cobre 4000mg; colina 10000mg; ferro 20000mg; iodo 140 mg; manganês 4000mg; niacina 6000mg; selênio 19,8 mg; vitamina A 2000000 UI; vitamina B1 400 mg; vitamina B12 2000 mcg; vitamina B2 1000 mg; vitamina B6 600 mg; vitamina D3 200000 UI; vitamina E 4000 mg; vitamina K3 722mg; zino 14000 mg.

Para evitar possíveis deficiências nutricionais, quando teores mais elevados de substituição fossem adotados, optou-se por uma dieta referência com teor de proteína bruta mais alto que o recomendado (19%). Utilizou-se uma proporção fixa de núcleo em todas as dietas, contendo premix vitamínico-mineral e sal iodado, de acordo com Villamide et al. (2001), prevenindo-se deficiências também destes elementos. A relação ideal entre a energia digestível e a proteína digestível, de 20 a 26 kcal de ED/gPD, foi verificada, evitando-se falta ou excesso de proteína nas dietas (Ferreira, 1990).

Os ingredientes feno de alfafa, MDPS, palha de feijão, polpa cítrica seca peletizada e milho foram moídos em moinho de martelo com peneira de 2,5 mm de diâmetro de furo antes de serem incluídos e misturados à ração, na Fábrica de Rações do Departamento de Zootecnia da UFLA. Após a mistura da dieta básica, foi incluída a polpa cítrica seca nos níveis de substituição determinados para cada tratamento (8, 16, 24 e 32%), acrescentados os núcleos e, por último, remisturadas uma a uma às dietas experimentais, cujas composições constam da Tabela 2. A substituição da dieta básica pelo alimento-teste foi feita peso a peso, pois ambos continham a mesma proporção de matéria seca. As rações foram peletizadas na Indústria de Rações Fri-Ribe (Lavras-MG), a pressão e vapor, obtendo-se *pellets* com 5 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento.

TABELA 2 - Composição química das dietas oferecidas com diferentes níveis de polpa cítrica seca (0, 8, 16, 24, 32%). Valores expressos como porcentagem da matéria seca, exceto matéria seca que está expresso como porcentagem da matéria natural

| Nutrientes | T0 | T8 | T16 | T24 | T32 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MS | 88,00 | 87,80 | 88,40 | 87,50 | 86,80 |
| MO ¹ | 92,68 | 93,04 | 91,35 | 92,90 | 93,16 |
| PB | 23,50 | 21,50 | 21,30 | 19,00 | 19,60 |
| PD ² | 14,23 | 12,99 | 12,83 | 11,43 | 11,75 |
| MM | 7,32 | 6,96 | 8,65 | 7,10 | 6,84 |
| FDN | 36,20 | 37,60 | 33,80 | 32,80 | 33,50 |
| FDA | 21,40 | 21,90 | 19,40 | 20,40 | 22,20 |
| Ca | 1,05 | 1,01 | 1,63 | 0,99 | 1,10 |
| P | 0,56 | 0,48 | 0,61 | 0,45 | 0,40 |
| EB ³ | 4541 | 4539 | 4388 | 4502 | 4483 |
| ED ⁴ | 2928 | 2860 | 3030 | 2968 | 3212 |
| REP ⁵ | 20,58 | 22,02 | 23,62 | 25,97 | 26,46 |

¹ MO = 100 – MM; ² Proteína Digestível (%) = PB (%) x (58,78 + 0,16 x Pco(%))/100 (Ferreira, 1990); ³ Energia Bruta = kcal/kg; ⁴ Energia Digestível kcal/kg = EB ing – EB excr. ⁵REP = Relação de kcal ED/g PD

2.1.4 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais dos ingredientes, rações, fezes e cecotrofos foram realizadas em duplicatas e são descritas a seguir:

- **Matéria pré-seca:** obtida em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas (fezes e cecotrofos) e posteriormente moída em peneira de 1 mm em moinho tipo Thomas Willey (ingredientes, rações, fezes e cecotrofos);

- **Matéria seca (MS):** obtida em estufa a 105°C, segundo A.O.A.C (1984), por 24 horas (ingredientes, rações, fezes e cecotrofos);
- **Proteína bruta (PB):** teor de proteína dos alimentos estimado a partir da porcentagem de N, pelo método de micro Kjeldahl, segundo A.O.A.C (1984) (ingredientes, rações, fezes e cecotrofos);
- **Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA):** determinadas pelo método sequencial descrito por Van Soest et al (1991), utilizando-se 100 µl de α-amilase termo estável (FDN em ingredientes, e FDN e FDA nas rações, fezes e cecotrofos).
- **Matéria mineral (MM):** determinada por incineração completa em mufla a 550⁰ C (ingredientes, rações, fezes e cecotrofos);
- **Cálcio e fósforo:** analisados por colorimetria, segundo Silva (1990) (rações);
- **Matéria orgânica:** calculadas pela fórmula: 100 – MM% na MS (rações, fezes e cecotrofos) e,
- **Energia bruta:** determinada em bomba calorimétrica adiabática Parr 1261.

2.1.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (níveis de polpa cítrica seca) e oito repetições. As variáveis de digestibilidade de MS, PB, FDN, FDA, MO e energia foram analisadas utilizando o procedimento GLM do SAS (1996), versão (6.12), e usando o seguinte modelo:

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

Em que:

μ = média geral;

T_i = efeito do teor de polpa cítrica (0, 8, 16, 24, 32)

e_{ij} = erro residual, assumido identicamente e aleatoriamente distribuído em uma distribuição normal com média μ e variância σ^2 .

O melhor modelo de regressão foi testado para os coeficientes de digestibilidade de todos os nutrientes em função do teor dietético de PCS. Foram avaliados modelos lineares e não lineares. O melhor modelo para cada variável foi aquele significativo e de maior coeficiente de determinação.

2.2 Experimento 2 – Coeficientes de digestibilidade aparente da polpa cítrica seca - método direto

2.2.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Minas Gerais. O período constou de sete dias de adaptação e quatro dias de controle de consumo da dieta experimental e colheita total de fezes. As médias de temperaturas mínimas e máximas registradas durante este período foram 21^o C e 29^o C, respectivamente, obtidas às 8:00 horas.

2.2.2 Animais e tratamentos

Utilizaram-se 10 animais da raça Nova Zelândia branca, com peso inicial de $1,5 \pm 0,14$ kg e 65 dias de idade, originários do Núcleo de Produção de Coelhos da Fazenda Experimental “Professor Hélio Barbosa” da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé (MG). Os procedimentos foram idênticos aos descritos no Experimento 1.

O tratamento consistiu de uma dieta com 99,23% de polpa cítrica seca, além de 0,77% de núcleo (T100) (Tabela 3). Os valores de digestibilidade dos nutrientes da PCS foram determinados diretamente (sem inclusão da dieta basal).

TABELA 3 – Composição química e energética da dieta com 99% de polpa cítrica seca (T100)

| Nutrientes | T100 |
|-----------------------------|-------|
| Matéria seca | 94,80 |
| Proteína bruta* | 8,90 |
| Fibra em detergente neutro* | 75,70 |
| Fibra em detergente ácido* | 33,10 |
| Energia bruta** | 4248 |
| Cálcio* | 0,77 |
| Fósforo* | 0,17 |

*Valores expressos com base na matéria seca**Valor expresso em kilocalorias por kg.

2.2.3 Dieta experimental

As matérias-primas (polpa cítrica seca, premix vitamínico-mineral e sal iodado) utilizadas, bem como todo o procedimento, foram os mesmos descritos no Experimento 1.

2.2.4 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais realizadas neste experimento estão descritas no Experimento 1.

2.3 Experimento 3 – Contribuição nutricional da cecotrofia a coelhos recebendo dietas utilizadas no método de substituição

2.3.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Minas Gerais. O período constou de onze dias de adaptação e controle do consumo das dietas experimentais e um dia de colheita de fezes moles. As médias de temperaturas mínimas e máximas registradas durante este período foram 16^o C e 27^o C, respectivamente, obtidas às 8:00 horas.

2.3.2 Animais, tratamentos e dietas experimentais

Utilizaram-se 36 animais da raça Nova Zelândia branca, com peso inicial médio de 1,4 ± 0,19 kg e 62 dias de idade, originários do Núcleo de Produção de Coelhos da Fazenda Experimental “Professor Hélio Barbosa”, da Escola de

Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé (MG). Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso e alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo, do tipo Carregal (Carregal, 1976). As rações experimentais foram oferecidas *ad libitum* diariamente, às 8:00 horas. Após o período de adaptação, um colar circular de madeira medindo 25 cm de diâmetro com um orifício central de 7 cm foi colocado em cada animal por 24 horas. Durante este período os cecotrofos foram coletados de 3 em 3 horas, acondicionados individualmente em sacos plásticos devidamente identificados, hermeticamente fechados e conservados a -10° C para posteriores análises químicas. O consumo de alimentos foi mensurado durante quatro dias (três de adaptação e um de colheita) e a produção de cecotrofos, no período de 24 horas de colheita. Com base nesses resultados foi calculada a composição dos cecotrofos em MS, MO, PB, FDA, FDN, MM e EB.

Os tratamentos e as dietas utilizados neste experimento foram os mesmos do Experimento 1.

2.3.3 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais deste experimento estão descritas no Experimento 1.

2.3.4 Análise estatística

Os dados de produção de cecotrofos ao longo do tempo foram analisados como medida repetida pelo procedimento MIXED do SAS (1996). A estrutura de covariância utilizada foi aquela com o maior valor para o critério de informação de Akaike. As estruturas de covariância consideradas foram:

simetria composta, auto regressiva de primeira ordem e não estruturada. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + H_j + T*H_{ij} + e_{ij}$$

em que:

μ = média geral;

T_i = efeito do teor de PCS (0, 8, 16, 24, 32);

H_j = efeito do horário de colheita (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24);

$T*H_{ij}$ = interação entre o teor de polpa e o horário da colheita;

e_{ij} = erro residual, assumido identicamente e aleatoriamente distribuído em uma distribuição normal com média μ e variância σ^2 .

O efeito de coelho dentro de tratamento foi utilizado como medida de erro para testar o efeito do teor de PCS.

Os dados de cada período de colheita foram comparados dentro de coelho.

Os dados de composição em MS, PB, MO, FDN, FDA e energia dos cecotrofos foram analisados utilizando o mesmo modelo do Experimento 1. A diferença entre as médias foi verificada utilizando o teste Tukey a 5% de significância.

2.4 Experimento 4 – Contribuição nutricional da cecotrofia a coelhos recebendo a dieta utilizada no método direto

2.4.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Minas Gerais. O período constou de onze dias de adaptação e controle do consumo das dietas experimentais e um dia de colheita de cecotrofos. As médias de temperaturas mínimas e máximas registradas durante este período foram 16^o C e 27^o C, respectivamente, obtidas às 8:00 horas.

2.4.2 Animais, tratamentos e dietas experimentais

Utilizaram-se 10 animais da raça Nova Zelândia branca, provenientes do Experimento 2. A ração utilizada, bem como os detalhes metodológicos, foram descritos naquele item.

2.4.3 Análises laboratoriais

Com exceção da proteína bruta, que foi analisada no equipamento Leco (EUA), modelo FP528, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG, foram realizadas as mesmas análises do Experimento 3. Devido à pequena quantidade de material colhetado, no experimento 4 foram efetuadas somente as análises de MS, MM e PB descritas no Experimento 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da polpa cítrica seca – método de substituição

O resultado do efeito da substituição da dieta basal por diferentes teores de polpa cítrica seca (PCS) sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas está descrito na Tabela 4.

TABELA 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (%), consumo de ração (gramas de matéria seca por dia) e excreção de fezes (gramas de matéria seca por dia) de coelhos recebendo dietas com 0, 8, 16, 24 e 32% de polpa cítrica seca.

| | T0 | T8 | T16 | T24 | T32 | EPM¹ | P² |
|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------------------|----------------------|
| MS | 64,01 | 62,70 | 67,84 | 65,77 | 71,31 | 2,73 | 0,0001 |
| MO | 64,36 | 59,95 | 64,85 | 63,16 | 69,24 | 2,90 | 0,0001 |
| PB | 80,31 | 78,09 | 80,35 | 76,10 | 80,36 | 3,08 | <0,05 |
| FDN | 26,05 | 24,90 | 28,86 | 22,15 | 34,34 | 6,01 | <0,005 |
| FDA | 26,50 | 19,50 | 30,50 | 26,21 | 38,17 | 2,62 | <0,0005 |
| EB | 64,51 | 63,02 | 68,39 | 65,92 | 71,65 | 2,79 | 0,0001 |
| Consumo | 78,11 | 75,14 | 75,70 | 75,56 | 60,10 | 3,74 | <0,05 |
| Excreção | 28,24 | 28,03 | 24,36 | 25,85 | 17,49 | 4,49 | <0,0005 |

¹Erro-padrão da média; ²Probabilidade para o efeito de tratamento.

Observou-se uma reduzida ingestão de MS em todos os tratamentos (73 g MS dia, em média) para animais com 52 dias de idade. Narranjo (2000) relatou consumo médio de 108 g MS dia trabalhando com animais de mesma

procedência e idade semelhante, dieta basal composta pelos mesmos ingredientes e teores de PCS bem similares aos adotados nesta investigação. Uma média de ingestão de ração de 80 g MS/dia para coelhos com 44 dias de idade foi relatada por Gidenne et al. (2001). Neste trabalho, a maior ingestão de alimentos foi relacionada ao mecanismo de regulação do consumo de energia digestível, que era a menor no nível mais elevado de lignina. Um consumo de 80 g MS/dia também foi obtido por Fraga et al (1991), embora a idade dos animais não tenha sido mencionada.

Carabaño et al. (1997) observaram menor consumo de MS em coelhos em crescimento à medida que o teor de polpa de beterraba da dieta aumentava. Contudo, as dietas com níveis elevados desse ingrediente foram também as que apresentaram os maiores conteúdos em energia digestível, resultando em diferenças não significativas entre os tratamentos. Igualmente, os animais que consumiram menor quantidade de ração foram aqueles que receberam a dieta com maior nível de PCS (32%) e também com maior conteúdo em energia digestível (3212 kcal/kg). Alguns autores, entretanto, reportam uma diminuição no tempo de retenção da digesta no ceco e aumento do consumo de alimentos quando subprodutos com teores elevados de substâncias pécicas foram utilizados (Fraga et al., 1991; Gidenne & Perez, 2000; Garcia et al., 2002). Porém, estes dados são conflitantes, pois alimentos ricos em pectinas são sabidamente responsáveis pela diminuição do trânsito digestivo e redução da ingestão de MS.

Entretanto, a digestibilidade dos nutrientes pareceu pouca afetada pelo baixo consumo de ração (Tabela 4). Os valores de digestibilidade de MS (65%, em média) estão bem próximos aos relatados por Narranjo (2000) (média de 64%), a qual observou um aumento linear da digestibilidade da MS com acréscimo do teor da PCS na dieta. Além disso, Perez et al. (1995 b) enfatizam que o uso da ingestão de alimentos como uma covariável em ensaios de

digestibilidade com coelhos representa pouca melhora na precisão do modelo estatístico.

Se por um lado os animais ingeriram menor quantidade de MS, por outro também ocorreu uma menor excreção (10% a menos que o relatado por Narranjo, 2000) (Figura 1). Este fato pode ter contribuído para que os valores de digestibilidade da MS observados na presente pesquisa não fossem muito discrepantes daqueles relatados por outros autores.

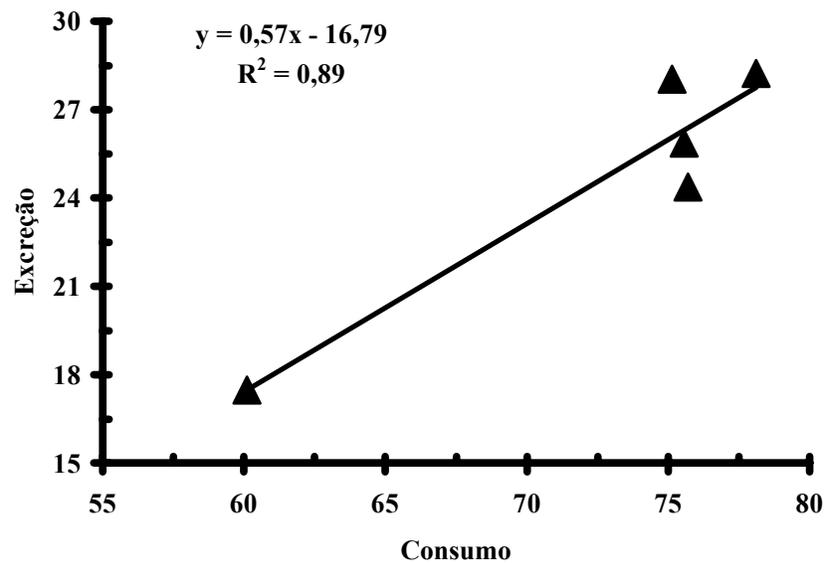


FIGURA 1 – Correlação entre consumo de MS (g/dia) e excreção de fezes (g de MS/dia) de animais recebendo dietas com diferentes teores de PCS.

Naranjo (2000) encontrou uma melhora na digestibilidade dos nutrientes de MS, MO, MM, FDN e FDA quando o teor de substituição da dieta basal pela PCS atingiu 40%. Alimentos como a PCS, que contêm elevados teores em substâncias pécicas, normalmente diminuem o tempo de trânsito da digesta no ceco. Gidenne et al. (2000) observaram que um maior tempo de retenção influenciou positivamente a digestibilidade da maior parte dos nutrientes, exceto para FDN e FDA.

Os valores de coeficiente de digestibilidade de FDN (27%, em média) e FDA (28%, em média) são inferiores aos relatados na literatura, independentemente do teor de inclusão de PCS. Naranjo (2000) observou uma digestibilidade média de FDN e de FDA de 44% quando teores mais elevados de PCS foram incluídos (30 e 40%). Carabaño et al. (1997) relataram valores de 48% para FDN e de 30% para FDA, utilizando 30% de polpa de beterraba. Gidenne & Perez (2000) observaram digestibilidades de 37% para FDN e 27% para FDA com a inclusão de 20%, concordando com os resultados de Gidenne & Jehl (1996).

O coeficiente de digestibilidade da energia (67% em média) de dietas contendo PCS foram superiores ao valor de 63%, utilizando dietas com 20% de polpa de beterraba (Gidenne & Perez, 2000), e bem próximos (69% em média) dos valores de Naranjo (2000).

O ajuste das equações de regressão, linear ou quadrática, apresentou valores bem reduzidos, independentemente da variável avaliada (Tabela 5). Efeito linear foi observado para a digestibilidade da MS, MO, PB, FDN, FDA e EB, verificando-se o aumento dos coeficientes de digestibilidade dessas variáveis com o acréscimo do teor de PCS.

TABELA 5 – Equações de regressão para estimativa da digestibilidade aparente (%) no trato digestivo total da MS, MO, FDN, FDA, EB a partir do teor dietético de polpa cítrica seca

| Variáveis | Intercepto | Teor de polpa | R ² | P | CD |
|-----------|------------|---------------|----------------|--------|-------|
| MS | 62,78 | 0,22 | 0,68 | <0,001 | 84,79 |
| MO | 65,20 | - 0,06 | 0,04 | <0,001 | 59,20 |
| PB | 14,56 | -0,15 | 0,92 | <0,05 | -0,73 |
| FDN | 24,49 | 0,17 | 0,22 | <0,05 | 41,49 |
| FDA | 22,17 | 0,38 | 0,48 | <0,05 | 60,17 |
| EB | 63,26 | 0,21 | 0,64 | <0,001 | 84,26 |

R²= coeficiente de determinação; P= probabilidade; CD= coeficiente de digestibilidade dos nutrientes com teor de PCS extrapolado a 100%

O coeficiente de digestibilidade da PB apresentou valores próximos a zero quando extrapolado a 100%. Martinez et al. (2002) enfatizam que o valor de proteína digestível não deve ser levado em conta quando um ingrediente pobre neste nutriente for incorporada a uma dieta. Garcia et al (1996), ao testarem duas metodologias de avaliação de alimentos em dietas com três subprodutos fibrosos, sugerem que tanto o método de extrapolação como o de diferença são falhos na estimativa da digestibilidade da proteína de alimentos com baixo conteúdo protéico. Embora no presente experimento os valores de REP (relação de kcal de energia digestível por gramas de proteína digestível) tenham estado dentro dos limites recomendados por Ferreira (1990), evitando um excesso de proteína, observaram-se níveis bem elevados desse nutriente nas dietas experimentais, mesmo no nível mais alto de inclusão de PCS (19,60% PB).

Os valores extrapolados a 100% de substituição de PCS serão discutidos no item 3.2.

3.2 Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da polpa cítrica seca pelo método direto. Comparação entre os métodos.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da PCS obtidos pelo método direto foram diferentes daqueles extrapolados a 100% de substituição (Tabela 6). As digestibilidades da MS (73,79%) e da EB (73,17%) foram menores para o método direto; entretanto, comportamento inverso foi observado para as frações fibrosas (FDN e FDA).

TABELA 6 – Comparação entre os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes da polpa cítrica seca obtidos pelos método direto e de substituição

| | Coeficientes de digestibilidade (%) | |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Método direto | Método de substituição ² |
| Matéria seca | 73,79 | 84,79 |
| Proteína bruta | 58,94 | -0,73 |
| Fibra em detergente neutro | 85,16 | 41,49 |
| Fibra em detergente ácido | 81,37 | 60,17 |
| Energia bruta | 73,17 | 84,26 |

² valores obtidos no experimento e extrapolados a 100% de PCS na dieta.

A maior diferença foi observada no valor do coeficiente de digestibilidade da proteína. O método direto superestimou o valor de digestibilidade desse nutriente em quase 60%, quando comparado com a extrapolação a 100% de substituição de PCS. Esse ingrediente possuiu um teor em proteína bruta muito reduzido e é provável que contribua muito pouco quando incluído na dieta.

A baixa ingestão observada no método direto (28,13 g MS/dia \pm 4,96) pode ter sido o principal fator da discrepância entre os valores dos dois métodos. O baixo consumo de polpa de algaroba (58 g MS/dia) também foi observado por Martinez et al. (2002), utilizando animais com 42 dias de idade e o método direto de avaliação de alimentos. Villamide et al. (2000) também relataram valor de ED da polpa de uva, obtido pelo método direto, significativamente maior ($P < 0,05$) que aquele estimado por substituição. Segundo os autores, valores nutricionais de ingredientes determinados diretamente parecem estar inversamente relacionados à ingestão de alimento. Além disso, ocorreu uma enorme variabilidade entre os animais em todos os coeficientes de digestibilidades.

Aplicando os valores de CD extrapolados a 100% de substituição de PCS (Tabela 6 e Figura 2) aos valores de MS (88,33%), PB (8,20%), FDN (75,70%), FDA (33,10%) e EB (4248 kcal de EB/kg) obtidos na análise da PCS utilizada nos experimentos, o resultado foi: 74,89g de MS digestível, 0g de proteína digestível, 31,41g de FDN digestível, 19,92g de FDA digestível e 3579,35 kcal de energia digestível por kg de MS. O valor de energia digestível do presente trabalho foi um maior do que o relatado por Naranjo (2000) (3100 kcal/ kg de MS, em média).

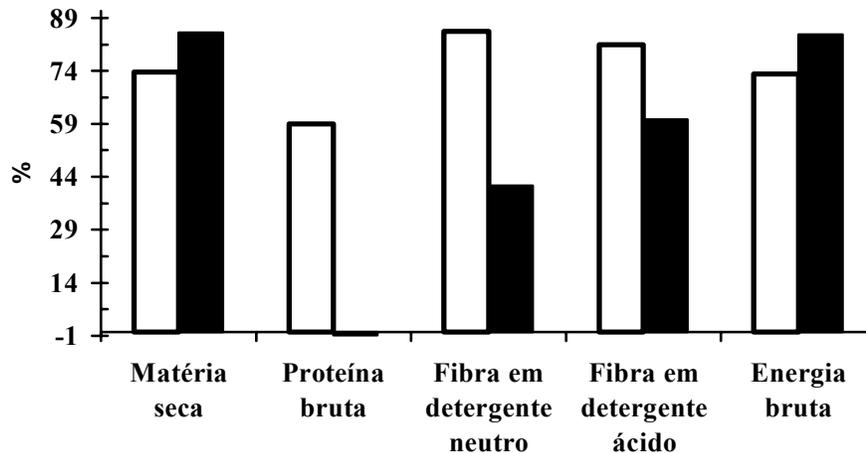


FIGURA 2 - Valores de coeficiente de digestibilidade(%) dos nutrientes da polpa cítrica seca obtidos pelo método direto () e pelo método de substituição (■).

3.3 Contribuição nutritiva da cecotrofia a coelhos recebendo dietas com diferentes teores de polpa cítrica seca – método de substituição

Não foi observado efeito de diferentes teores de polpa cítrica na dieta sobre a composição de MS, PB e MO dos cecotrofos (Tabela 7). A alta variabilidade no conteúdo de MS (EPM = 17,25), observada no presente ensaio pode ter influenciado os resultados. Esses relatos concordam com aqueles descritos por Narranjo (2000), em que as médias de MS, PB e MM foram 31,9; 29,3; 8,5, respectivamente, utilizando a mesma dieta basal, mas com outros teores de PCS que não os adotados no presente experimento. A conclusão distinta chegou Gomes (1996), que observou um efeito significativo do tipo de dieta sobre a composição dos cecotrofos. Esse autor relata que animais que

receberam dietas com fontes de fibra menos lignificadas excretaram cecotrofos com maior conteúdo em MS. Em ambos os experimentos, os valores de CV são mais reduzidos que os relatados na presente pesquisa. Fraga et al. (1991) observaram que o tipo de dieta afetou significativamente a concentração de MS dos cecotrofos, ou seja, os valores mais baixos foram obtidos com dietas contendo feno de alfafa, polpas cítrica e de beterraba (32,6%, em média).

TABELA 7 – Composição dos cecotrofos em coelhos consumindo dietas com diferentes teores de polpa cítrica 0 (T0), 8 (T8), 16 (T16), 24 (T24) ou 32 (T32). Valores expressos com % da matéria seca, exceto matéria seca expresso como % da matéria natural e energia bruta expressa com kilocalorias por kg.(Experimento 2)

| | T0 | T8 | T16 | T24 | T32 | EPM ¹ | P ² |
|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------|----------------|
| MS | 34,42 | 25,09 | 26,61 | 36,00 | 30,36 | 17,25 | 0,71 |
| PB | 21,20 | 20,70 | 20,70 | 22,90 | 23,10 | 2,05 | 0,84 |
| MO | 86,94 | 87,13 | 87,26 | 88,22 | 86,86 | 1,94 | 0,70 |
| FDN | 29,77 ^{ab} | 27,87 ^b | 29,36 ^{ab} | 32,15 ^{ab} | 35,15 ^a | 4,17 | <0,05 |
| FDA | 16,91 ^{ab} | 16,23 ^{ab} | 15,15 ^b | 18,78 ^{ab} | 21,88 ^a | 4,17 | <0,05 |
| EB | 4387,15 ^{ab} | 4403,85 ^{ab} | 4216,06 ^b | 4483,47 ^a | 4309,23 ^{ab} | 150,07 | <0,05 |

¹Erro-padrão da média; ²Probabilidade para o efeito de tratamento; Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Os valores de PB nos cecotrofos (22%, em média) foram inferiores aos encontrados na literatura (25%, em média) (Gomes, 1996; Garcia et al., 2000; Narranjo, 2000). Entretanto, a porcentagem de FDN, FDA, assim como a energia bruta foram afetadas significativamente pela composição das dietas (Tabela 7). Os tratamentos com os teores de PCS mais elevados produziram cecotrofos com maiores conteúdos desses componentes. A formação dos

cecotrofos no colo proximal é resultado, principalmente, de uma separação mecânica, em que o material grosseiro e também mais digestível retorna ao ceco. Para a peletização das dietas experimentais, a moagem de todos os ingredientes foi necessária. Esta prática e o alto conteúdo de fibra digestível na PCS podem ter contribuído para o aumento de fibra no ceco e, conseqüentemente, de cecotrofos. Contudo, Lambertini et al. (2000) não observaram aumento na digestibilidade da FDN, e nem da FDA, quando os ingredientes foram finamente moídos (2,5 mm).

Também Garcia et al. (2000) observaram que o aumento das substâncias pécicas e partículas finas das dietas, e também a diminuição do grau de lignificação, influenciam de maneira significativa a excreção e composição química dos cecotrofos. Esses autores observaram que animais que receberam dietas com 47,2% FDN apresentaram um conteúdo de 52,5% dessa fração fibrosa nos cecotrofos, enquanto os que receberam 28,5% excretaram 41,3%. Entretanto, De Blas (1998) comenta que o nível de fibra nos cecotrofos é pouco afetado pelo nível de fibra da dieta.

A excreção de cecotrofos depende do consumo de matéria seca e do tipo da dieta por estar relacionada à quantidade de substrato fermentado no ceco (De Blas et al., 2002).

A produção de cecotrofos (14 g MS/dia, em média) observada no presente ensaio (Tabelas 8 e 9) é próxima aos valores relatados por Naranjo (2000) (16 g MS/dia) e Ferreira (1990) (17,5 g MS/dia) e inferior aos encontrados por Gomes (1996) (19 g MS/dia) e Gidenne & Lebas (20 g MS/dia), provavelmente devido ao baixo consumo de alimentos. A produção de fezes moles varia com a idade, estado fisiológico, dieta e método de colheita (Fraga, 1998). De acordo com esse autor, os valores podem variar de 15 a 30 g MS/ dia.

TABELA 8 – Consumo médio de ração e proteína (g MS/dia) em um dia, produção de cecotrofos, excreção de proteína bruta nos cecotrofos (g MS/dia) e as contribuições de matéria seca (MSc) e proteína bruta (PBcc) pelos cecotrofos (%) em dietas com diferentes níveis de polpa cítrica seca.

| Variáveis | T0 (n=7) | T8 (n=7) | T16 (n=8) | T24 (n=7) | T32 (n=7) | EPM ¹ | P ² |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------|
| Consumo de ração | 50,12 | 69,75 | 50,85 | 53,85 | 47,00 | 15,78 | 0,86 |
| Consumo de PB | 11,78 | 15,00 | 10,83 | 10,23 | 9,21 | 3,38 | 0,79 |
| Produção de cecotrofos | 13,00 | 18,64 | 14,34 | 23,27 | 15,44 | 5,74 | 0,73 |
| MSc ³ | 24,17 | 21,73 | 16,04 | 33,00 | 24,38 | 5,36 | 0,31 |
| PB excretada nos cecotrofos | 2,80 | 3,95 | 2,59 | 5,29 | 3,53 | 1,14 | 0,50 |
| PBcc ³ | 21,89 ^{ab} | 21,23 ^{ab} | 14,73 ^b | 36,39 ^a | 27,41 ^{ab} | 4,68 | 0,05 |

¹Erro-padrão da média; ²Probabilidade; ³Consumo diário do nutriente nos cecotrofos/consumo diário do nutriente na ração + consumo diário do nutriente nos cecotrofos x 100. Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

TABELA 9 – Consumo médio de ração e proteína (g MS/dia) em quatro dias, produção de cecotrofos, excreção de proteína bruta nos cecotrofos (g MS/dia) e as contribuições de matéria seca (MSc) e proteína bruta (PBcc) pelos cecotrofos (%) em dietas com diferentes níveis de polpa cítrica seca.

| Variáveis | T0 (n=7) | T8 (n=7) | T16 (n=8) | T24 (n=7) | T32 (n=7) | EPM ¹ | P ² |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------|
| Consumo de ração | 112,31 ^{ab} | 107,78 ^{ab} | 114,13 ^a | 85,01 ^{ab} | 67,89 ^b | 10,43 | <0,05 |
| Consumo de PB | 26,39 ^a | 23,17 ^{ab} | 24,31 ^{ab} | 16,15 ^{ab} | 13,31 ^b | 2,17 | <0,005 |
| Produção de cecotrofos | 13,00 | 18,64 | 14,34 | 23,27 | 15,44 | 5,74 | 0,73 |
| MSc (%) ³ | 9,91 | 13,56 | 9,74 | 21,77 | 18,07 | 3,9 | 0,18 |
| PB excretada nos cecotrofos | 2,80 | 3,95 | 2,59 | 5,29 | 3,53 | 1,14 | 0,50 |
| PBcc (%) ³ | 9,09 ^b | 13,32 ^{ab} | 8,75 ^b | 24,44 ^a | 20,21 ^{ab} | 4,09 | <0,05 |

¹Erro-padrão da média; ²Probabilidade; ³Consumo diário do nutriente nos cecotrofos/consumo diário do nutriente na ração + consumo diário do nutriente nos cecotrofos x 100. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

O pouco esclarecimento sobre os cálculos adotados nos experimentos revisados enfatiza a necessidade de padronização das técnicas ligadas a esse tipo de ensaio. Sendo assim, no presente experimento, a contribuição nutritiva dos nutrientes presentes nos cecotrofos aos animais que receberam dietas com diferentes teores de PCS foi calculada de duas maneiras. As porcentagens da contribuição de MS e de PB foram significativamente maiores quando o cálculo de consumo de ração foi efetuado com o valor de um dia (Tabelas 8 e 9). Entretanto, é provável que isto não reflita a realidade devido à dificuldade em afirmar que os cecotrofos colhidos sejam compostos apenas do alimento consumido no dia em que o colar é colocado nos animais. Além disso, no presente experimento, observou-se uma redução no consumo de ração em todos os tratamentos devido ao estresse causado nos animais quando o colar foi colocado (80%, em média). Este tipo de comportamento foi relatado por Carabaño (1998) e pode interferir nos resultados. É importante salientar que, por ser um cálculo matemático, a contribuição relativa de nutrientes dos cecotrofos para os animais será maior quanto menor for o consumo de alimentos. Este fato pode ser constatado ao se compararem as tabelas 8 e 9 (Figura 3). Quando o cálculo foi efetuado com o consumo de um dia (no dia que o colar foi colocado), a importância relativa da contribuição de MS e PB aumentou.

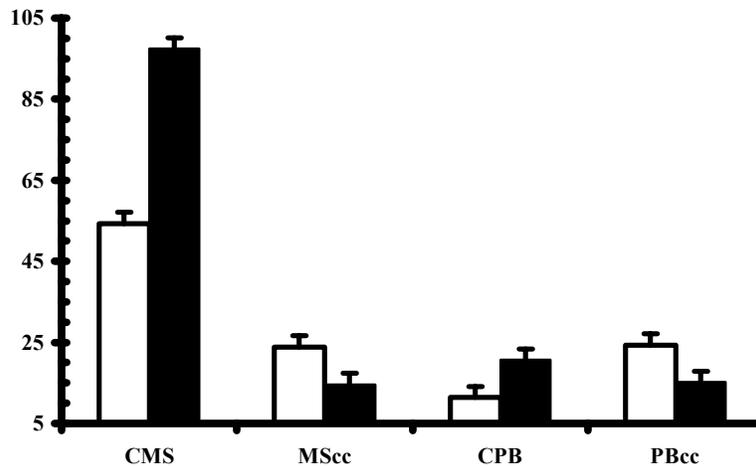


FIGURA 3 - Cálculo da contribuição nutritiva da MS e PB utilizando consumo de um dia (□) e de quatro dias (■)

A proteína reciclada por meio da cecotrofia representa de 15 a 22% do total de ingestão diária de proteína (Carabaño & Piquer, 1998). Sendo assim, os valores de contribuição de PB aos animais recebendo dietas com PCS, utilizando tanto o cálculo médio de quatro dias como de um dia, estariam fora desse limite (14 e 24 %, respectivamente). Os valores de 21 e 24%, respectivamente, relatados por Narranjo (2000) e Gomes (1996), levam ao cálculo efetuado com o registro do consumo de alimentos no dia que o colar foi colocado.

O valor de PB (11,6%) relatado por Fraga et al. (1991) utilizando uma dieta com 51% de polpa cítrica é inferior aos valores de 24,38% (Tabela 8) e de 18,07% (Tabela 9) com teor de 32% de PCS na deita. Esses autores adotaram o cálculo do consumo médio de 3 dias, além do colar permanecer nos animais por um período de 72 horas. Essas diferenças de metodologias podem influenciar os resultados e dificultar as comparações.

A figura 4 ilustra a excreção de cecotrofos durante um período de 24 horas. Independentemente do teor de PCS da dieta, observou-se nos animais um comportamento difásico, ou seja, dois picos de produção de cecotrofos. O período de 9 a 12 horas, correspondendo a 4 horas após a alimentação, é o mais relatado na literatura.

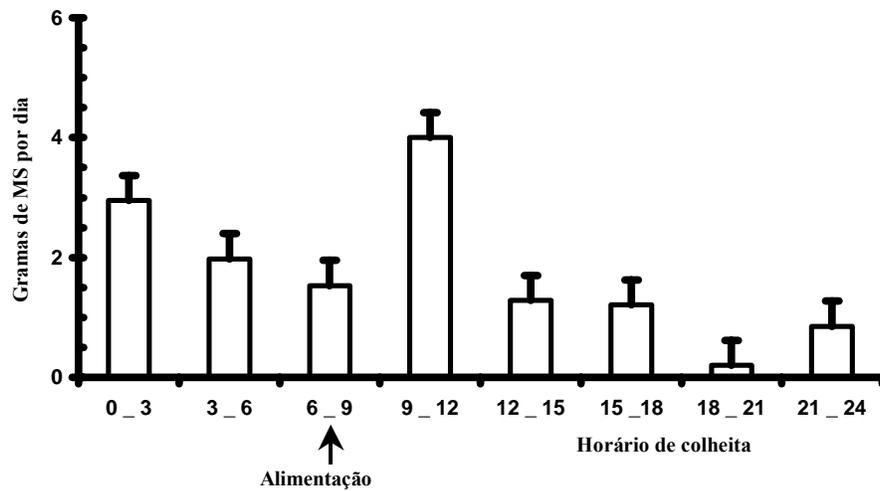


FIGURA 4. Produção de cecotrofos (g MS por dia) em animais recebendo dietas com polpa cítrica seca ao longo de 24 horas.

Segundo Carabaño & Piquer (1998), a excreção de fezes moles segue um ritmo circadiano oposto ao consumo de alimentos e a excreção de fezes duras. Assim, enquanto a cecotrofia é desempenhada nos períodos de luz, o consumo de ração e a excreção de fezes duras ocorrem no período de escuridão. O segundo período de produção de cecotrofos foi observado de 0 a 3 horas da manhã em todos os animais que receberam dietas com teores diferentes de PCS.

Apesar de não ser muito comum, dois períodos de excreção de fezes moles podem ocorrer quando houver redução no período de luminosidade (Carabaño & Piquer, 1998). Entretanto, é provável que no presente experimento, a imaturidade dos animais (52 dias) tenha sido a maior causa do surgimento de duas fases de excreção de cecotrofos, pois a literatura relata um máximo de produção de cecotrofos como consequência de um maior consumo de alimentos quando os animais estão com 63 a 77 dias de idade (Carabaño & Piquer, 1998).

3.4 Experimento 4 – Contribuição nutricional da cecotrofia a coelhos recebendo dieta com 99% de polpa cítrica seca – comparação entre métodos

A composição química dos cecotrofos de animais que receberam dietas com 100% de PCS está descrita na Tabela 10. Comparando aos resultados do experimento 3, observa-se que os teores em MS e MO são inferiores aos observados com 32% de PCS (Tabela 7) e aos relatados por Naranjo (2000) (30,15% e 86,31%), com substituição de 40% de PCS na dieta.

TABELA 10 – Composição química dos cecotrofos de coelhos recebendo dieta contendo 99% de polpa cítrica seca.

| Nutriente | (%) |
|-------------------|------------|
| Matéria seca | 27,86 |
| Matéria orgânica* | 72,14 |
| Proteína bruta* | 25,87 |

* Valores expressos na matéria seca

A diferença entre os teores de proteína bruta da dieta com 100% de PCS (8,90%) e as dietas contendo diferentes teores de PCS (20,35%, em média) foi acentuada, entretanto a diferença entre os valores de PB nos cecotrofos (25,87 x 21,85%) não foi. Além disso, a quantidade de proteína ingerida (4,01g) por animais recebendo dietas com 100% de PCS não foi muito diferente daquela dos animais que receberam dietas até 32% de substituição (3,84 g, em média). Este fato ressalta a importância da cecotrofia no fornecimento de proteína ao animal, principalmente em dietas constituídas por proteína de baixa qualidade (Carabaño & Piquer, 1998). Entretanto, esses autores frisam que esse adicional pode ser insuficiente quando os animais são criados em condições intensivas.

Assim como observado no experimento 3, a metodologia adotada para o cálculo do consumo médio afetou os valores de contribuição de MS e PB (Tabela 11).

TABELA 11 – Consumo de ração (g MS/dia), proteína bruta (g MS/dia), produção de cecotrofos (g MS/dia) e contribuição relativa de princípios nutritivos pelos cecotrofos (%)

| Variáveis | Consumo 1 dia | Consumo 4 dias | EPM ¹ | P ² |
|--|--------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Consumo de MS | 27,51 | 28,12 | 1,90 | 0,82 |
| Consumo de PB | 2,46 | 2,50 | 0,17 | 0,87 |
| Produção de cecotrofos | 15,51 | 15,51 | | |
| Contribuição de MS pelos cecotrofos ³ | 33,84 ^b | 48,01 ^a | 3,30 | <0,01 |
| PB excretada | 3,81 | 3,81 | | |
| Contribuição de PB pelos cecotrofos ³ | 57,06 | 56,91 | 5,40 | 0,98 |

¹Erro-padrão da média; ²Probabilidade; ³Consumo diário do nutriente nos cecotrofos/consumo diário do nutriente na ração + consumo diário do nutriente nos cecotrofos x 100. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma linha diferem significativamente pelo teste de F ($P<0,05$).

Os valores de contribuição de PB de 64,26 e 70,60% são extremamente elevados quando comparados aos 13,16% (Tabela 8) e 27,41% (Tabela 9), com a inclusão de 32% de PCS na dieta, e sofrem uma grande influência do baixo consumo da dieta contendo 100% de PCS. Segundo Fraga (1998), a contribuição das fezes moles ao total de ingestão de PB pode variar de acordo com a composição química da dieta e, principalmente, com a composição dos ingredientes das dietas, de 10 a 28%. Os maiores valores estão associados a dietas com baixa digestibilidade e alta proporção de nitrogênio sendo fornecidas por forragens ou por subprodutos de baixa digestibilidade.

4 CONCLUSÕES

De acordo com as condições desse experimento, os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

- Os métodos de substituição e direto originaram valores diferentes de coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da polpa cítrica seca;
- Devido ao baixo consumo de matéria seca, o método direto não é indicado para a avaliação da polpa cítrica seca;
- O tipo de dieta não afetou a produção de matéria seca dos cecotrofos;
- A falta de padronização da metodologia de cálculo de consumo médio de matéria seca dificultou a comparação dos valores de contribuição de matéria seca e proteína bruta obtidos nos experimentos de cecotrofia;
- Consumo médio de ração em quatro dias foi menos influenciado pelo estresse dos animais que aquele mensurado no dia de colocação do colar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADERIBIGBE, A. O.; CHEEKE, P. R. Comparison of *in vitro* digestion of feed ingredients by rabbit cecal and bovine rumen fluids. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 41, n. 4, p. 329-339, May 1993.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 14. ed. Wshington, 1984. 1141 p.

CARABAÑO, R.; MERINO, J. M. Effect of ileal cannulation on feed intake, soft and hard excretion throughout the day in rabbits. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 6., 1996, Toulouse. **Proceedings...** Toulouse, 1996. p. 121-126.

CARABAÑO, R ; PÍQUER, J. The digestive system of the rabbit. In: **The nutrition of the rabbit**. CABI Publishing, 1998. p. 1-16.

CARABAÑO, R et al. Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 65, p. 249-256, 1997.

CARREGAL, R. D. **Efeito da idade e de diferentes níveis de fibra bruta sobre a digestibilidade de nutrientes de rações para coelhos em crescimento**. 1976. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHEEKE, P. R. **Rabbit feeding and nutrition**. Oregon: Academic Press, 1987. 380 p.

De BLAS, J. C.; GARCÍA, J.; CARABAÑO, R. Avances en nutrición de conejos. In: **SIMPOSIUM DE CUNICULTURA**, 27., 2002, Reus. **Anais...** Reus, 2002. p. 83-91.

De BLAS, C.; MATEOS, G. G. Feed Formulation. In: **The nutrition of the rabbit**, CABI Publishing, 1998. p. 241-253

De BLAS, C.; VILLAMIDE, M. J. Nutritive value of beet and citrus pulps for rabbits. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 31, n. 3-4, p. 239-246, Dec. 1990

FERREIRA, W. M. **Efecto de la substitucion parcial de heno de alfafa por orujo de uva o pulpa de remolacha sobre utilizacion de la dieta y los rendimientos productivos en conejos en crecimiento**. 1990. 251 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Polit cnica de Madrid, Madrid.

FRAGA, M. J. Protein digestion. In: **The nutrition of the rabbit**. CABI Publishing, 1998. p. 39-53.

FRAGA, M. J.; AYALA, P P.; CARABAÑO, R.; DE BLAS, J. C. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, n. 4, p. 1566-1574, Apr. 1991.

GARCIA, J.; VILLAMIDE, M. J.; De BLAS, J. C. Energy, protein and fibre digestibility of sunflower hulls, olive leaves and NaOH-treated barley straw for rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 4, n. 4, p. 205-209, 1996.

GARCIA, J. et al. Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, n. 3, p. 638-646, Mar. 2000.

GARCIA, J. et al. Effect of inclusion of defatted grape seed and meal in the diet on digestion and performance of growing rabbits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, n. 1, p. 162-170, Jan. 2002.

GIDENNE, T. Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 73-88, Nov. 1997.

GIDENNE, T.; ARVEUX, P.; MADEC, O. The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performance and health of growing rabbit. **Animal Science**, London, v. 73, n. 1, p. 97-104, Aug. 2001.

GIDENNE, T.; BELLIER, R.; Van EYS, J. Effect of dietary fibre origin on the digestion and on the caecal fermentation pattern of the growing rabbit. **Animal Science**, London, v. 66, n. 2, p. 509-517, Apr. 1998.

GIDENNE, T.; JEHL, N. Replacement of starch by digestible fibre in the feed for the growing rabbit. 1. Consequences for digestibility and rate of passage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 61, n. 1/4, p. 183-192, Sept. 1996

GIDENNE, T.; LEBAS, F. Estimation quantitative de la caecotrophie chez le lapin en croissance: variations en fonction de l'âge. **Annales de Zootechnie**, Paris, v. 36, n. 3, p. 225-236, 1987.

GIDENNE, T.; PEREZ, J. M. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. I. Effects on digestion, rate of passage and retention of nutrients. **Annales de Zootechnie**, Paris, v. 49, n. 4, p. 357-377, July./Aug. 2000.

GIDENNE, T.; PINHEIRO, V.; FALCÃO e CUNHA, L. A comprehensive approach of the rabbit digestion: consequences of a reduction in dietary fibre supply. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 64, n. 2/3, p. 225-237, June 2000.

GOMES, A. V. C. **Avaliação nutricional de diferentes fontes de fibra em coelhos**. 1996. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

LAMBERTINI, L. et al. Effect of different feed grinding fineness on the performances and digestive efficiency of growing rabbits. **Annales de Zootechnie**, Paris, v. 49, n. 2, p. 141-150, Mar./Ap. 2000.

LANG, J. The nutrition of the commercial rabbit. Part 1. Physiology, digestibility and nutrient requirement. **Nutrition Abstract Review Serie B**, Farnham Royal, v. 51, n. 4, p. 197-225, Apr. 1981.

MARTÍNEZ et al. Valoración nutritiva de diversos subproductos para conejos. In: SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27., 2002, Reus. **Anais...** Reus, 2002. p. 129-133.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, N. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable feed ingredients for chickens.** Connecticut: University of Connecticut, 1965. p. 3-11 Research Report.

MÉNDEZ, J.; De BLAS, J. C.; FRAGA, M. J. The effects of diet and remating interval after parturition on the reproductive performance of the commercial rabbit. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 62, n. 6, p. 1624, June 1986.

NARRANJO, A. P. **Avaliação nutricional de dietas com polpa cítrica seca para coelhos em crescimento.** 2000. 36 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ceres, 1981. 421 p.

PEREZ, J. M.; LEBAS, F.; GIDENNE, T.; MAESTENS, L.; XICCATO, G.; PARIGI-BINI, R.; DALLE ZOTTE, A. COSSU, M. E. et al. European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 3, n. 1, p. 41-43, 1995a.

PEREZ, J. M.; CERVERA, C.; FALCÃO E CUNHA, L.; MAERTENS, L.; VILLAMIDE, M. J.; XICCATO, G. European ring-test on *in vivo* determination of digestibility in rabbits: reproductibility of a reference method in comparison with domestic laboratory procedures. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 3, n. 4, p. 171-178, 1995b.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide.** Statistical edition. Cary: SAS Institute, 1996. 754 p.

SCHNEIDER, B. H.; FLATT, W. P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments.** Athens: the University of Georgia Press, 1975. 423 p.

SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa: UFV, 1990. 166 p.

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. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.

VILLAMIDE, M. J. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 211-223, Feb. 1996.

VILLAMIDE, M. J. et al. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 9, n. 1, p. 19-25, 2001.

VILLAMIDE, M. J.; FRAGA, M. J.; De BLAS, C. Effect of type of basal diet and rate of inclusion on the evaluation of protein concentrates with rabbits. **Animal Production**, Pencaitland, v. 52, n. 1, p. 215-224, Feb. 1991.

VILLAMIDE, M. J. et al. Comparison among methods of nutrition evaluation of fibrous ingredients. In: WORLD RABBIT CONGRESS, 7., 2000, Valence. **Proceedings...** Valence: Nutrition and Digestive Physiology, 2000. p. 475-482

VILLAMIDE, M. J.; MAERTENS, L.; De BLAS, C.; PEREZ, J. M. Feed evaluation. In: **The nutrition of the rabbit**. CABI Publishing, 1998. p. 89-101.

WISEMAN, J. et al. Prediction of the digestible energy and digestibility of gross of feed for rabbits. 1. Individual classes of feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 1/2, p. 27-38, Feb. 1992.

CAPÍTULO III

LIGNINA ISOLADA DO *EUCALYPTUS GRANDIS* COMO INDICADOR EM EXPERIMENTOS DE DIGESTIBILIDADE COM COELHOS

RESUMO

PEREIRA, Renata Apocalypse Nogueira. Lignina isolada do *Eucalyptus grandis* como indicador em experimentos de digestibilidade com coelhos. In: **___ Estratégias de avaliação nutricional da polpa cítrica seca em dietas para coelhos em crescimento.** Lavras: UFLA, 2003, p.31-95. Tese (Doutorado em Nutrição de Não Ruminantes) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Com o objetivo de testar a lignina isolada do *Eucalyptus grandis* como indicador externo, um experimento com 36 coelhos foi conduzido no Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da UFLA, MG. A dieta referência foi formulada para atender às necessidades nutricionais de animais em crescimento e substituída isometricamente por um dos cinco níveis de polpa cítrica seca – PCS – (0, 8, 16, 24 e 32%). Um nível de 0,77% de premix vitamínico-mineral e sal iodado foi adicionado em todas as dietas, evitando-se possíveis deficiências nos níveis mais elevados de substituição. A lignina isolada do *Eucalyptus grandis* foi purificada no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. Durante quatro dias, os animais receberam, por via oral, um ml de de solução contendo esse material. No Departamento de Química da UFMG, utilizando o espectrofotômetro infravermelho, foram efetuadas as leituras das ligninas presentes nas fezes e nos ingredientes das rações experimentais. A produção fecal em matéria seca (MS) e o coeficiente de digestibilidade (CD) da MS utilizando a lignina foram obtidos por meio de uma fórmula e comparados aos da colheita total de fezes. O uso da lignina como indicador resultou em valores semelhantes aos da colheita total, exceto para a dieta com 24% de PCS, na qual os valores de produção fecal foram superestimados com o uso desse indicador. Diferenças significativas foram detectadas para os valores de CD da MS. Nos valores mais elevados de inclusão (16, 24 e 32%), o uso de lignina purificada subestimou os valores quando comparado aos valores do método de colheita total. A lignina purificada do *Eucalyptus grandis* foi eficiente como indicador externo em dietas para coelhos em crescimento utilizando níveis reduzidos de PCS (0 e 8%).

* Comitê Orientador: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Orientador) e Walter Motta Ferreira-UFMG.

ABSTRACT

PEREIRA, Renata Apocalypse Nogueira. Lignin from *Eucalyptus grandis* as external indicator of apparent digestibility in growing rabbits. **In: ___ Strategies of nutritional evaluation of dried citrus pulp diets to growing fattening rabbits.** Lavras: UFLA, 2003, p.31-95. (Doctorate Program in Animal Science)*.

One experiment using lignin from *Eucalyptus grandis* as external indicator in dried citrus pulp diets (DCP) was carried out in Rabbit Division from Animal Science Department at UFLA. The reference diet was formulated to meet the nutritional requirements of growing rabbits and was isometrically substituted by one of five substitution rates (0, 8, 16, 24 or 32%) of dried citrus pulp - PCS. A level of 0.77% of vitamin-mineral premix and salt iodine was added to all diets, avoiding possible deficiency in highest levels of substitution. The lignin isolated from *Eucalyptus grandis* was purified in the Animal Nutrition Laboratory of Animal Science Department in the Veterinary School at UFMG. During four days the animals received orally one ml of solution containing this material. In the Chemistry Department at UFMG using the infrared spectrophotometer were done the measures of lignin present in the feces and in the ingredients in the experimental ratios. The dried matter fecal production (DM) and the digestibility coefficient (CD) of DM using lignin were obtained by formulae and compared to the total feces collection. The lignin use as indicator resulted in similar values of total collection, except for the diet with 24% of PCS in which the values of fecal production were overestimated with the use of this indicator. Significant differences were detected for the CD and DM values. In the highest levels inclusion (16, 24 and 32%), the use of purified lignin underestimated the values when compared to total collection method values. The purified lignin from *Eucalyptus grandis* was efficient as external indicator in diet for growing rabbits using reduced levels of PCS (0 and 8%).

* Guidance committee: Antônio Gilberto Bertechini - UFLA (Adviser) and Walter Motta Ferreira .

1 INTRODUÇÃO

Indicador é o termo utilizado para denominar o material utilizado na estimativa qualitativa ou quantitativa de fenômenos fisiológicos ou nutricionais. Um indicador, portanto, é uma referência, um composto usado como monitor químico (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) de aspectos da digestão e/ou de metabólitos (Owens & Hanson, 1992). São extremamente úteis no estudo das taxas de passagem de líquidos e sólidos, de consumo voluntário, de produção fecal e de digestibilidade de alimentos em animais em pastejo ou confinado. Apesar de a colheita total de fezes em experimento de digestibilidade de alimentos com coelhos não ser de difícil obtenção (Gidenne & Poncet, 1985), a utilização de indicadores é essencial nos estudos de taxa de passagem, fluxo e comportamento do alimento em diferentes partes do trato gastro intestinal.

Os indicadores podem ser classificados em três tipos: internos, compostos indigestíveis presentes naturalmente no alimento (lignina, por exemplo), os obtidos matematicamente (nitrogênio fecal) e os externos. Doses constantes de indicadores, utilizadas em ensaios de digestibilidade, ou doses em intervalos definidos, para medidas de taxa de passagem e fluxo da digesta, são os meios mais comuns de utilização dos indicadores externos (Van Soest et al., 1991).

Não ser absorvível nem digestível, não modificar o comportamento normal dos demais nutrientes, não provocar efeitos tóxicos para o animal, passar de maneira uniforme pelo trato digestório, ser facilmente analisado, além de permanecer ligado à parte da digesta que será estudada (sólida ou líquida) são alguns dos requisitos importantes para a escolha e utilização do indicador (Saliba, 1998). Úden et al. (1980) observaram, em um estudo de comparação da taxa de passagem em várias espécies, que as maiores perdas dos indicadores de

fase líquida, através da urina, ocorreram em coelhos. Gidenne & Lapanouse (1997) verificaram a influência da cecotrofia sobre a excreção fecal do indicador. As medidas foram mais precisas quando o indicador foi administrado no início do período de cecotrofia.

São escassos os trabalhos brasileiros sobre o uso de indicador em dietas para coelhos. Gomes (1996) verificou o efeito da fonte de fibra sobre a digestibilidade ileal utilizando três indicadores diferentes. Os resultados utilizando lignina como indicador da digestibilidade da matéria seca ileal apresentaram menor coeficiente de variação (13,4%) e, portanto são, mais confiável que os relatados com FDA (18,3%) e com óxido crômico (15%). Entretanto, para os valores de digestibilidade digestível ileal não foi detectado efeito do tipo de indicador.

As ligninas têm sido consideradas indigestíveis e, conseqüentemente, são utilizadas como indicador. Em um estudo comparativo, as ligninas isoladas de resíduos da cultura de milho apresentaram valores de coeficientes de variação extremamente altos (54%), desfavorecendo a sua recomendação como indicador externo (Saliba, 2002).

O isolamento das ligninas do *Eucalyptus grandis*, com estrutura mais rígida e condensada que a da palha de milho, e sua utilização como um indicador externo, podem apresentar resultados mais satisfatórios. Apesar da grande diversidade da estrutura das ligninas entre as espécies vegetais, a determinação química destes compostos por meio dos compostos fenólicos constituintes tem sido uma ferramenta útil na sua caracterização. Utilizando o espectrofotômetro no infravermelho é possível medir os comprimentos de ondas específicas dos compostos fenólicos guaiacila, siringila e p-hidroxifenila presentes neste material (Morais, 1992, Saliba, 1998).

O objetivo deste trabalho foi verificar a precisão do uso da lignina purificada de madeira moída (LMM) do *Eucalyptus grandis* como indicador externo de produção fecal e de digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas para coelhos em crescimento, comparada aos resultados obtidos com o método de colheita total de fezes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período experimental

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Cunicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Minas Gerais. O município de Lavras localiza-se a 21°14' de latitude Sul, 45°00' de longitude Oeste, a uma altitude média de 910 m, apresentando precipitação anual de 1.493,2 mm; temperatura média mínima de 14,66°C e máxima de 26,0°C. O clima da região é classificado como do tipo CWB (Ometto, 1981), tendo duas estações distintas: chuvosa, de novembro a abril, e seca, de maio a outubro.

O período experimental foi de onze dias, sendo sete dias para adaptação dos animais aos tratamentos e gaiolas e quatro dias de registro do consumo das dietas experimentais, colheita total de fezes e administração da lignina purificada. As médias de temperaturas mínimas e máximas registradas durante este período foram 21°C e 29°C, respectivamente, obtidas às 8:00 horas.

2.2 Animais e tratamentos

Utilizaram-se oito animais para cada tratamento, totalizando 35 coelhos da raça Nova Zelândia branca, na fase de crescimento, com $1,09 \pm 0,12$ kg de peso inicial e 52 dias de idade, originários do Núcleo de Produção de Coelhos da Fazenda Experimental “Professor Hélio Barbosa”, da Escola de Veterinária da UFMG, localizada no município de Igarapé (MG). Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso e alojados, individualmente, em gaiolas de metabolismo que permitem separação de fezes e urina, do tipo

Carregal (Carregal, 1976), com bebedouro automático tipo chupeta e comedouro de 15 cm de comprimento por 7 cm de largura.

Os tratamentos constituíram de cinco diferentes rações, formuladas com níveis de substituição de uma dieta basal por polpa cítrica seca nas proporções de 0, 8, 16, 24 e 32%. As rações experimentais foram distribuídas *ad libitum*, diariamente às 8:00 horas. O teor de matéria seca das sobras de cada tratamento foi determinado em amostra composta retirada dos comedouros de quatro animais no primeiro dia do período experimental (Perez et al., 1995).

As fezes de cada repetição foram colhidas diariamente às 08:00 horas, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados, hermeticamente fechados e conservados a -10° C, para posteriores análises químicas. Com base nos resultados médios de consumo das rações e produção de fezes, foram calculados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente ácido (CDFDA), fibra em detergente neutro (CDFDN) e energia bruta (CDEB), de acordo com a fórmula de digestibilidade total aparente de Schneider & Flatt (1975), por repetição e por tratamento.

As ligninas isoladas do *Eucalyptus grandis* foram purificadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Três gramas de ligninas foram previamente misturados a uma solução de acetona (uma parte de água destilada para nove de acetona), diluídas em 300 ml de água destilada e conservadas em geladeira. Diariamente foi ministrado, via oral, com auxílio de uma seringa, um ml desta solução para cada animal, durante quatro dias, a partir do último dia do período de adaptação.

2.3 Dietas experimentais

A dieta basal foi formulada usando-se dados de análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA (MG), além de valores de tabelas de composição de alimentos (Tabela 12).

TABELA 12 - Proporção de proteína bruta (PB) e de fibra em detergente ácido (FDA) nos ingredientes das dietas experimentais, em percentagem da matéria seca

| Ingredientes | Nutrientes | | |
|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | MS ¹ | PB | FDA |
| MDPS ² | 81,33 | 10,23 | 12,34 |
| Farelo de trigo | 83,90 | 19,19 | 8,37 |
| Farelo de soja | 85,85 | 51,26 | 17,15 |
| Melaço em pó | 97,32 | n.a. ³ | n.a. ³ |
| Palha de Feijão | 82,16 | 4,56 | 66,02 |
| Milho | 86,45 | 8,06 | 1,62 |
| Feno de Alfafa | 80,71 | 20,62 | 28,70 |
| Polpa cítrica seca | 88,33 | 8,20 | 20,11 |

¹ Matéria seca da matéria natural; ² Milho desintegrado com palha e sabugo; ³ não analisado

A fórmula percentual das dietas experimentais na base da matéria natural consta da Tabela 13.

TABELA 13 - Fórmula percentual das dietas experimentais na base da matéria natural

| Ingredientes | Ração Basal | T0 | T8 | T16 | T24 | T32 |
|---------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ração basal | | 99,23 | 91,23 | 83,23 | 75,23 | 67,23 |
| PCS ¹ | | 0 | 8,00 | 16,00 | 24,00 | 32,00 |
| MDPS ² | 15,00 | | | | | |
| Farelo de trigo | 13,91 | | | | | |
| Farelo de soja | 16,41 | | | | | |
| Feno de alfafa | 26,98 | | | | | |
| Milho | 8,13 | | | | | |
| Palha de feijão | 15,00 | | | | | |
| Melaço em pó | 2,00 | | | | | |
| Fosfato Bicálcico | 0,16 | | | | | |
| Óleo Vegetal | 1,50 | | | | | |
| L-lisina | 0,04 | | | | | |
| DL-metionina | 0,10 | | | | | |
| Núcleo ³ | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,77 |
| Total | 100,000 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

¹ Polpa cítrica seca

² Milho desintegrado com palha e sabugo

³ Sal iodado: 0,47 g/ 100kg e 0,3 g/100kg de premix vitamínico e mineral (Vaccinar): ac.fólico 100mg; ac. Pantotênico 3000mg; avilamicina 100mg; B.H.T. 1,0%; cálcio (máx) 9mg; cobalto 200 mg; cobre 4000mg; colina 10000mg; ferro 20000mg; iodo 140 mg; manganês 4000mg; niacina 6000mg; selênio 19,8 mg; vitamina A 2000000 UI; vitamina B1 400 mg; vitamina B12 2000 mcg; vitamina B2 1000 mg; vitamina B6 600 mg; vitamina D3 200000 UI; vitamina E 4000 mg; vitamina K3 722mg; zino 14000 mg.

Os ingredientes feno de alfafa, MDPS, palha de feijão, polpa cítrica seca peletizada e milho foram moídos em moinho de martelo com peneira de 2,5 mm de diâmetro de furo antes de serem incluídos e misturados à ração, na Fábrica de Rações do Departamento de Zootecnia da UFLA. Após a mistura da dieta básica, foi incluída a polpa cítrica seca nos níveis de substituição determinados para cada tratamento (8, 16, 24 e 32%), acrescentados os núcleos (premix

mineral vitamínico e sal iodado) e, por último, remisturadas uma a uma às dietas experimentais, cujas composições constam da Tabela 14. A substituição da dieta básica pelo alimento-teste foi feita peso a peso pois ambos continham a mesma proporção de matéria seca. As rações foram peletizadas na Indústria de Rações Fri-Ribe (Lavras-MG), a pressão e vapor, obtendo-se *pellets* com 5 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento.

TABELA 14 - Composição nutricional das dietas com diferentes níveis de polpa cítrica seca (0, 8, 16, 24, 32%), em porcentagem da matéria seca.

| Nutrientes | T0 | T8 | T16 | T24 | T32 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MS | 88,00 | 87,80 | 88,40 | 87,50 | 86,80 |
| MO ¹ | 92,68 | 93,04 | 91,35 | 92,90 | 93,16 |
| PB | 23,50 | 21,50 | 21,30 | 19,00 | 19,60 |
| PD ² | 14,23 | 12,99 | 12,83 | 11,43 | 11,75 |
| MM | 7,32 | 6,96 | 8,65 | 7,10 | 6,84 |
| FDN | 36,20 | 37,60 | 33,80 | 32,80 | 33,50 |
| FDA | 21,40 | 21,90 | 19,40 | 20,40 | 22,20 |
| Ca | 1,05 | 1,01 | 1,63 | 0,99 | 1,10 |
| P | 0,56 | 0,48 | 0,61 | 0,45 | 0,40 |
| EB ³ | 4541 | 4539 | 4388 | 4502 | 4483 |
| ED ⁴ | 2928 | 2860 | 3030 | 2968 | 3212 |
| REP ⁵ | 20,58 | 22,02 | 23,62 | 25,97 | 26,46 |

¹ MO = 100 – MM; ² PD% = PB (%) x (58,78 + 0,16 x Pco(%))/100 (Ferreira, 1990); ³ EB = kcal/kg; ⁴ ED kcal/kg = EB ing – EB excr. ⁵REP = Relação de kcal ED/g PD

2.4 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais dos ingredientes, rações e fezes foram realizadas em duplicatas e são descritas a seguir:

- **Matéria pré-seca:** obtida em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas (fezes e cecotofos), posteriormente, as amostras foram moídas em peneira de 1 mm em moinho tipo Thomas Willey (ingredientes, rações e fezes);
- **Matéria seca (MS):** obtida em estufa a 105°C, segundo A.O.A.C (1984), por 24 horas (ingredientes, rações e fezes);
- **Proteína bruta (PB):** teor de proteína dos alimentos estimado a partir da porcentagem de N, pelo método de micro Kjeldahl, segundo A.O.A.C (1984) (ingredientes, rações, e fezes);
- **Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA):** determinadas pelo método sequencial descrito por Van Soest et al. (1991), com pré-tratamento de uma amilase termo estável (FDN em ingredientes, e FDN e FDA nas rações e fezes);
- **Matéria mineral (MM):** determinada por incineração completa em mufla a 550⁰ C (ingredientes, rações e fezes);
- **Cálcio e fósforo:** analisados por colorimetria, segundo Silva (1990) (rações);
- **Matéria orgânica:** calculada pela fórmula: 100 – MM na MS (rações e fezes);
- **Energia bruta:** determinada em bomba calorimétrica adiabática (Parr 1261).

As leituras das ligninas presentes nas fezes e nos ingredientes das rações experimentais foram realizadas no Departamento de Química da UFMG, utilizando o espectrofotômetro infravermelho Watson Galaxy IVFT, e determinadas por meio da fórmula descrita por Saliba (1998).

2.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. As variáveis produção fecal e digestibilidade de MS utilizando a lignina purificada foram analisadas pelo procedimento GLM do SAS (1996) versão (6.12) e usando o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + L_j + TL_{ij} + e_{ij}$$

Em que:

μ = média geral;

T_i = efeito do teor de polpa cítrica (0, 8, 16, 24, 32);

L_j = efeito do método de colheita (com ou sem lignina purificada);

TL_{ij} = interação entre o teor de polpa e o uso da lignina purificada;

e_{ij} = erro residual, assumido identicamente e aleatoriamente distribuído em uma distribuição normal com média μ e variância σ^2 .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na literatura consultada, não foram encontrados relatos sobre o uso de lignina como indicador externo. Entretanto, a lignina como indicador interno, ligada ao alimento que será verificado, é um dos indicadores mais estudados (Araújo, 1999).

Os valores de produção fecal utilizando o método de lignina purificada foram comparados ao método de colheita total (Tabela 15). O uso da lignina apresentou resultados semelhantes aos obtidos com o método de colheita total, exceto para a dieta com 24% de PCS, para qual os valores de produção fecal foram superestimados com o uso desse indicador. Observou-se uma alta variabilidade individual para produção fecal nos teores 0, 8 e 32% de PCS na dieta.

TABELA 15 – Produção fecal calculada pelo uso de indicadores (PFC) e obtida pela colheita total de fezes (CTF), em gMS/dia, utilizando dietas com diferentes níveis de polpa cítrica seca (0, 8, 16, 24, 32%) para coelhos em crescimento

| Tratamento | PFC | CTF | n | EPM¹ | P² |
|-------------------|------------|------------|----------|------------------------|----------------------|
| 0 | 27,50 | 28,20 | 8 | 1,97 | 0,70 |
| 8 | 27,10 | 28,19 | 8 | 4,99 | 0,70 |
| 16 | 24,89 | 22,97 | 5 | 0,47 | 0,08 |
| 24 | 30,74 | 25,84 | 8 | 0,46 | <0,005 |
| 32 | 19,40 | 15,70 | 6 | 2,70 | 0,14 |

n= número de coelhos, ¹Erro-padrão da média; ² Teste de F, 5% de significância.

Conseqüentemente, os valores de coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da PCS utilizando a lignina purificada foram influenciados pela dieta (Tabela 16). Nos teores mais baixos de PCS na dieta (0 e 8%), as diferenças entre os valores de coeficientes de digestibilidade estimados pela lignina purificada, quando comparados aos obtidos na colheita total de fezes, não foram estatisticamente significativas. Entretanto, nos teores mais altos de inclusão (16, 24 e 32%), as diferenças foram significativas, com valores maiores com o uso da lignina.

TABELA 16 – Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca obtido pelo indicador (CDMS) e pelos dados de colheita total (CDA) em dietas com diferentes níveis de polpa cítrica seca (0, 8, 16, 24, 32%) para coelhos em crescimento

| Tratamento | CDMS | CDA | n | EPM¹ | P² |
|-------------------|-------------|------------|----------|------------------------|----------------------|
| 0 | 64,70 | 64,00 | 8 | 0,40 | 0,40 |
| 8 | 63,63 | 62,69 | 8 | 0,75 | 0,50 |
| 16 | 65,72 | 68,38 | 5 | 0,37 | <0,05 |
| 24 | 59,20 | 65,80 | 8 | 0,95 | <0,005 |
| 32 | 65,90 | 73,00 | 6 | 0,47 | <0,05 |

n= número de coelhos, ¹Erro-padrão da média, ²Teste de F, 5% de significância.

Níveis elevados de PCS em dietas para coelhos em crescimento promovem alterações no tempo de retenção da digesta no trato digestivo desses animais. Este ingrediente, por conter níveis altos de fibra digestível, permanece mais tempo no ceco, onde será degradado pela flora presente neste compartimento. É possível que essas alterações influenciem na recuperação fecal do indicador, diminuindo a precisão da utilização da lignina purificada em estimar a produção fecal e a digestibilidade da PCS.

Observou-se um efeito significativo de interação entre o teor de PCS e o uso da lignina purificada para estimar a produção fecal (Figura 5). À medida que os níveis de PCS nas dietas aumentam, a diferença entre os valores obtidos pelo indicador e pela colheita total é maior. A mesma tendência foi observada para os coeficientes de digestibilidade (Figura 6).

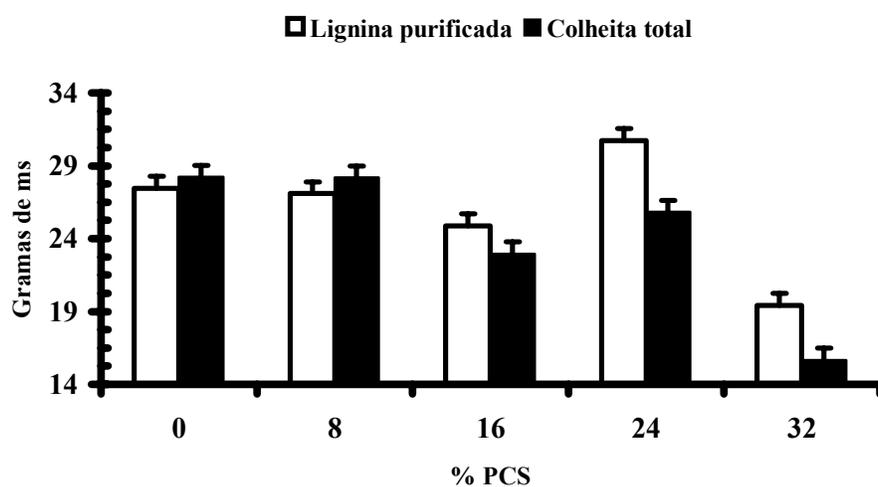


FIGURA 5. Produção fecal (gramas de MS por dia) calculada utilizando lignina purificada e colheita total em dietas com diferentes teores de polpa cítrica seca (0, 8, 16, 24 e 32%). Efeito da interação tratamento*método $P=0,0005$, EPM=0,8.

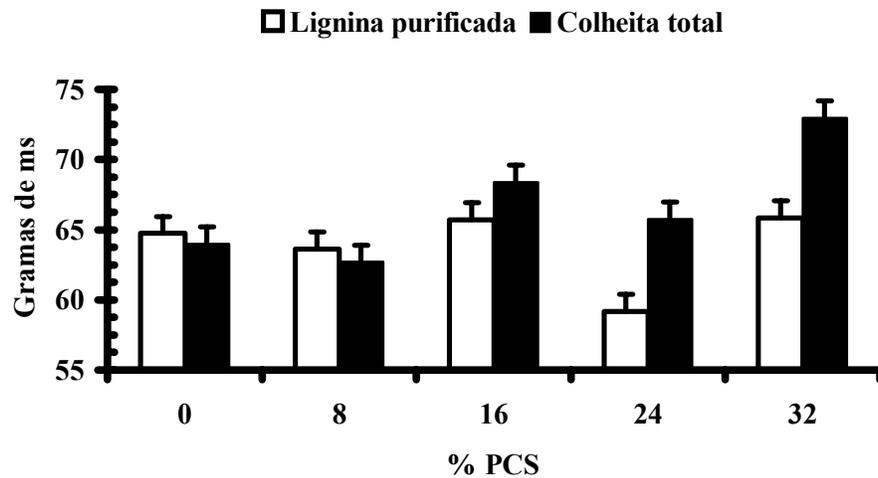


FIGURA 6. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%) calculado utilizando lignina purificada e colheita total em dietas com diferentes teores de polpa cítrica seca (0, 8, 16, 24 e 32%). Efeito da interação tratamento*método $P < 0,005$, EPM=1,22.

Observou-se que, de uma maneira geral, o uso da lignina purificada como indicador superestimou os valores de produção fecal, quando comparado ao método de colheita total (Figura 7). Da mesma maneira, os valores de coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da PCS foram subestimados quando a lignina purificada foi utilizada (Figura 8).

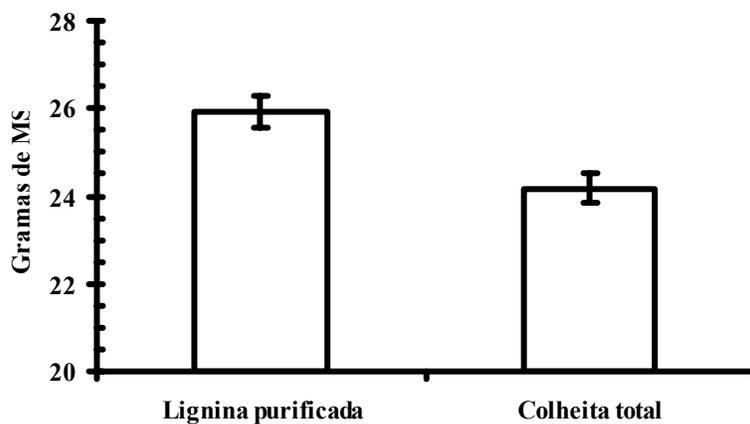


FIGURA 7. Produção fecal (gramas de matéria seca por dia) calculada utilizando lignina purificada e colheita total. Efeito do método de estimativa de produção fecal, $n=35$, $P=0,001$, $EPM=0,34$.

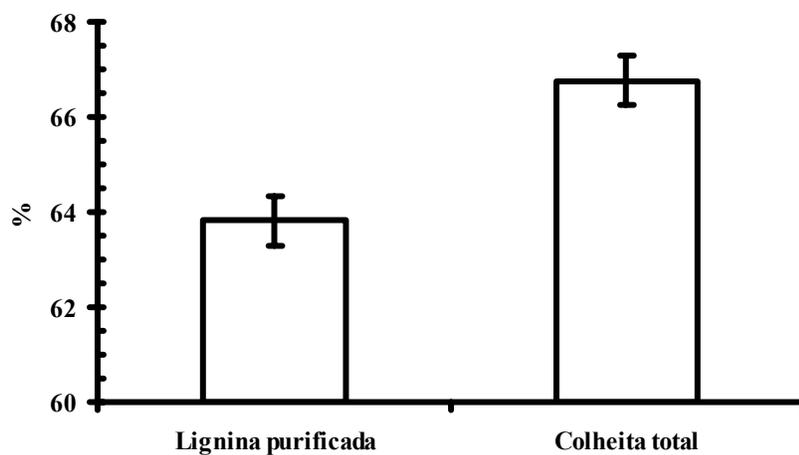


FIGURA 8. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (%) calculado utilizando lignina purificada e colheita total. Efeito do método de estimativa de digestibilidade, $n=35$, $P<0,0005$, $EPM=0,52$.

Apesar de utilizar a lignina como indicador interno em dietas de equinos, Araújo (1999) também observou que os valores de digestibilidade com o uso desse indicador foram subestimados, quando comparados à colheita total de fezes. O autor concluiu que a recuperação incompleta desse nutriente foi um fator limitante para o seu uso como indicador.

4 CONCLUSÕES

A lignina purificada do *Eucalyptus grandis* foi eficiente como indicador externo de dietas para coelhos em crescimento utilizando teores reduzidos de PCS (0 e 8%). Entretanto, nos teores mais elevados (16, 24 e 32%) de PCS, a produção fecal foi superestimada e o coeficiente de digestibilidade subestimado, desaconselhando a sua utilização como indicador externo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, K. V. **Métodos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos**. 1999. 155 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras MG.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington, 1984. 1141 p.

CARREGAL, R. D. **Efeito da idade e de diferentes níveis de fibra bruta sobre a digestibilidade de nutrientes de rações para coelhos em crescimento**. 1976. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade de São Paulo.

FERREIRA, W. M. **Efecto de la substitucion parcial de heno de alfafa por orujo de uva o pulpa de remolacha sobre utilizacion de la dieta y los rendimientos productivos en conejos en crecimiento**. 1990. 251 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Politécnica de Madrid, Madrid.

GIDENNE, T.; LAPANOUSE, A. Rate of passage in the rabbit digestive tract: influence of marker dosing time, ileal cannulation and marker type. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 5, n. 1, p. 27-32, 1997.

GIDENNE, T.; PONCET, C. Digestion, chez le lapin en croissance, d'une ration à taux élevé de constituants pariétaux: étude méthodologique pour le calcul de digestibilité apparente, par segment digestif. **Annales de Zootechnie**, Paris, v. 34, n. 4, p. 429-446, July/Aug. 1985.

GOMES, A. V. C. **Avaliação nutricional de diferentes fontes de fibra em coelhos**. 1996. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

MORAIS, S. A. L. **Contribuição ao estudo químico e espectoscópico da lignina de madeira moída do *Eucalyptus grandis*: isolamento, quantificação e análise estrutural**. 1992. 260 f. Tese (Doutorado em Química) – ICEX, UFMG, Belo Horizonte.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 421 p.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. Symposium: external and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, Sept. 1992.

PEREZ, J. M.; LEBAS, F.; GIDENNE, T.; MAESTENS, L.; XICCATO, G.; PARIGI-BINI, R.; DALLE ZOTTE, A. COSSU, M. E. et al. European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. **World Rabbit Science**, Lempdes, v. 3, n. 1, p. 41-43, 1995.

SALIBA, E. O. S. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos de milho e de soja expostas à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais**. 1998. 252 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

SALIBA, E. O. L. et al. Lignina isolada da palha de milho utilizada como indicador em ensaios de digestibilidade. Estudo comparativo. **Arquivo Brasileiro de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 1, p. 52-56, jan./feb. 2002.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: version 6. 12. 4. ed. Cary, 1995. v. 2, 1686 p.

SCHNEIDER, B. H.; FLATT, W. P. **The evaluation of feeds through digestibility experiments**. Athens: the University of Georgia Press, 1975. 423 p.

SILVA, D. J. da. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa: UFV, 1981. 166 p.

ÚDEN, P.; COLLUCI, P. E.; Van SOEST, R. J. Investigation of chromium, cerium or cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science and Food Agriculture**, London, v. 31, n. 7, p. 625-632, July 1980.

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. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, Oct. 1991.