

**INFLUÊNCIA DA PECTINA SOBRE A
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E
PARÂMETROS FISIOLÓGICOS,
EM EQUINOS**

GABRIEL JORGE CARNEIRO DE OLIVEIRA

2000

50358

35416

GABRIEL JORGE CARNEIRO DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DA PECTINA SOBRE A
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E
PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, EM EQÜINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração Nutrição Animal-Monogástricos, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador
Prof. José Augusto de Freitas Lima

N.º CLAS

N.º R.º
DATA

LAVRAS
MINAS GERAIS

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

Oliveira, Gabriel Jorge Carneiro de

Influência da pectina sobre a digestibilidade de nutrientes e parâmetros fisiológicos, em eqüinos / Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2000.

92 p. : il.

Orientador: José Augusto de Freitas Lima.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Eqüino. 2. Nutrição animal. 3. Digestibilidade. 4. Pectina. 5. Parâmetro fisiológico. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.10855

GABRIEL JORGE CARNEIRO DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DA PECTINA SOBRE A
DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E
PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, EM EQUINOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração Nutrição Animal-Monogástricos, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA: em 19 de outubro de 2000

Prof. Antônio Gilberto Bertechini	DZO-UFLA
Prof. Elias Tadeu Fialho	DZO-UFLA
Prof. Juan Ramón Olalquiaga Pérez	DZO-UFLA
Prof. Rilke Tadeu F. Freitas	DZO-UFLA
Prof. Kleber Villela Araújo	UNB


Prof. José Augusto de Freitas Lima
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2000

Aos meus pais: Vitor e Antônia (*in memorian*)

Aos meus sogros: Pedro e Elizabeth

Aos meus avós: Pedro (*in memorian*) e Judith

**Aos meus irmãos (particularmente a Antônio, *in memorian*), cunhados,
primos e sobrinhos**

OFEREÇO

**À minha esposa Madaly, pela ajuda e
compreensão.**

**Aos meus filhos, Pedro, Paulo e Saulo,
como estímulo**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Zootecnia, e à Escola de Agronomia da UFBA, pela oportunidade de realização deste curso.

À Capes/PICDT pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor e amigo José Augusto de Freitas Lima pela orientação segura e dedicada, pelos ensinamentos transmitidos e pela confiança em nós depositada.

Ao Prof. Rilke Tadeu F. Freitas pela orientação estatística e valiosas sugestões.

Aos Professores, Elias Tadeu Fialho, Juan Ramón O. Pérez, Antônio Gilberto Bertechine e Kleber Villela Araújo pelas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Prof. Francisco Duque de Mesquita Neto pelo auxílio nas análises dos parâmetros sanguíneos.

Ao Mestre e amigo José Maria Couto Sampaio (*in memoriam*) pelos ensinamentos.

Aos estudantes de graduação, Mari, Fabiana, Edmur, Bruno, Rafael e Hélio, pela grande ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários do DZO, Lila, Mariana, Pedro, Carlos e Zé Geraldo, e do Laboratório de Nutrição Animal, Suelba, Márcio, Eliana e José Virgílio, pela grande ajuda.

Ao grupo CITRUSCOLÓIDE (BRASPECTINA) pela doação da pectina utilizada no experimento.

Aos colegas do curso, Bonifácio, Adalto, Ademir, José Paulo, Maria Emília, Roseli, Lúcia e Iraides, pela amizade, e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para execução deste trabalho.

5.7 Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	37
5.8 Cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes.....	38
5.9 Cálculos das energias digestível e metabolizável aparentes.....	38
5.9.1 Energia digestível aparente.....	38
5.9.2 Energia metabolizável aparente.....	39
6 Resultados e discussão.....	40
6.1 Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS).....	40
6.2 Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB).....	42
6.3 Coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN).....	45
6.4 Coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (CDAFDA).....	47
6.5 Coeficientes de digestibilidade aparente da hemicelulose (CDAHEM).....	49
6.6 Coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB).....	51
6.7 Energia digestível (ED).....	53
6.8 Energia metabolizável (EM).....	54
7 Conclusões.....	56
8 Referências bibliográficas.....	57
CAPÍTULO 3 : Influência da pectina sobre parâmetros fisiológicos, em equínos.....	62
1 Resumo.....	63
2 Abstract.....	64

3	Introdução.....	65
4	Referencial teórico.....	66
4.1	pH fecal.....	66
4.2	Uréia.....	67
4.3	Colesterol e triglicerídeos.....	69
5	Material e métodos.....	71
5.1	Local.....	71
5.2	Animais e período experimental.....	71
5.3	Tratamentos e delineamento experimental.....	71
5.4	Manejo e alimentação dos animais.....	71
5.5	Coleta das amostras.....	72
5.6	Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	72
6	Resultados e discussão.....	73
6.1	pH fecal.....	73
6.2	Uréia.....	74
6.3	Colesterol.....	76
6.4	Triglicerídeos.....	77
7	Conclusões.....	79
8	Referências bibliográficas.....	80
	ANEXOS.....	84

BIOGRAFIA

GABRIEL JORGE CARNEIRO DE OLIVEIRA, filho de Vitor Fernandes de Oliveira e Antônia Joana Carneiro de Oliveira, nasceu em 04 de abril de 1958, no município de Nanuque, estado de Minas Gerais.

Em 1977 ingressou na Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (EAGRUFBA), onde em 1981 obteve o título de Engenheiro Agrônomo. Em 1986 passou a fazer parte do quadro de professores da EAGRUFBA, na qual até o momento realiza trabalhos de ensino, pesquisa e extensão. No ano de 1990 iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Minas Gerais, concentrando seus estudos na área de Produção Animal (Bioclimatologia), sob a orientação do Professor José Egmar Falco. Em 1992 obteve o título de Mestre.

Em 1997 iniciou na Universidade Federal de Lavras (UFLA), o Curso de Doutorado em Zootecnia, concentrando seus estudos na área de Nutrição Animal - Monogástricos, sob a orientação do professor José Augusto de Freitas Lima.

Em 19 de outubro de 2000 submeteu-se à defesa de Tese para obtenção do título de "Doutor".

*Ensinar não é castrar, é capacitar
para reproduzir.*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FC	Feno de <i>Coast cross</i>
FS	Farelo de soja
MS	Matéria seca
MO	Matéria orgânica
PB	Proteína bruta
FB	Fibra bruta
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EM	Energia metabolizável
EBC	Energia bruta consumida
EBF	Energia bruta fecal
EBU	Energia bruta da urina
M [̇] SC	Matéria seca consumida
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
HEM	Hemicelulose
PECT	Pectina
CDAN	Coefficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes
CDAMS	Coefficiente de digestibilidade aparente da matéria seca
CDAPB	Coefficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta
CDAFDN	Coefficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro
CDAFDA	Coefficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido
CDAHEM	Coefficiente de digestibilidade aparente da hemicelulose
CDAEB	Coefficiente de digestibilidade aparente da energia bruta

RESUMO

OLIVEIRA, Gabriel Jorge Carneiro de. **Influência da pectina sobre a digestibilidade de nutrientes e parâmetros fisiológicos, em eqüinos.** Lavras:UFLA, 2000. 93p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).

O trabalho foi conduzido no Setor de Equinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, Brasil, com o objetivo de avaliar a influência da pectina sobre a digestibilidade de nutrientes e parâmetros fisiológicos, em eqüinos. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 níveis de pectina (0, 1, 2 e 3% da MS do feno de *Coast cross* consumido) e a adição ou não de farelo de soja, totalizando 8 tratamentos, com quatro repetições. As variáveis estudadas foram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), hemicelulose (CDAHEM) e energia bruta (CDAEB); além dessas variáveis, a energia digestível (ED), a energia metabolizável (EM) e os parâmetros fisiológicos pH fecal e uréia, colesterol e triglicerídeos sanguíneos, também foram avaliados. A adição de pectina não afetou ($p>0,05$) os CDAMS, CDAFDN, CDAFDA e CDAEB, assim como a ED e a EM, e nem os parâmetros fisiológicos pH fecal e uréia, colesterol e triglicerídeos sanguíneos; melhorou ($p<0,05$) o CDAPB, quando no nível de 1,25%, e o CDAHEM em todos os níveis utilizados. Conclui-se que a adição de 1,25% de pectina à dieta melhorou a digestibilidade aparente da PB e a adição de 3% de pectina proporcionou a melhor digestibilidade aparente da hemicelulose. A adição de farelo de soja à dieta, com o intuito de aumentar o aproveitamento da fibra bruta dos alimentos como fonte de energia, não é aconselhável, uma vez que não houve melhora da digestibilidade aparente da FDN e da FDA, e nem da EM da dieta. A adição de pectina não afetou ($p>0,05$) o pH fecal e os níveis de uréia, colesterol e triglicerídeos sanguíneos. A adição de farelo de soja aumentou ($p>0,05$) os níveis sanguíneos de uréia e elevou o pH fecal. Isto sugere a não inclusão destes ingredientes à dieta.

* Comitê orientador : José Augusto de Freitas Lima - UFLA (Orientador), Antônio Gilberto Bertechine - UFLA, Juan Ramón Olalquiaga Pérez - UFLA, Elias Tadeu Fialho - UFLA, Rilke Tadeu F. Freitas - UFLA, Kleber Villela Araújo - UNB.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Gabriel Jorge Carneiro de. **Influence of pectin on digestibility of nutrients and physiologic parameters in equines.** Lavras:UFLA, 2000. 93p. (Thesis - Doctorate in Animal Science).

The work was carried out at the Equine Production Sector of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil, with the objective of evaluating the influence of pectin on digestibility of nutrients and physiologic parameters in horses. The experimental design was completely randomized in a 4x2 factorial arrangement, being four pectin levels (0, 1, 2 and 3% of the DM of the hay of *Coast cross* consumed) and addition or not of soybean meal amounting to eight treatments, with four replications. The studied variables were the coefficients apparent digestibility of dry matter (CADDM), crude protein (CADCP), neutral detergent fiber (CADNDF), acid detergent fiber (CADADF), hemicellulose (CADHEM) and gross energy (CADGE); besides those variables, the digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) and the physiologic parameters fecal pH and urea, cholesterol and tryglicerides of the blood serum were also appraised. Pectin addition did not affect ($p>0.05$) the CADDM, CADNDF, CADADF, CADGE, DE and ME and nor the physiologic parameters fecal pH and blood urea, cholesterol and tryglicerides; it improved ($p<0.05$) the CADCP, when at the level of 1.25% and CADHEM in all the used levels. It follows that the addition 1.25% of pectin to diet improved the apparent digestibility of CP and the addition of 3% pectin provided the best apparent digestibility of hemicellulose. The addition of soybean meal with a view to increasing the utilization of crude fiber of feeds as an energy source, is not advisable since, there was no improvement of apparent digestibility NDF and ADF and nor of the ME of the diet affect ($p>0.05$) fecal pH and the levels of blood urea, cholesterol and triglycerides. Addition of soybean meal ($p>0.05$) the blood levels of urea and raised fecal pH. This suggests the non-inclusion of those feedstuffs to the diet.

* Guidance Committee: José Augusto de Freitas Lima - UFLA (Adviser), Antônio Gilberto Berterchine - UFLA, Juan Ramón Olalquiaga Pérez - UFLA, Elias Tadeu Fialho - UFLA, Rilke Tadeu F. Freitas - UFLA, and Kleber Villela Araújo - UNB.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os eqüinos são animais normalmente de grande porte, com grandes exigências nutricionais, principalmente energética, por terem suas funções baseadas fundamentalmente no trabalho físico, seja nas atividades agropecuárias ou nas de esporte e lazer. Segundo Lewis (1985), do alimento ingerido, 80% a 90% são necessários para atender as necessidades energéticas do animal. Por outro lado, durante os milhões de anos de sua evolução, os eqüinos desenvolveram a capacidade de serem herbívoros e como tal se alimentarem de vegetais cuja densidade energética, apesar de baixa, era suficiente para suprir as exigências para o desenvolvimento das suas atividades físicas.

Após a domesticação, o homem passou a exigir mais desses animais, com conseqüente aumento das necessidades energéticas, e, para suprir este aumento da demanda de energia, ao invés de trabalhar no sentido de aumentar a eficiência de utilização da energia dos alimentos normalmente consumidos por esses animais, passou a alimentá-los como monogástricos não herbívoros; como conseqüência, diversos problemas surgiram, ou se intensificaram, tais como cólicas, laminites, epifisites, etc.

O eqüino é um herbívoro monogástrico com características específicas, tais como estômago de pequeno volume e ceco e cólon bastante desenvolvidos e funcionais; como conseqüência a digestão nesses animais pode ser dividida em duas: a *pré-cecal*, na qual predomina uma intensa digestão enzimática, e a *pós-ileal*, na qual a digestão é basicamente microbiana (a porção pós-ileal pode ter sua função comparada à do rúmen). Entretanto, é provável que, devido à intensa digestão enzimática pré-cecal, com conseqüente absorção no intestino delgado dos carboidratos solúveis e da proteína, a qualidade da digesta que alcança o trato pós-ileal prejudique a digestão microbiana, reduzindo a eficiência de

utilização da fibra e, por consequência, minimize o potencial de extração da energia contida nesta porção do alimento ingerido. Uden e Van Soest (1982) afirmam que devido à digestão e absorção dos carboidratos solúveis e da proteína ocorrerem antes do intestino grosso, pouco substrato, além do material fibroso, atinge o ceco dos eqüinos, podendo este fato prejudicar a população de microorganismos, diminuindo o aproveitamento dos carboidratos estruturais.

É interessante, portanto, o estudo de técnicas que venham a maximizar o uso da porção fibrosa dos alimentos e/ou de alimentos mais fibrosos, com o intuito de reduzir o custo de produção dos eqüinos, através da melhora da conversão da fibra em energia.

Nesta pesquisa objetivou-se avaliar a influência da adição de pectina (Polissacarídeo Não-Amídico Solúvel - PNAS) sobre a digestibilidade de nutrientes e parâmetros fisiológicos, em eqüinos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Polissacarídeos não-amídicos solúveis (PNAS)

Os carboidratos são a principal reserva energética nos vegetais, constituindo 50 a 80% da matéria seca de forragens e cereais. Para os herbívoros, representam a principal fonte de energia para as diversas atividades (Van Soest, 1994)

Segundo Mertens (1987), em termos nutricionais, os carboidratos podem ser classificados em carboidratos fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF). Os CF compreendem os polímeros que compõem a parede celular dos vegetais, os quais são lenta e parcialmente disponíveis, e os CNF compreendem os açúcares solúveis, amido e pectina, que são rápida e completamente digeríveis.

Em estudos recentes com monogástricos, utilizando polissacarídeos não-amídicos solúveis (PNAS), ficou comprovado que devido as características específicas dessas substâncias, é possível o carreamento de nutrientes para o intestino grosso, o que poderá promover, nos eqüinos, uma maximização da eficiência da digestão pós-ileal.

Devido à natureza das ligações químicas entre as unidades de monossacarídeos e as características específicas dos polissacarídeos, os PNAS são resistentes à hidrólise na porção pré-cecal de animais monogástricos, mas são totalmente fermentados pela microflora intestinal, originando ácidos graxos voláteis (AGV). Os PNAS têm sido considerados de pouca importância para a nutrição de monogástricos, havendo, inclusive, evidências de que possuem uma ação “anti-nutritiva” sobre a digestão enzimática desses animais. Kerkamp e Duran, citados por Borges (1997), relatam que entre os efeitos negativos sobre o valor nutricional da dieta, promovidos pelos PNAS, estão a proteção dos

nutrientes que se encontram no interior das células e, por consequência, o impedimento do acesso das enzimas endógenas, necessárias à sua degradação, e a formação de gel que dificulta a digestão e absorção de nutrientes. Segundo Cleophas et al. (1995), citados por Igbasan, Guenter e Slominski (1997), os PNAS produzem soluções viscosas que incrementam a viscosidade da digesta e reduzem a utilização dos nutrientes. Bedford (1996) informa que a taxa de digestão do alimento e sua relativa absorção se baseia na formação de complexos com enzimas digestivas e a posterior liberação de nutrientes. Deste modo, para uma adequada digestão, é indispensável que haja fácil ataque enzimático.

De acordo com Smits e Annison (1996), o enriquecimento de uma dieta basal de frangos de corte com 4% de PNAS implicou na redução de digestibilidade do amido, proteína e lipídio de 96, 75 e 93 para 82, 61 e 69%, respectivamente.

Segundo Choct et al. (1996), a substituição da celulose da ração por PNAS, em dieta de frangos de corte, alterou a digestibilidade do amido, proteína e gordura de 90, 79,1 e 93,7 para 56,3, 52,3 e 38,6%, respectivamente. Mosenthin, Sauer e Ahrens (1994), ao compararem a digestibilidade aparente ileal da MO e PB, em suínos alimentados com dietas basal e acrescida de 7,5% de pectina, encontraram reduções significativas nas digestibilidades (de 85,9 e 83,8 para 74,1 e 69,0%, respectivamente). Todos os aminoácidos estudados (essenciais e não essenciais) também sofreram redução da disponibilidade.

Dentre os principais PNAS encontrados em dietas de animais domésticos, encontram-se os β -glucanos, arabinosilanos, galactanos e pectina.

2.1.1 Pectina

Pectina é uma palavra derivada do grego *Pectos*, que significa rígido (Leroux e Schubert, 1983). Segundo Van Soest (1994) é um polissacarídeo rico em ácido galacturônico que ocorre na lamela média e outras camadas da parede celular, sendo muito mais abundante em dicotiledôneas que em monocotiledôneas. Este mesmo autor informa que as fontes comerciais são derivadas principalmente de maçã e frutos cítricos e que na nutrição de humanos e de não ruminantes a pectina é considerada como parte da fibra dietética.

Do ponto de vista químico, a pectina é um polissacarídeo complexo (Figura 1), constituído de cerca de 500 até 1.000 unidades de ácido D-galacturônico na configuração de sua molécula; isto corresponde a um peso molecular de aproximadamente 50.000 a 150.000. A pectina é um colóide reversível e suas soluções desviam o plano de luz polarizada para a direita. Pectinas provenientes de diversas fontes variam nas suas propriedades de formação de géis ou seja, na sua capacidade de geleificação devido a diferentes comprimentos da cadeia de ácido poligalacturônico e também ao grau de esterificação dos grupos carboxílicos com o álcool metílico. Estes fatores variam também com o método de extração da pectina (Fonseca (1971), citado por Lira Filho, 1995).

Os monogástricos não possuem capacidade enzimática para digerir celulose, arabinoxilano, β -glucanos ou pectinas (Bedford, 1996). A digestibilidade do material fibroso da dieta depende da habilidade dos microorganismos em quebrar os polissacarídeos e fermentar os monossacarídeos resultantes desta quebra. As bactérias e protozoários do ceco dos equinos colonizam os fragmentos dos vegetais e uma gama de enzimas realiza a hidrólise desses compostos; tanto as bactérias como os protozoários (exemplo: *Cycloposthium* spp e *Blepharocurus* spp) estão envolvidos na

degradabilidade das substâncias pécnicas através da produção das enzimas polygalacturonase, pectinlyase e pectinesterase (Bonhomme-Florentin, 1988).

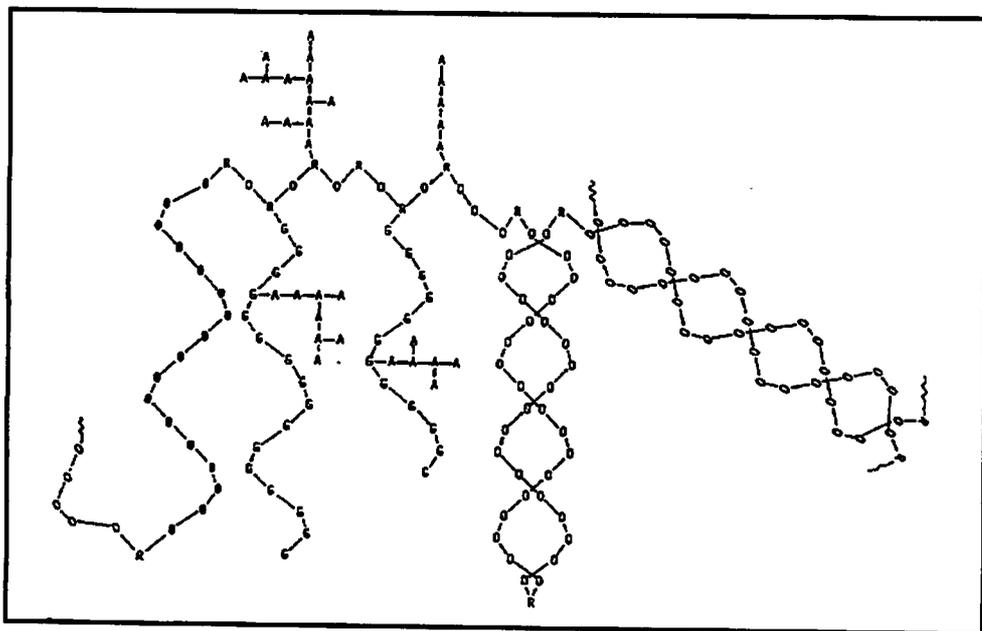


FIGURA 1 Estrutura da pectina. O = ácido galacturônico; ● = metil éster de ácido galacturônico; R = ramnose; G = galactose; A = arabinose (adaptada de Van Soest, 1994).

Segundo Buxton e Mertens (1995), os polissacarídeos pécnicos incluem os poligalacturanos e polissacarídeos neutros (principalmente arabinanos, galactanas e arabino galactanas). Estão presentes somente na lamela média da parede celular e atingem valores de 1% em gramíneas maduras e até 20% na parede celular de leguminosas.

De acordo com Van Soest (1994), fibra é a fração do tecido vegetal que resiste às enzimas produzidas pelo trato digestivo dos animais. Ainda segundo este autor, a parede celular tem dois tipos de fibra: a solúvel e a insolúvel. A

primeira está constituída pelos polissacarídeos não amiláceos solúveis em água, como o $\beta(1,3)$ -glucano da cevada, as pectinas das frutas, o arabinoxilano do arroz, as galactomanas das leguminosas e os polissacarídeos das algas.

No intestino delgado, a fibra solúvel promove a redução da absorção de vários nutrientes, destacando-se a glicose, colesterol e os aminoácidos, reduzindo, conseqüentemente, a digestibilidade ileal dos aminoácidos, lipídios e minerais (Eggum, 1995). Este efeito pode ser explicado pela formação de géis que prejudicam a atividade enzimática no intestino delgado, redução no esvaziamento gástrico, o impacto sobre a difusão e absorção dos nutrientes ou aumento da viscosidade da digesta (Sauer e Ozimek, 1986; Johansen et al., 1996).

De acordo com Bonhomme-Florentin (1988), assim como no rúmen, os microorganismos do ceco e cólon dos eqüinos decompõem os carboidratos da parede celular. Sunvold et al. (1995) avaliaram a fermentação *in vitro* da pectina de citros usando inóculo fecal de eqüinos e fluido rumenal de bovinos e encontraram valores de desaparecimento da matéria orgânica, de 87,3 e 90,3%, após 48 horas de incubação, para as duas espécies citadas, respectivamente.

De acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991), pectina é invariavelmente o carboidrato complexo mais rapidamente degradado, independentemente da fonte de origem.

Pectina não é fermentada para lactato (Ziolecki e Wojciechowicz, 1980; Szymanski, 1981; Van Soest, Robertson e Lewis, 1991) apesar da alta taxa de fermentação microbiana, gerando, predominantemente, ácido acético (Ziolecki e Wojciechowicz, 1980; Szymanski, 1981), além de ter alta capacidade de tamponamento. Isto é importante porque sob condições de pH baixo, a taxa de crescimento de todos os microorganismos decresce, mas os celulolíticos são mais drasticamente afetados (Van Soest, Robertson e Lewis, 1991).

Segundo Nocek e Tamminga (1991), a pectina, assim como os carboidratos não estruturais, é completamente digerida (90 até 100%) no rúmen e de acordo com Sniffen (1988), citado por Carvalho (1998), a uma taxa de 40 a 60% por hora. De acordo com Prins (1987), citado por Van Houtert (1993), pectina é quebrada pelos microorganismos em ácido péctico e ácido galacturônico e depois, via xilose, é convertida em frutose e triose.

Chesson e Monro (1982), ao avaliarem a digestibilidade de substâncias pécticas de leguminosas em ovinos, verificaram que elas foram rapidamente degradadas, e após 18 horas de incubação no rúmen, o desaparecimento das substâncias pécticas foi completo.

2.2 Particularidades digestivas dos eqüinos

Os eqüinos são herbívoros monogástricos e seu aparelho digestivo caracteriza-se por possuir o estômago pequeno e o intestino grosso muito desenvolvido, com ceco e cólon funcionais (Wolter, 1977; Hintz, 1983; Martin-Rosset, Doreu e Boulot, 1990). Apresentam flora microbiana que coloniza o intestino grosso, sendo, portanto, capazes de digerir a porção fibrosa dos alimentos, de maneira similar aos ruminantes para alimentos com até 15% de fibra bruta e com 75% da eficiência dos ruminantes para níveis superiores de fibra (Robinson e Slade, 1974).

Segundo Wolter (1977), os eqüinos apresentam uma fisiologia digestiva com características específicas: mastigação eficiente, taxa de passagem gástrica rápida, digestão enzimática intensa no intestino delgado e ação microbiana prolongada no intestino grosso.

De acordo com Tisserrand (1983), estes animais possuem mastigação muito potente, com abundante produção de saliva, e sua deglutição é

irreversível, em razão do desenvolvimento do véu palatino, que impede o retorno do bolo alimentar do esôfago para a boca, e também sua expulsão pelas vias nasais.

O estômago, em média, tem capacidade para 8 a 15 litros ou 10% do trato digestivo. Por este motivo, a permanência dos alimentos nesta porção do trato digestivo é pequena (menos de 2 horas), o que leva ao seu esvaziamento de 6 a 8 vezes por dia. Segundo Kern et al. (1974), apenas 20% da dieta consumida permanece no estômago por mais de 2 horas. Em consequência dessa pequena capacidade, o bolo alimentar é estratificado, sendo que a ordem de saída dos alimentos é condicionada pela ordem de chegada, permanecendo por mais tempo apenas a porção final da refeição que sofre com maior intensidade a ação do suco gástrico (Wolter, 1977).

Segundo Church e Pond (1982), os eqüinos não possuem enzimas capazes de degradar os carboidratos estruturais, mas os microorganismos, principalmente bactérias, presentes no ceco e cólon desses animais, secretam celulases, hemicelulases e pectinases que quebram as ligações dos polissacarídeos estruturais.

De acordo com Kern et al. (1973), pouco é conhecido a respeito da fisiologia dos microorganismos no trato intestinal dos eqüinos. Kern et al. (1974) afirmam que as bactérias do gênero *Bacteroides* são as mais abundantes no intestino grosso, as bactérias celulolíticas chegam a $4,3 \times 10^7$ por grama de conteúdo digestivo e que a presença ou não de alimento concentrado na dieta não altera este número de bactérias.

2.3 Digestibilidade

Digestibilidade é a quantidade do nutriente contido no alimento que é aproveitada pelo animal. Portanto, quanto maior a digestibilidade de um

alimento, maior a quantidade de nutrientes fornecidos para os processos de manutenção, crescimento, reprodução e trabalho.

Olsson e Ruudvere (1955) afirmam que uma série de fatores afetam a digestão nos eqüinos: individualidade do animal, composição química do alimento, capacidade de alimentação, tipo de trabalho, a granulometria e o conteúdo de água nos alimentos, a velocidade de trânsito dos alimentos no trato digestivo e a quantidade de fibra presente na ração.

Além dos fatores citados, o tratamento a que são submetidos os alimentos pode influenciar a sua digestão. Haenlein, Holdren e Yoon (1966) compararam os coeficientes de digestibilidade do feno de alfafa nas formas de pélete, flocos e farelo, e encontraram que o coeficiente de digestibilidade da fibra foi cerca de 15% menor na forma de pélete em relação às demais. No entanto, outros pesquisadores não encontraram diferenças nos coeficientes de digestibilidade entre as diferentes formas de processamento de ração (Manzano e Carvalho, 1978; Todd, Sauer e Christopherson, 1995).

O nível de consumo parece não afetar a digestibilidade de forragens em eqüinos. Martin-Rosset, Doreu e Boulot (1990) estudaram a influência do nível de consumo na digestibilidade dos nutrientes de uma ração contendo 85% de feno e 15% de concentrado, em cavalos adultos de raças leves, e encontraram que a alimentação dos cavalos ao nível de manutenção, e 1,6 vez acima dele, não afetou os coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, FB e EB. Resultados semelhantes foram encontrados por Todd, Sauer e Christopherson, (1995) quando alimentaram cavalos adultos ao nível de manutenção e 1,4 vez acima dele com feno de alfafa na forma de cubos. Os resultados demonstraram não ter havido diferença nos coeficientes de digestibilidade da MS, EB e PB e no tempo de trânsito da digesta entre os dois níveis de consumo. Entretanto, Pereira et al. (1989) observaram um aumento nos coeficientes de digestibilidade da MS, PB e

EB com o aumento do consumo voluntário de MS, assim como da proporção de concentrado na ração.

Hintz (1969) comparou a digestibilidade de diversos alimentos entre bovinos e eqüinos. Nos alimentos que continham menos de 15% de FB, não foram detectadas diferenças entre as duas espécies nos coeficientes de digestibilidade; porém, quando o teor de FB foi maior que 15%, os coeficientes de digestibilidade da MO e FB obtidos com eqüinos foram inferiores aos dos bovinos. Vander Noot e Gilbreath (1970) constataram que os eqüinos digerem fibra de gramíneas de média qualidade com cerca de 2/3 da eficiência dos bovinos. Uden e Van Soest (1982) justificaram esses resultados pelo fato de os eqüinos apresentarem uma taxa de passagem mais rápida e, por isso, o tempo de permanência do alimento no trato digestivo ser menor, reduzindo, dessa forma, a ação microbiana.

Os cavalos e pôneis parecem ser bastante semelhantes em sua capacidade de digerir alimentos (Slade e Hintz, 1969). Hintz (1990), em uma extensiva revisão de literatura, concluiu que os valores médios de digestibilidade da MS e EB obtidos com pôneis foram maiores do que aqueles encontrados com cavalos, mas a diferença foi muito pequena, justificando o uso de pôneis com um peso mínimo de 132 kg em estudos de digestão para avaliar alimentos para cavalos.

Os muares possuem uma maior capacidade de digestão de FDA e FDN do que os cavalos e pôneis, provavelmente pelo fato de serem capazes de reter mais partículas alimentares por longo tempo no aparelho digestivo, em comparação a estes animais (Cuddeford et al., 1995).

Pesquisas realizadas por Butler e Hintz, citados por Cunha (1991), demonstraram que os fornecimentos de 1, 2 e 6 refeições diárias a pôneis não afetaram os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA, quando foi usada uma ração peletizada. Concluiu-se, então, que a frequência de alimentação

não afeta a eficiência da digestão em cavalos, mas são recomendados no mínimo dois fornecimentos diários para evitar distúrbios digestivos. Carvalho (1992) verificou a influência da ordem de fornecimento de volumoso e concentrado na alimentação de eqüinos, por meio de um ensaio de digestibilidade. Os resultados demonstraram que o fornecimento do volumoso antes do concentrado, ou ambos misturados, proporcionaram os melhores coeficientes de digestibilidade.

De acordo com Tisserand (1983), o mais importante órgão do trato digestivo do cavalo é o intestino grosso (representa cerca de 60% do volume total), formado pelo ceco e cólon. A anatomia do ceco possibilita a retenção por mais tempo de partículas alimentares celulósicas; esta retenção permite o desenvolvimento de abundante população microbiana, composta por bactérias e protozoários. Esses microorganismos desintegram os resíduos alimentares que até então escaparam à digestão.

Segundo Meyer (1995), do tempo total de trânsito (35 – 50 horas) da digesta, aproximadamente 85%, são gastos no intestino grosso. Quando comparados a alimentos concentrados, os volumosos passam relativamente mais rápido pelo estômago e intestino delgado e ficam retidos por mais tempo no intestino grosso. Volumosos de baixa qualidade (palhas) permanecem por mais tempo no intestino grosso quando comparados a fenos ou forragens verdes.

De acordo com Wolter (1977), os eqüinos apresentam, como características marcantes de sua fisiologia digestiva, entre outras, uma digestão enzimática intensa no intestino delgado e uma ação microbiana prolongada no intestino grosso. Hintz (1983) enfatiza que o conhecimento da fisiologia da digestão dos eqüinos é essencial para práticas nutricionais sólidas, mas que é necessário conhecer não apenas como funciona o trato digestivo, mas quão eficiente pode vir a ser o seu funcionamento.

Segundo Frape (1992), a capacidade dos diferentes seguimentos do trato gastrointestinal, a taxa de passagem da digesta, a concentração dos nutrientes na

digesta do intestino, e principalmente as necessidades energéticas, são os fatores que explicam a regulação do consumo de matéria seca pelos eqüinos.

Olsson e Ruudvere (1955), Hintz (1969) e Robinson e Slade (1974), ao compararem os coeficientes de digestibilidade entre bovinos e eqüinos para alimentos com até 15% de fibra bruta (FB) na matéria seca, não observaram diferenças significativas. Para alimentos com teores de FB acima de 15%, a eficiência da digestão da matéria orgânica e da FB para os eqüinos foi de aproximadamente 75% da observada para os ruminantes.

Oliveira (1995) observou um aumento na digestibilidade dos constituintes da parede celular (FDN, FDA, celulose e lignina) quando comparou dietas com crescentes níveis de proteína. Este mesmo autor informa que a explicação para este fato pode ser atribuída ao menor teor de FDN e/ou à qualidade da digesta que vem do ílio e chega ao ceco, favorecida pelo aumento dos níveis de proteína bruta das rações, que quando mais rica em nutrientes, proporciona melhores condições de fermentação no intestino grosso, podendo auxiliar na digestibilidade dos constituintes da parede celular dos vegetais. Uden e Van Soest (1982) relatam que em consequência da intensa digestão e absorção de carboidratos solúveis e proteínas, que ocorre antes do intestino grosso, pouco substrato, além do material fibroso, pode alcançar o ceco dos eqüinos, podendo isto prejudicar a população microbiana e, por consequência, reduzir o aproveitamento dos carboidratos estruturais.

Hintz, Argenzio e Schryver (1971) afirmam que a porção pós-ileal do trato digestivo é mais importante para a digestão da FDN, enquanto a pré-cecal é a mais importante para a digestão de carboidratos não estruturais e da proteína, independente da proporção volumoso:concentrado da dieta. Por outro lado, segundo o NRC (1989), informações sobre a digestibilidade pré-cecal da proteína de alimentos individuais ou de dietas são escassas ou inexistentes.

Gibbs et al. (1988), trabalhando com alimentos volumosos, observaram que a digestibilidade aparente pré-cecal da proteína tende a aumentar à medida que a qualidade da forrageira aumenta. Resultados semelhantes foram observados por Glad (1984) em dietas com milho, aveia e feno de capim-timóteo; por Oliveira (1995) com capim elefante; e por Alvarenga (1996) com feno de *Coast cross* puro e acrescido de milho e farelo de soja. Farley, Potter e Gibbs, (1995) estimaram as digestibilidades verdadeiras pré-cecal e total da proteína do farelo de soja em 72,2 e 95,7 %, respectivamente, indicando que a maior digestibilidade ocorre no intestino delgado e apenas uma porção é degradada no ceco e cólon.

De acordo com Hintz e Cymbaluk (1994), considera-se que apenas os aminoácidos absorvidos no intestino delgado contribuem para o "pool" de aminoácidos no organismo, enquanto a proteína que escapa para o ceco e o cólon pode ser degradada até amônia pelos microorganismos. A amônia, por sua vez, pode ser absorvida, metabolizada e excretada na forma de uréia ou ser incorporada à proteína microbiana do trato digestivo. Reitnour et al. (1969) observaram alta capacidade de digestão dos compostos nitrogenados dietéticos no intestino grosso dos eqüinos. Resultados semelhantes foram encontrados por Reitnour e Salsbury (1972) quando, através de fistula cecal, infundiram farelo de soja e farinha de peixe diretamente no intestino grosso. Gibbs, Potter e Schelling, (1996) e Almeida (1997) encontraram valores de digestibilidade aparente pós-ileal, da proteína do milho, de 97,8 e 91,3%, respectivamente, o que reflete a alta capacidade de degradação da proteína dietética pelos microorganismos neste seguimento do trato digestivo.

De acordo com Almeida (1997), níveis elevados de ingestão de proteína podem superar a capacidade digestiva dos compostos nitrogenados no intestino delgado. Segundo Farley, Potter e Gibbs (1995), pode haver um limite máximo de digestão, no intestino delgado, da proteína ingerida, entre 125 e 150 mg/kg

de peso vivo em cada refeição. Estas afirmações indicam que o fornecimento de rações com altas concentrações de proteína, apesar dos altos níveis de digestão dos compostos nitrogenados no intestino delgado (Hintz, Argenzio e Schryver, 1971 ; Uden e Van Soest, 1982), pode proporcionar um aumento da proteína que *escapa* para o ceco e o cólon (Hintz e Cymbaluk, 1994), o que, por sua vez, pode melhorar as condições de fermentação no intestino grosso (Oliveira, 1995), e como consequência, aumentar o aproveitamento dos carboidratos estruturais pelo enriquecimento, em nutrientes, do substrato que alcança esta porção do trato digestivo (Uden e Van Soest, 1982).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.Q. Fluxo de matéria seca ileal, perdas endógenas e digestibilidade pré-cecal e total da proteína e dos aminoácidos em eqüinos. Viçosa: UFV, 1997. 120p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).
- ALVARENGA, R.C. Fluxo de matéria seca ileal, metodologias de coleta de digesta e digestibilidade aparente total e parcial em eqüinos. Viçosa: UFV, 1996. 54p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- BEDEFORD, M.R. Efecto del uso de enzimas digestivas en la alimentación de aves. *Avicultura Profesional*, Geórgia v.14, n.4, p.24-29, 1996.
- BONHOMME-FLORENTIN, A . Degradation of Hemicellulose and Pectin by Horse Caecum Contents. *The British Journal of Nutrition*, New York, v.60, n.1, p.185-192, Jan. 1988.
- BORGES, F.M.O . Utilização de enzimas em dietas avícolas. *Caderno Técnico da Escola de Veterinária*, Belo Horizonte, n.20, p.5-30, jun. 1997.
- BUXTON, D.R.; MERTENS, D.R.R. Quality - related characteristics of forages. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. *Forages: the science of grassland agriculture*. 5.ed. Iowa: Iowa State University Press, 1995. v.2, Cap.6, p.83-97.
- CARVALHO, M.A.G. Digestibilidade aparente em eqüídeos submetidos a três condutas de arraçamento. Belo Horizonte: UFMG-EV, 1992. 34p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- CARVALHO, M.P. Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais. Piracicaba: ESALQ, 1998. 120p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Animal- Agronomia).
- CHESSON, A.; MONRO, J.A. Legume pectic substances and their degradation in the ovine rumen. *Journal of the Science of the Food and Agriculture*, London, v.33, n.9, p.852-859, Sept. 1982.

- CHOCT, M.; HUGHES, R.J.; WANG, J. BEDFORD, M.R.; MORGAN, A.J.; ANNISON, G.** Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science, Scotland, v.37, n.3 , p.609-621, July, 1996.**
- CHURCH, D.C.; POND, W.G.** **Basic Animal Nutrition and Feeding.** 2.ed. New York: Joh Wiley & Sons, 1982. 403p.
- CUDDEFORD, D.; PEARSON, R.A.; ARCHIBALD, R.F.; MUIRHEAD, R.H.** Digestibility and gastrointestinal transit time of diets containing different proportions of alfalfa and oats straw give to thoroughbreds, shetland poneis, highland poneis and donkeys. **Animal Science, Scotland, v.61, n.2, p.407-417, Oct. 1995.**
- CUNHA, T.J.** **Horse feeding nutrition.** 2.ed. Gainsville: Academic Press, 1991. 445p.
- EGGUM, B.** The Influence of Dietary Fibre on Protein Digestion and Utilization in Monogastrics. **Archives of Animal Nutrition, Langhorne, v.48, p.89-95, 1995.**
- FARLEY, E.B.; POTTER, G.D.; GIBBS, P.G.** Digestion of soybean meal protein in the equine small and large intestine at various levels of intake. **Journal of Equine Veterinary Science, Wildomar, v.15, n.9, p.391-397, 1995.**
- FRAPE, D.** **Nutrition y alimentacion del caballo.** Zaragoza:Acribia, 1992. 403p.
- GIBBS, P.G.; POTTER, G.D.; SCHELLING, G.T.; KREIDER, J.L.; BOYD, C. L.** Digestion of hay protein in different segments of the equine digestive tract. **Journal of Animal Science, Champaign, v.66, n.2, p.400-406, Feb.1988.**
- GIBBS, P.G.; POTTER, G.D.; SCHELLING, G.T.** The significance of small vs large intestinal digestion of cereal grain and oilseed protein in the equine. **Journal of Equine Veterinary Science, Wildomar, v. 16, n.2, p.60-65, 1996.**

- GLADE, M.J. The influence of dietary fiber digestibility on the nitrogen requirements of mature horses. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.58, n.3, p.638-646, Mar. 1984.
- HAENLEIN, G.F.W.; SMITH, R.C.; YOON, Y.M. Determination of the fecal excretion rate of horses with chromic oxide. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.25, n.4, p.1091-1095, Nov. 1966.
- HINTZ, H.F. Digestion in ponies and horses. *Equine Practice*, Santa Barbara, v.12, p.5-6, 1990.
- HINTZ, H.F. *Horse nutrition: a practical guide*. New York:Arco Publishing, 1983. 228p.
- HINTZ, H.F. Review article: Equine Nutrition. Comparisons of digestion coefficients obtained with cattle, sheep, rabbits and horses. *Veterinarian*, London, v.6, n.1, p.45-51, 1969.
- HINTZ, H.F.; ARGENZIO, R.A.; SCHRYVER, H.F. Digestion coefficients, blood glucose levels and molar percentage of volatile acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage-grain ratios. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.33, n.5, p.992-995, Nov.1971.
- HINTZ , H.F.; CYMBALUK, N.F. Nutrition of the horse. *Annual Review Nutrition*, Palo Alto, v.14, p.243-267, 1994.
- IGBASAN, F.A.; GUENTER, W.; SLOMINSKI, B.A. The effect of pectinase and α - galactosidase supplementation on the nutritive value of peas for broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.77, n.3, p. 537-539, Sept. 1997.
- JOHANSEN, H.; KNUDSEN, K.E.B.; SANDSTRÖN, B.; SKIØTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *The British Journal of Nutrition*. New York, v.75, n.3, p.339-351, Mar. 1996.
- KERN, D.L.; SLYTER, L.L.; LEFFEL, E.C.; WEAVER, J.M.; OLTJEN, R.R. Ponies vs. Steers: microbial and chemical characteristics of intestinal ingesta. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.38, n.3, p.559-564, Mar. 1974.

- KERN, D.L.; SLYTER, L.L.; WEAVER, J.M.; LEFFEL, E.C.; SAMUELSON, G. Pony cecum vs. steer rumen: the effect of oats and hay on the microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.37, n.2, p.463-469, Aug. 1973.
- LEROUX, H.; SCHUBERT, E. Les applications des pectines HM dans les industries agroalimentaires. *Industries Alimentaires et Agricoles*, Paris, v.9, n.100. p.615-618, 1983.
- LEWIS, L.D. *Alimentação e cuidados do cavalo*. São Paulo: Roca, 1985. 248p.
- LIRA FILHO, J.F. Utilização da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*, f. *flavicarpa*, Degener) na produção de geléia. Capinas: UNICAMP, 1995, 132p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- MANZANO, A.; CARVALHO, R.T.L. Comparação entre ração completa peletizada e arraçoamento tradicional na alimentação de eqüinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.13, n.1, p.92-99, jan. 1978.
- MARTIN-ROSSET, W.; DOREU, M.; BOULOT, S. Influence of level of feeding and physiological state on diet digestibility in light and heavy breed horses. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.25, n.1, p.257-264, Jan. 1990.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.64, n.5, p.1548-1558, May, 1987.
- MEYER, H. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 303p.
- MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; AHRENS, F. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.124, n.8, p.1222-1229, Aug. 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrientes requeriments of horses*. 5.ed. Washington, 1989. 100p.
- NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.74, n.10, p.3598-3629, Oct. 1991.

- OLIVEIRA, A. A. M. A. **Digestão total e pré-cecal dos nutrientes em potros fistulados no íleo.** Viçosa: UFV, 1995. 92p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- OLSSON, N.; RUUDVERE, A. The nutrition of the horse. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Aberden, v.25, n.1, p.1-18, Jan. 1955.
- PEREIRA, J.C.; CARMO, M.B.; MOTTA, V.A.F.; SILVA, J.F.C.; TORRES, R. A. Feno de aveia (*Avena brizantuna*, k. Koch) associado ao concentrado em diferentes proporções na alimentação de equinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.18, n.5, p.359-366, jan./fev. 1989.
- REITNOUR, C.M.; BAKER, J.P.; MITCHEL, G.E.; LITTLE, C.O. Nitrogen digestion in different segments of the equine digestive tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.29, n.2, p.332-334, Aug. 1969.
- REITNOUR, C.M.; SALSBURY, R.L. Digestion and utilization of cecally infused protein by the equine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.35, n.6, p.1190-1193, Dec. 1972.
- ROBINSON, D.W.; SLADE, L.M. The current status of knowledge on the equine digestive tract. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.39, n.6, p.1045-1066, Dec. 1974.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.15, n.3, p.367-388, Mar. 1986.
- SLADE, L.M.; HINTZ, H. F. Comparasion of digestion in horses, poneis, rabbits and guinea pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.28, n.6, p.842-843, jun. 1969.
- SMITS, C.H.M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition- towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, Oxford, v.52,n.2, p.203-221, July. 1996.
- SUNVOLD, G.D.; HUSSEIN, H.S.; FAHEY JR., G.C.; MERCHEN, N.R.; REINHART, G.A. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.12, p.3639-3648, Dec. 1995.

ZIOLECKI, A.; WOJCIECHOWICZ, M. Small pectinolytic spirochetes from the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.39, n.4, p.919-922, Apr. 1980.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA PECTINA SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, EM EQÜINOS

1 RESUMO

O trabalho foi conduzido no Setor de Equinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, Brasil, com o objetivo de avaliar a influência da adição de pectina sobre a digestibilidade aparente de nutrientes, em eqüinos. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 níveis de pectina (0, 1, 2 e 3% da MS do feno de *Coast cross* consumido) e a adição ou não de farelo de soja, totalizando 8 tratamentos, com quatro repetições. As variáveis estudadas foram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB), fibra em detergente neutro (CDAFDN), fibra em detergente ácido (CDAFDA), hemicelulose (CDAHEM) e da energia bruta (CDAEB); além dessas variáveis, as energias digestível (ED) e metabolizável (EM) também foram estudadas. A adição de pectina não afetou ($p>0,05$) o CDAMS, CDAFDN, CDAFDA e CDAEB nem as ED e EM; melhorou ($p<0,05$) o CDAPB, quando no nível de 1,25%, e o CDAHEM em todos os níveis utilizados. Conclui-se que a adição de 1,25% de pectina à dieta melhorou a digestibilidade aparente da PB e a adição de 3% de pectina proporcionou a melhor digestibilidade aparente da hemicelulose. A adição de farelo de soja à dieta, com o intuito de aumentar o aproveitamento da fibra bruta dos alimentos como fonte de energia, não é aconselhável, uma vez que não houve melhora da digestibilidade aparente da FDN e da FDA, e nem da EM da dieta.

2 ABSTRACT

The work was carried out at the Equine Production Sector of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil, with the objective of evaluating the influence of pectin addition on the apparent digestibility of nutrients in horses. The experimental design was completely randomized in a 4x2 factorial arrangement, being four pectin levels (0, 1, 2 and 3% of the DM of the hay of *Coast cross* consumed) and addition or not of soybean meal amounting to eight treatments with four replications. The studied variables were the coefficients of apparent digestibility of dry matter (CADDM), crude protein (CADCP), neutral detergent fiber (CADNDF), acid detergent fiber (CADADF), hemicellulose (CADHEM) and of gross energy (CAGED); besides those variables digestible energy (DE) and the metabolizable energy (ME) were also studied. Pectin addition did not affect ($p>0.05$) the CADDM, CADNDF, CADADF, CAGED and nor DE and ME; it improved ($p<0.05$) CADCP, when at the level of 1.25% and CADHEM at all the used levels. It follows that the addition of 1.25% of pectin to the diet improved the apparent digestibility of CP and addition of 3% pectin provided the best apparent digestibility of hemicellulose the addition of soybean meal to the diet with the purpose of increasing the utilization of crude fiber of feed as an energy source is not advisable, since there was no improvement of apparent digestibility of the NDF and ADF and nor of the ME of the diet.

3 INTRODUÇÃO

Durante a evolução das espécies eqüinas, estes animais desenvolveram a capacidade de serem herbívoros e como tal se alimentarem de vegetais cuja densidade de nutrientes, apesar de baixa, era suficiente para atender suas exigências energéticas.

Com a domesticação, os eqüinos passaram a ser mais exigidos fisicamente, com conseqüente aumento das exigências energéticas. Com o intuito de suprir a maior demanda de energia, o homem, ao invés de trabalhar no sentido de aumentar a eficiência de utilização dos alimentos normalmente consumidos por esses animais, passou a alimentá-los como monogástricos não herbívoros e, por conseqüência, promoveu e/ou intensificou o surgimento de diversos problemas, tais como cólicas, laminites, epifisites, etc.

Nesta pesquisa objetivou-se avaliar, em eqüinos, a influência da adição de pectina sobre a digestibilidade de nutrientes de alimentos volumosos, visando melhorar a conversão da fibra em energia através do enriquecimento, em nutrientes, da digesta que alcança o intestino grosso.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Os eqüinos são herbívoros monogástricos e seu aparelho digestivo caracteriza-se por possuir o estômago pequeno e o intestino grosso muito desenvolvido, com ceco e cólon funcionais (Wolter, 1977; Hintz, 1983; Martin-Rosset, Doreu e Boulot, 1990). Os microorganismos que colonizam o intestino grosso são capazes de digerir a porção fibrosa dos alimentos com a mesma eficiência dos ruminantes para alimentos com até 15% de fibra bruta e com 75% da eficiência, para os alimentos com níveis superiores de fibra (Robinson e Slade, 1974).

Para Wolter (1977), a digestão no intestino delgado dos eqüinos é intensa e predominantemente enzimática, e no intestino grosso é microbiana e prolongada. De acordo com Church e Pond (1982), os eqüinos não sintetizam enzimas capazes de degradar os carboidratos estruturais, mas os microorganismos, que colonizam o ceco e o cólon desses animais, produzem celulases, hemicelulases e pectinases que quebram as ligações desses carboidratos.

Segundo Tisserand (1983), o mais importante segmento do trato digestivo dos eqüinos é o intestino grosso (ceco e cólon), que representa cerca de 60% do volume total. A anatomia do ceco possibilita a retenção por um tempo maior das partículas alimentares celulósicas; esta retenção possibilita o desenvolvimento abundante de população microbiana, que degrada os resíduos alimentares que escaparam da digestão enzimática. Entretanto, Uden e Van Soest (1982) afirmam que em consequência da intensa digestão e absorção dos carboidratos solúveis e da proteína, que ocorre antes do intestino grosso, pouco substrato além do material fibroso atinge o ceco dos eqüinos e isto pode prejudicar os microorganismos, reduzindo, por consequência, a capacidade de aproveitamento dos carboidratos estruturais. Hintz, Argenzio e Schryver (1971)

ratificam estes relatos ao afirmarem que a porção pós-ileal do trato digestivo dos eqüinos é mais importante para a digestão da FDN, enquanto a pré-cecal é a de maior importância para a digestão dos carboidratos não estruturais e da proteína.

Devido à natureza das ligações químicas entre as unidades de monossacarídeos ou as características específicas dos polissacarídeos, os PNAS são resistentes à hidrólise pré-cecal em animais monogástricos, mas são totalmente fermentados pelos microorganismos intestinais, produzindo ácidos graxos voláteis (AGV). Estudos recentes com monogástricos, utilizando PNAS, comprovaram que devido as características específicas dessas substâncias, é possível o carreamento de nutrientes para o intestino grosso, o que poderá promover, nos eqüinos, uma maximização da eficiência da digestão pós-ileal, pela melhoria das condições de fermentação no intestino grosso através do enriquecimento, em nutrientes, do substrato que alcança esta porção do trato digestivo (Uden e Van Soest, 1982).

No intestino delgado, a fibra solúvel promove uma redução na taxa de absorção de vários nutrientes, reduzindo, conseqüentemente, a digestibilidade (Eggum, 1995). Este efeito pode ser explicado pela formação de géis que prejudicam a atividade enzimática no intestino delgado ou aumento da viscosidade da digesta (Sauer e Ozimek, 1986; Johansen et al., 1996).

Kerkamp e Duran, citados por Borges (1997), relatam que os PNAS protegem os nutrientes que se encontram no interior das células, impedindo o acesso das enzimas endógenas necessárias à sua digestão, e formando gel que dificulta a absorção dos nutrientes. Cleophas et al. (1995), citados por Igbasan, Guenter e Slominshi (1997), informam que os PNAS produzem soluções viscosas que incrementam a viscosidade da digesta e reduzem a utilização dos nutrientes.

Smits e Annison (1996), através do enriquecimento da dieta de frangos de corte com 4% de PNAS, observaram a redução da digestibilidade do amido,

proteína e lipídio de 96, 75 e 93 para 82, 61 e 69%, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Choct et al. (1996), que ao substituírem a celulose da ração por PNAS, verificaram a alteração da digestibilidade do amido, proteína e gordura de 90, 79,1 e 93,7 para 56,3 , 52,3 e 38,6%, respectivamente. Mosenthin, Sauer e Ahrens (1994), ao compararem a digestibilidade aparente ileal da matéria orgânica e da proteína bruta em suínos alimentados com dietas basal e acrescida de 7,5% de pectina, constataram reduções nas digestibilidades, de 85,9 para 74,1 e de 83,8 para 69,0%, respectivamente.

Segundo Van Soest (1994), pectina é um polissacarídeo rico em ácido galacturônico que, na nutrição de humanos e de não ruminantes, é considerado como parte da fibra dietética e não é atacado pela amilase. De acordo Bedford (1996), os monogástricos não possuem capacidade enzimática para digerir pectinas. Para Bonhomme-Florentin (1988), a digestibilidade do material fibroso da dieta depende da habilidade dos microorganismos em quebrar os polissacarídeos e fermentar os monossacarídeos resultantes desta quebra .

A degradabilidade da pectina, apesar de atingir níveis de 40 a 60% por hora (Sniffen, 1988, citado por Carvalho, 1998), não promove a fermentação láctica, ao contrário do amido e de outros açúcares (Van Soest, Robertson e Lewis, 1991). Ainda segundo estes autores, isto é importante porque sob condições de pH baixo, a taxa de crescimento de todos os microorganismos decresce, mas os celulolíticos são os mais adversamente afetados.

Sounvold et al. (1995) avaliaram a fermentação *in vitro* da pectina de citros usando inóculo fecal de eqüinos, e encontraram valores de desaparecimento da matéria orgânica de 87,3%, após 48 horas de incubação.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

O experimento foi conduzido na sala de metabolismo do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG.

O município de Lavras está localizado na região sul do Estado de Minas Gerais, sendo sua latitude de 21°14' S e longitude 45°00' W de Greenwich, com altitude média de 918,0 m (Brasil, 1992). Seu clima é do tipo Cwb (Koppen), com precipitação média anual de 1493mm, temperatura mínima de 14,6°C e máxima de 36,0°C (Vilela e Ramalho, 1980).

5.2 Pré-teste

Na literatura consultada não encontrou-se pesquisa na qual fosse avaliada a influência da pectina (PECT) sobre a digestibilidade de nutrientes em eqüinos, portanto, realizou-se um pré-teste, utilizando esta substância na dieta, para analisar a digestibilidade de nutrientes e, a partir dos resultados, determinar os níveis de pectina a serem testados no experimento. Trabalhos realizados com aves (Smits e Annison, 1996) e suínos (Mosenthin, Sauer e Ahrens, 1994), utilizando 4,0 e 7,5% de pectina, respectivamente, encontraram reduções na digestibilidade dos nutrientes.

No pré-teste, utilizou-se três tratamentos:

T1 = feno de *Coast cross* (FC);

T2 = feno de *Coast cross* + 6% de pectina (FC + 6% PECT);

T3 = feno de *Coast cross* + 6% de pectina + 10% de farelo de soja
(FC + 6 % PECT + 10 % FS).

O pré-teste foi dividido em uma fase de adaptação à dieta, com duração de 10 dias, e uma fase de coleta das fezes e urina, com 5 dias de duração. Os tratamentos foram repetidos duas vezes. Foram utilizados cavalos adultos castrados, sem raça definida, com idade entre 8 e 10 anos e peso médio de aproximadamente 334,0 kg.

Na fase de adaptação, os animais foram alojados em baias individuais, confeccionadas com tubos galvanizados e parcialmente cobertas, com área de 10m², piso de cimento, sem cama, cocho de cimento e bebedouros automáticos. Os animais eram exercitados em uma área sem cobertura vegetal uma vez por dia, durante 30 minutos, entre 7:00 e 8:00 h, quando se realizava a limpeza das baias.

Na fase de coleta, os animais foram alojados individualmente nas gaiolas de metabolismo, de modelo semelhante ao descrito por Furtado e Tosi (1996), com algumas adaptações, que permitiram a coleta de fezes e urina, separadamente. Os animais eram retirados das gaiolas por um período de 15 minutos, diariamente, para se exercitarem, sendo conduzidos por cabresto, ao passo, em local desprovido de forragem. Este tempo era suficiente para a higienização das gaiolas.

O nível de 6% de pectina utilizado no pré-teste promoveu uma nítida tendência à redução da digestibilidade dos nutrientes estudados (MS, PB, FDN, HEM, FDA e EB), conforme demonstra a Tabela 1.

TABELA 1 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, FDN, HEM, FDA e EB em eqüinos alimentados com pectina (PECT) e farelo de soja (FS).

Coeficientes (%)	Tratamentos			CV (%)
	100% FC	FC + 6%PECT	FC + 6%PECT + 10%FS	
CDAMS	50,95 ^(0,61)	46,88 ^(1,20)	47,71 ^(1,17)	3,01
CDAPB	47,70 ^(2,94)	42,60 ^(1,65)	53,23 ^(5,92)	5,92
CDAFDN	63,99 ^(1,09)	60,69 ^(0,29)	57,13 ^(1,88)	2,96
CDAHEM	71,75 ^(1,13)	69,79 ^(0,17)	66,24 ^(2,20)	2,93
CDAFDA	53,96 ^(1,05)	47,50 ^(0,96)	43,83 ^(1,42)	3,39
CDAEB	50,52 ^(1,49)	46,81 ^(1,32)	47,45 ^(1,27)	3,87

Baseando-se nos resultados não satisfatórios encontrados e sendo o objetivo melhorar a eficiência da digestão microbiana (através do enriquecimento da digesta que alcança o intestino grosso), que consequentemente aumentaria a digestibilidade dos nutrientes, optou-se por testar, no experimento, níveis de pectina inferiores ao utilizado no pré-teste. O fornecimento de elevados níveis de carboidrato de fácil degradabilidade aos microorganismos pode ter promovido uma priorização do seu uso, em detrimento daqueles carboidratos de mais difícil degradação, o que foi refletido por um decréscimo da digestibilidade dos nutrientes quando adicionados 6% de pectina à dieta.

5.3 Animais e período experimental

No experimento foram utilizados cavalos adultos castrados, sem raça definida, com idade entre 8 e 10 anos e peso médio de aproximadamente 330,0 kg.

Foram colocados, na sala de metabolismo, termômetros de máxima e de mínima e de bulbo seco e úmido, para mensurar as temperaturas máximas e mínimas e determinar a umidade relativa durante o ensaio. As médias das

temperaturas mínimas e máximas no período foram 13,25 e 24,85°C, respectivamente. As médias das umidades relativas, mínimas e máximas no período, foram 43,00 e 72,80%, respectivamente (calculadas de acordo com Vianello, 1991).

5.4 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram agrupados em um esquema fatorial 4x2, sendo 4 níveis de pectina (0, 1, 2 e 3% da MS do feno de *Coast cross* consumido) e a adição ou não de farelo de soja, totalizando 8 tratamentos. Os níveis de pectina utilizados foram determinados em função dos resultados observados no pré-teste.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 4 repetições por tratamento. Os resultados dos coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, FDN, FDA, HEM e EB e as ED e EM foram analisados pelo programa estatístico Statistical Analyses System (SAS, 1996), utilizando o modelo a seguir descrito e análises de regressão.

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{(ij)k} ,$$

onde :

y_{ijk} = Valor da parcela que recebeu o nível i de PECT e o nível j de FS na repetição k ($k = 1, 2, 3, 4$);

μ = média geral;

α_i = efeito do nível i de PECT ($i = 1, 2, 3, 4$);

β_j = efeito do nível j de FS ($j = 1, 2$);

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efeito da interação dos fatores PECT e FS;

$e_{(ij)k}$ = erro experimental associado à observação $Y_{(ij)k}$, que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Com os seguintes tratamentos:

T01 = FC

T02 = FC + FS

T03 = FC + 1 % PECT

T04 = FC + 1 % PECT + FS

T05 = FC + 2 % PECT

T06 = FC + 2 % PECT + FS

T07 = FC + 3 % PECT

T08 = FC + 3 % PECT + FS

FC = Feno de *Coast cross*.

PECT = Pectina

FS = Farelo de soja.

O experimento foi dividido em uma fase de adaptação à dieta de 10 dias e uma fase de coleta de fezes e urina com duração de 5 dias (120 horas), de forma semelhante ao pré-teste.

5.5 Manejo e alimentação dos animais

Os cavalos foram vermifugados, tosados e banhados com carrapaticida antes do início do ensaio.

Os animais receberam 6,0 kg de feno de *Coast cross* por dia, acrescido ou não, de farelo de soja (940 g de FS/dia) e/ou pectina (60, 120 ou 180 g de

PECT/dia, o que representava os níveis de 1 , 2 e 3%, respectivamente) em função do tratamento recebido. Este valor de 6,0 kg de feno representava um consumo diário de matéria seca (MS) entre 1,9% do peso vivo (PV), para o cavalo mais leve, a 1,7% do PV (para o cavalo mais pesado), o que possibilitou a inexistência de sobras e o atendimento das recomendações do NRC (1989). A composição química dos ingredientes utilizados para a formulação da dieta é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2 Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia bruta (EB), dos ingredientes da dieta, expressos em porcentagem da matéria seca.

Ingredientes	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EB (kcal/kg)
Feno de <i>Coast cross</i>	89,39	14,13	79,76	37,69	4188
Farelo de Soja	88,01	46,09	13,33	5,27	4082
Pectina	88,56	0,0	0,0	0,0	3207

Análises realizadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

Foram realizados dois fornecimentos diários, às 7:30 e 17:00 h; os bebedouros eram completados nos mesmos horários para que sempre houvesse água à disposição dos animais.

O feno utilizado era picado em moinho de martelo com peneira de 1,1 cm de diâmetro. O farelo de soja foi fornecido como adquirido e a pectina era umedecida para aderir ao feno e não permitir a seleção, com possível rejeição, pelos animais. Sal mineral foi sempre fornecido *ad libitum*.

5.6 Coleta das amostras

Os animais ficaram contidos nas gaiolas metabólicas por um período exato de 120 h (5 dias). As fezes eram coletadas duas vezes ao dia, às 7:00 e

17:00 h, pesadas, homogeneizadas e amostradas em 10%, sendo acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados a uma temperatura de -15°C, para posteriores análises. A urina também era coletada nos mesmos horários das coletas das fezes, pesada, homogeneizada e amostrada em 2%, sendo acondicionada em frascos de plástico, devidamente identificados, e armazenada da mesma forma que as fezes.

Foram colocados 50 ml de ácido clorídrico, a 50%, em cada coletor de urina, após cada coleta. As amostras de fezes e urina formaram uma amostra composta após o final do período de coleta. O feno de *Coast cross* era amostrado diariamente, após ser picado e armazenado em *freezer*, para posterior análise. O farelo de soja era amostrado quando da abertura dos sacos e em seguida analisado.

5.7 Preparo das amostras e análises laboratoriais

As amostras de fezes e urina foram descongeladas e homogeneizadas e delas retiradas uma porção para fazer a pré-secagem em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 60°C por 72 h. As amostras de urina para análise de energia bruta (EB) eram secas diretamente em cápsulas de polietileno devidamente pesadas e identificadas. As amostras de fezes, posteriormente à pré-secagem, foram moídas em moinho de martelo com peneira de 1 mm e armazenadas em vasilhames de plástico, identificados e tampados.

Nas amostras de fezes, feno de *Coast cross*, farelo de soja e pectina foram realizadas análises de MS, PB, FDN, FDA e EB e nas de urina apenas EB. A hemicelulose (HEM) foi encontrada por diferença entre FDN e FDA. As análises de MS, PB e EB foram feitas seguindo a metodologia descrita por Silva (1998) e as de FDN e FDA conforme método de Van Soest (A.O.A.C., 1990).

A pectina utilizada foi obtida da empresa BRASPECTINA (Empresa do grupo CITRUSCOLÓIDE) com 100% de pureza.

5.8 Cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes

Para os cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente para MS, PB, FDN, FDA, HEM e EB, foi usada a seguinte fórmula:

$$\text{CDAN (\%)} = \frac{(N_{\text{CON}} - N_{\text{EXC}})}{N_{\text{CON}}} \times 100$$

Onde:

CDAN = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente

N_{CON} = quantidade do nutriente consumido, em gramas.

N_{EXC} = quantidade do nutriente excretado, em gramas.

5.9 Cálculos das energias digestível e metabolizável aparentes

5.9.1 Energia digestível aparente

Para o cálculo da energia digestível aparente utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{ED(kcal/kg)} = \frac{\text{EBC} - \text{EBF}}{\text{MSC}}$$

Onde:

ED = energia digestível aparente.

EBC = energia bruta consumida.

EBF = energia bruta das fezes.

MSC = matéria seca consumida

5.9.2 Energia metabolizável aparente

Para o cálculo da energia metabolizável aparente utilizou-se a fórmula abaixo:

$$EM(\text{kcal/kg}) = \frac{EBC - EBF - EBU}{MSC}$$

Onde:

EM = energia metabolizável aparente

EBC = energia bruta consumida.

EBF = energia bruta das fezes.

EBU = energia bruta da urina.

MSC = matéria seca consumida.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS)

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) em equínos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	CDAMS (%)		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	43,77 ^(1,15)	49,58 ^(1,36)	46,67 ^(1,37)
1	47,29 ^(0,98)	48,74 ^(0,96)	48,01 ^(0,69)
2	47,08 ^(1,38)	48,98 ^(1,64)	48,03 ^(1,05)
3	45,44 ^(1,45)	49,50 ^(0,80)	47,47 ^(1,08)
Médias	45,89 ^{(1,34)**}	49,20 ^{(1,12)**}	
¹ CV(%)	5,23		

** Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

¹ Coeficiente de variação do CDAMS.

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e FS, para os CDAMS.

Não foram verificadas diferenças ($p > 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente da MS em função da adição de pectina. Por outro lado, a adição de farelo de soja melhorou ($p < 0,01$) a digestibilidade da MS. Isto era esperado devido aos altos níveis de digestibilidade do farelo de soja (Farley, Potter e Gibbs, 1995).

O valor encontrado (43,77%) para o CDAMS do feno de *Coast cross*, sem a adição de pectina e farelo de soja, ou seja do tratamento testemunha, foi

próximo ao encontrado por Araujo (1999) em condições experimentais semelhantes (43,47%).

Aiken et al. (1989), trabalhando com dieta exclusiva de volumoso à base de feno de *Coast cross*, por meio do método de coleta total de fezes, também encontraram valor da digestibilidade da MS semelhante ao obtido neste trabalho (43,0%), assim como Almeida (1994), 43,1%; e Almeida et al. (1999), 45,1%. Por outro lado, o valor encontrado neste trabalho foi inferior ao de Manzano et al. (1999), 58,2%.

As variações entre os coeficientes de digestibilidade aparente da MS deve-se a fatores, como a composição química do alimento, granulometria, conteúdo de água e quantidade de fibra presente na ração (Olsson e Ruudvere, 1955). Além dos fatores citados, o tratamento a que são submetidos os alimentos pode influenciar a sua digestão (Haenlein, Holdren e Yoon, 1966).

6.2 Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB)

Os coeficientes de digestibilidade aparente da PB são mostrados na Tabela 4.

TABELA 4 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) em equínos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	CDAPB (%)		
	Farelo de soja		Médias ²
	Sem	Com	
0	51,36 ^(1,62)	63,85 ^(2,56)	57,60 ^(2,74)
1	57,17 ^(3,61)	67,35 ^(2,56)	62,26 ^(2,81)
2	52,70 ^(0,89)	64,69 ^(1,40)	58,69 ^(2,39)
3	46,33 ^(3,62)	64,19 ^(2,46)	55,26 ^(3,94)
Médias	51,89 ^{(3,15)**}	65,02 ^{(2,17)**}	
¹ CV (%)	8,61		

** Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

¹ Coeficiente de variação do CDAPB.

² Efeito quadrático ($p < 0,05$)

Não se observou interação significativa ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e farelo de soja para os CDAPB, evidenciando que a adição de farelo de soja aumenta a digestibilidade da PB da dieta independente do nível de inclusão de pectina.

Como pode ser verificado na Figura 2, houve efeito quadrático ($p < 0,05$) no coeficiente de digestibilidade aparente da PB em função da adição de níveis crescentes de pectina, sendo que o nível de 1,25% proporcionou maiores valores de digestibilidade. A adição de pectina inicialmente melhorou a digestibilidade da proteína como consequência do fornecimento de uma fonte de energia de fácil e rápida utilização para a população de microorganismos, o que a tornou mais eficiente; o aumento da quantidade de pectina, além da melhora da eficiência digestiva, provavelmente promoveu o crescimento da população de

microorganismos que, por apresentar até 10% de nitrogênio na MS (Van Soest, 1994) ao ser excretada através das fezes, subestimou a digestibilidade da proteína da dieta, reduzindo o CDAPB.

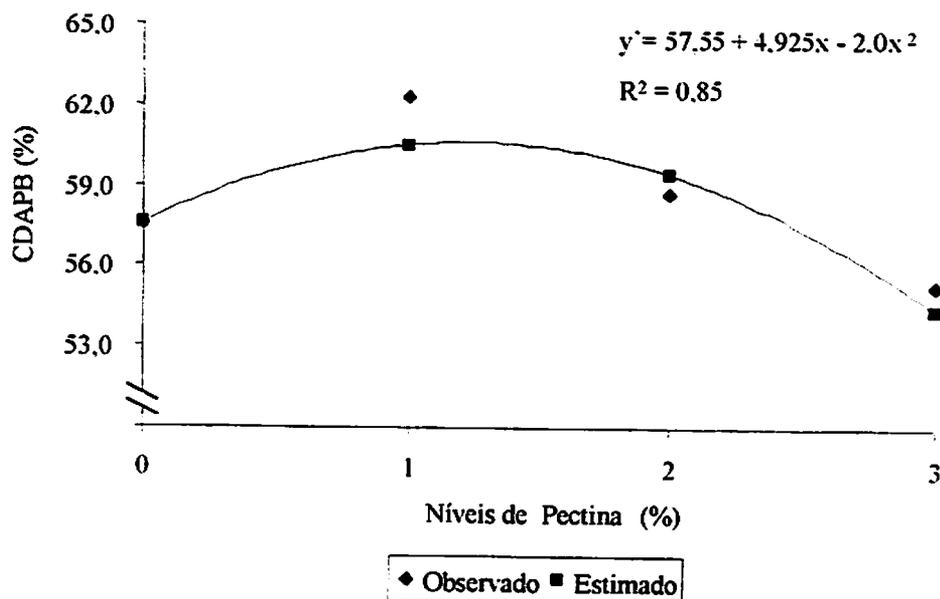


FIGURA 2 Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) da dieta em função da adição de níveis crescentes de pectina.

A adição de farelo de soja resultou em aumento ($p < 0,01$) da digestibilidade da PB em função da qualidade da proteína deste ingrediente, o qual, segundo Farley, Potter e Gibbs (1995), chega a atingir valores de digestibilidades verdadeiras pré-cecal e total de 72,2 e 95,7%, respectivamente. De acordo com Almeida (1997), a digestibilidade da proteína do farelo de soja, em eqüinos, é de 94,8%, valor próximo ao encontrado por Farley, Potter e Gibbs (1995).

[REDACTED]

O valor encontrado (51,36%) para CDAPB do feno de *Coast cross* foi superior ao encontrado por Araujo (1999), em condições experimentais semelhantes (40,41%). Aiken et al. (1989), para a mesma gramínea e por meio do método de coleta total de fezes, obtiveram valores de 50,7%, e Almeida et al. (1999), também para o *Coast cross*, 46,92%. Entretanto, Manzano et al. (1999) encontraram valores de 70,8%. Estas diferenças podem ser atribuídas a diversos fatores que podem interferir na qualidade do feno, tais como: estágio vegetativo da forragem, condições de armazenamento, tecnologia empregada no processo de fenação, fatores climáticos, etc. (Andriquetto et al., 1981).

6.3 Coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN)

Os coeficientes de digestibilidade aparente da FDN são mostrados na Tabela 5.

TABELA 5 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN) em eqüinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	CDAFDN (%)		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	52,01 ^(2,32)	52,61 ^(1,49)	52,31 ^(1,28)
1	54,09 ^(1,23)	51,61 ^(1,75)	52,85 ^(1,09)
2	55,46 ^(2,46)	50,93 ^(1,31)	53,20 ^(1,55)
3	53,98 ^(0,98)	51,03 ^(0,64)	52,51 ^(0,77)
Médias	53,88 ^(1,78)	51,54 ^(1,26)	
¹ CV(%)	6,20		

¹ Coeficiente de variação do CDAFDN.

Não observou-se ($p>0,05$) interação dos fatores estudados, assim como diferenças ($p>0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente da FDN em função da adição de pectina e/ou farelo de soja.

O valor da digestibilidade aparente (52,01%) da FDN do feno de *Coast cross* para o tratamento testemunha (0% de pectina e sem farelo de soja) e para os demais tratamentos foi superior ao encontrado por Araujo (1999) em condições experimentais semelhantes, que foi de 45,69%, e por Manzano et al. (1999), de 37,20%.

A adição de pectina, que representou um fornecimento extra de energia bruta para os microorganismos do intestino grosso de até aproximadamente

600 kcal/dia, não promoveu aumento da digestibilidade aparente da FDN, discordando com a hipótese de Uden e Van Soest (1982), que afirmam que o enriquecimento em nutrientes da digesta que alcança o ceco e cólon poderá melhorar o aproveitamento dos carboidratos estruturais. A rápida taxa de passagem de alimentos nos eqüinos pode não ter permitido uma eficiente colonização pelos microorganismos da porção fibrosa do alimento, não havendo, por consequência, um aumento da sua degradação, refletido pela não alteração da digestibilidade aparente da FDN da dieta. O tempo de retenção de partículas no compartimento de fermentação em eqüinos é de apenas 20% do tempo de retenção de bovinos (Uden, 1978 e Van Soest et al., 1978, citados por Van Soest, 1994) devido à ausência de uma estrutura neste compartimento capaz de reter partículas não degradadas, o que permite a sua excreção, pelas fezes, forçada pelo consumo de mais alimentos e/ou pelos movimentos peristálticos, antes de terem sofrido uma eficiente degradação.

A adição de farelo de soja também não promoveu melhora na digestibilidade aparente da FDN, o que está de acordo com Juliand, Prevost e Tisserand (1993), que informam que a adição de farelo de soja não tem efeito positivo sobre as bactérias celulolíticas, podendo até, inclusive, reduzir a digestão das fibras.

6.4 Coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (CDAFDA)

Os coeficientes de digestibilidade aparente da FDA são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (CDAFDA) em equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	CDAFDA (%)		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	49,09 ^(2,60)	49,82 ^(2,15)	49,45 ^(1,57)
1	49,83 ^(1,10)	47,79 ^(1,47)	48,81 ^(0,93)
2	49,63 ^(1,34)	47,14 ^(2,25)	48,39 ^(1,30)
3	47,73 ^(2,37)	47,07 ^(1,53)	47,40 ^(1,31)
Médias	49,07 ^(1,80)	47,95 ^(1,78)	
¹ CV (%)	7,94		

¹ Coeficiente de variação do CDAFDA.

Não houve interação ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e farelo de soja, assim como não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente da FDA em função dos tratamentos aplicados.

Os valores da digestibilidade aparente da FDA foram superiores aos encontrados por Araújo (1999) em condições experimentais semelhantes, que em média foi de 34,72%. Aiken et al. (1989), também trabalhando com feno de *Coast cross* e coleta total de fezes, encontraram o valor de 35,7%, e Manzano et al. (1999), de 34,0%.

A adição de pectina, que representou um fornecimento extra de energia bruta para os microorganismos do intestino grosso (de até aproximadamente 600 kcal/dia), não melhorou a digestibilidade aparente da FDA. Ao contrário, Uden e Van Soest (1982) informam que o enriquecimento em nutrientes do substrato que sofre digestão microbiana, nos eqüinos, pode melhorar o aproveitamento dos carboidratos estruturais. A rápida taxa de passagem de alimentos nos eqüinos não permitiu melhorar a digestibilidade aparente da FDA. Segundo Uden (1978) e Van Soest et al. (1978), citados por Van Soest (1994), o tempo de retenção de partículas no compartimento de fermentação em eqüinos é aproximadamente 5 vezes menor que o tempo de retenção em bovinos, o que não permite uma eficiente colonização da fibra, prejudicando a degradação da FDA. A inexistência de uma estrutura no intestino grosso para reter as partículas não degradadas permite a excreção destas partículas pelas fezes, intensificada pelo consumo de mais alimentos e/ou pelos movimentos peristálticos.

Com relação à adição de farelo de soja, não foi verificada melhora na digestibilidade aparente da FDA. Juliand, Prevost e Tisserad (1993) informam que a adição de farelo de soja não tem efeito positivo sobre as bactérias celulolíticas, o que pode, inclusive, reduzir a digestão das fibras.

6.5 Coeficientes de digestibilidade aparente da hemicelulose (CDAHEM)

Os coeficientes de digestibilidade aparente da hemicelulose encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da hemicelulose (CDAHEM) em equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	CDAHEM (%)		
	Farelo de soja		Médias ²
	Sem	Com	
0	55,07 ^(2,08)	55,50 ^(2,49)	55,28 ^(1,51)
1	59,53 ^(1,35)	56,61 ^(3,00)	58,07 ^(1,62)
2	63,36 ^(3,50)	56,90 ^(1,08)	60,13 ^(2,09)
3	63,22 ^(0,72)	58,13 ^(1,02)	60,68 ^(1,12)
Médias	60,29 ^{(2,61)*}	56,79 ^{(1,96)*}	
¹ CV(%)	7,28		

* Significativo ao nível de 5% pelo teste de F.

¹ Coeficiente de variação do CDAHEM.

² Efeito linear ($p < 0,05$).

Não se observou interação significativa ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e farelo de soja para os CDAHEM.

Como pode ser observado na Figura 3, houve efeito linear ($p < 0,05$) na digestibilidade aparente da hemicelulose, que melhorou em função dos níveis crescentes de pectina.

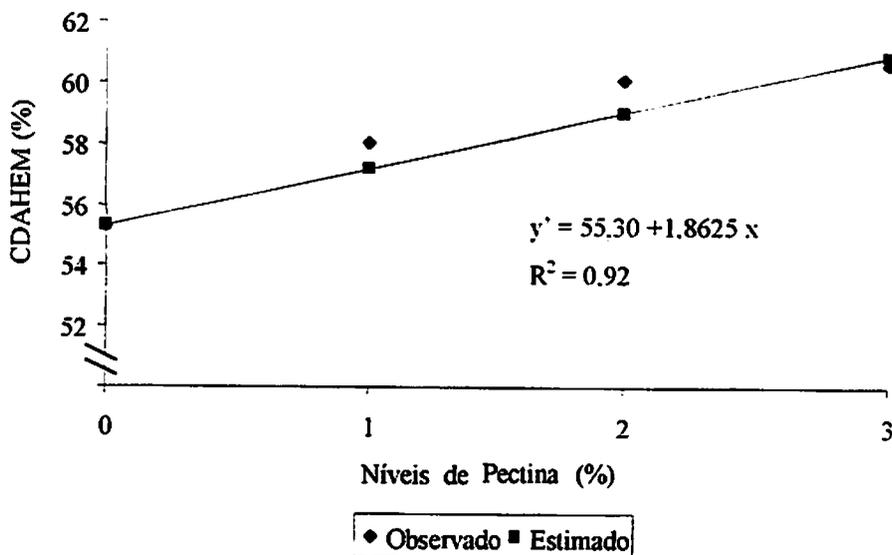


FIGURA3 Coeficientes de digestibilidade aparente da hemicelulose (CDAHEM) da dieta em função da adição de níveis crescentes de pectina.

Estes resultados estão de acordo com Uden e Van Soest (1982), uma vez que a adição de pectina promoveu um enriquecimento em nutrientes da digesta que alcançou o intestino grosso e melhorou significativamente a digestibilidade aparente da hemicelulose.

Apesar da rápida taxa de passagem nos eqüinos, que prejudica a colonização, e da inexistência na porção final do intestino grosso de uma estrutura capaz de reter partículas, o que permite a excreção de fragmentos não degradados, houve aumento da digestibilidade aparente da hemicelulose. A hemicelulose, em comparação com os demais componentes da parede celular, segundo Eastridge (1997), é mais rapidamente degradada, o que possibilitou um aumento significativo de sua digestibilidade.

A digestibilidade aparente da hemicelulose (55,07%) do tratamento testemunha foi semelhante à encontrada por Aiken et al. (1989), Almeida et al.

(1999) e Araújo (1999), que foram de 58,70, 54,73 e 55,57%, respectivamente. Para os demais tratamentos, os valores de digestibilidade aparente da hemicelulose foram superiores quando se adicionou apenas pectina à dieta.

A adição de farelo de soja reduziu significativamente ($p < 0,05$) a digestibilidade aparente da hemicelulose. Este resultado está de acordo com Juliand, Prevost e Tisserand (1993), que constataram redução na digestão das fibras, em equinos, quando adicionaram farelo de soja à dieta. É provável que a adição de FS tenha estimulado o desenvolvimento de microorganismos proteolíticos em detrimento daqueles que degradam a hemicelulose.

6.6 Coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB)

Os coeficientes de digestibilidade aparente da EB estão apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 Valores médios e respectivos erros padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) em equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	CDAEB(%)		Médias
	Farelo de soja		
	Sem	Com	
0	40,99 ^(1,54)	48,61 ^(1,68)	44,80 ^(1,79)
1	44,58 ^(1,36)	47,76 ^(1,09)	46,17 ^(1,01)
2	45,34 ^(1,20)	46,73 ^(0,93)	46,03 ^(0,75)
3	43,68 ^(1,29)	46,31 ^(0,71)	45,00 ^(0,84)
Médias	43,65 ^{(1,30)**}	47,35 ^{(1,36)**}	
¹ CV(%)	5,55		

** Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

¹ Coeficiente de variação do CDAEB.

A interação dos fatores pectina e FS não foi significativa ($p > 0,05$). Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta em função da adição de pectina. A não alteração da digestibilidade aparente da EB da dieta pode ser explicada pela manutenção dos níveis de digestibilidade aparente da FDN e da FDA da ração utilizada, quando adicionou-se pectina

A adição de farelo de soja aumentou ($p < 0,01$) a digestibilidade aparente da energia bruta. Este resultado era esperado em função da alta digestibilidade do farelo de soja que, por consequência, reduz a energia bruta excretada nas fezes.

A digestibilidade aparente encontrada para a EB do tratamento testemunha (40,99%) é similar aos valores observados por Aiken et al. (1989) e Almeida et al. (1999) que foram 42,1 e 43,17%, respectivamente, e menor que a encontrada por Manzano et al. (1999), que foi de 62,0%, em rações à base de *Coast cross*.

6.7 Energia digestível (ED)

Os valores de energia digestível encontrados estão apresentados na

Tabela 9.

TABELA 9 Valores médios e respectivos erros padrão da energia digestível (ED) da dieta em equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	Farelo de soja		Significativo ao nível de 5% pelo teste de F. Coeficiente de variação da ED.
	Sem	Com	
0	1895 (71,33)	2228 (76,94)	
1	2055 (62,85)	2183 (50,04)	
2	2083 (55,45)	2130 (42,18)	
3	2001 (59,29)	2106 (32,38)	
Médias	2008 (71,85)*	2162 (47,52)*	
CV(%)	5,56		

Não se observou interação significativa ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e FS para ED. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$), na energia digestível das dietas em função da adição de pectina. Devido à rápida taxa de passagem nos equinos (Uden, 1978, e Van Soest et al., 1978, citados por Van Soest, 1994) e da ausência de uma estrutura no intestino grosso capaz de reter fragmentos ainda não degradados, não houve aumento da digestibilidade da FDN e da FDA e, consequentemente, dos valores de ED das dietas.

A adição de farelo de soja aumentou ($p < 0,01$) a energia digestível das dietas. Este resultado era esperado, uma vez que o farelo de soja apresenta alto grau de digestibilidade (Farley, Potter e Gibbs, 1995).

Gibbs et al. (1988), trabalhando com pôneis alimentados com feno de capim *Bermuda*, encontraram valores de energia digestível de 2.230 kcal/kg. O NRC (1989) cita valores de ED, para o *Cynodon dactylon*, variando de 1870 a 2170 kcal/kg de MS, valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

6.8 Energia metabolizável (EM)

Os valores de energia metabolizável encontrados estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 Valores médios e respectivos erros padrão da energia metabolizável (EM) da dieta em equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	EM(kcal/kg de MS)		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	1830 ^(97,10)	2025 ^(50,51)	1927 ^(62,70)
1	1961 ^(61,54)	2015 ^(69,48)	1988 ^(44,15)
2	2011 ^(40,58)	2004 ^(38,33)	2008 ^(25,88)
3	1944 ^(56,23)	1942 ^(61,47)	1943 ^(38,56)
Médias	1937 ^(66,24)	1997 ^(52,33)	
¹ CV(%)	6,30		

¹ Coeficiente de variação da EM.

Não se observou interação significativa ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e farelo de soja para EM.

A adição de pectina não melhorou ($p > 0,05$) a energia metabolizável das dietas. A rápida taxa de passagem nos equinos e a ausência de uma estrutura capaz de reter todas as partículas ainda não degradadas no compartimento de fermentação, que não permitiram o aumento da energia digestível das dietas, por consequência, também impossibilitaram melhora na EM.

A adição de farelo de soja à dieta não alterou ($p>0,05$) os valores de energia metabolizável. Gastos consideráveis de energia, ainda não quantificados na espécie eqüina, estão envolvidos na deaminação de aminoácidos no fígado (Leek, 1993), o que justifica a manutenção dos valores de energia metabolizável quando adicionou-se farelo de soja, alimento de alta energia digestível.

7 CONCLUSÕES

A adição de 1,25% de pectina à dieta melhorou a digestibilidade aparente da PB e a adição de 3% de pectina proporcionou a melhor digestibilidade aparente da hemicelulose.

A adição de farelo de soja à dieta, com o intuito de aumentar o aproveitamento da fibra bruta dos alimentos como fonte de energia, não é aconselhável, uma vez que não houve melhora da digestibilidade aparente da FDN e da FDA, e nem da EM da dieta.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKEN, G.E.; POTTER, G.D.; CONRAD, B.E.; EVANS, J.W. Voluntary intake and digestion of coastal bermuda grass hay by yearling and mature horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, Wildomar, v.9, n.5, p.262-263, 1989.
- ALMEIDA, F.Q. Fluxo de matéria seca ileal, perdas endógenas e digestibilidade pré-cecal e total da proteína e dos aminoácidos em eqüinos. Viçosa: UFV, 1997. 120p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).
- ALMEIDA, M.I.V.; FERREIRA, W.M.; ALMEIDA, F.Q. ; GONÇALVES, L. C.; REZENDE, A.S.C. Composição química e predição do valor nutritivo de dietas para eqüinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.28, n.6, p.1268-1278, nov./dez. 1999.
- ALMEIDA, M.I.V. Predição da energia digestível de dietas para eqüinos a partir de seu conteúdo fibroso. Belo Horizonte: UFMG, 1994. 104p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARD, I.; GEMAE, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. *Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal - os alimentos*. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1981. 395p.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15.ed. Virginia, 1990, v.1, 648p.
- ARAÚJO, K.V. Métodos para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes em eqüinos. Lavras: UFLA, 1999. 155p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).
- BEDEFORD, M.R. Efecto del uso de enzimas digestivas en la alimentación de aves. *Avicultura Profesional*, Geórgia, v.14, n.4, p.24-29, 1996.
- BONHOMME-FLORENTIN, A. Degradation of hemicellulose and pectin by horse caecum contents. *The British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.60, n.1, p.185-192, Mar. 1988.

- BORGES, F.M.O.** Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária, Belo Horizonte, n.20, p.5-30, jun. 1997.**
- BRASIL.** Ministério da Agricultura. **Normais Climatológicas - 1961-1990, Brasília, 1992. 84p.**
- CARVALHO, M.P.** Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais. Piracicaba:ESALQ, 1998. 120p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Animal-Agronomia).
- CHOCT, M. ; HUGHES, R.J. ; WANG, J.; BEDFORD, M.R.; MORGAN, A.J.; ANNISON, G.** Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science, Scotland, v.37, n.3, p.609-621, July, 1996.**
- CHURCH, D.C.; POND, W.G.** **Basic animal nutrition and feeding. 2.ed. New York: Joh Wiley & Sons, 1982. 403p.**
- EASTRIDGE, M.L.** Fibra para vacas leiteiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. In: **SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 9, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1997. p.33-50.**
- EGGUM, D.C.** The influence of dietary fibre on protein digestion and utilization in monogastrics. **Archives of Animal Nutrition, Laghome, v.48, p.89-95, 1995.**
- FARLEY, E.B.; POTTER, G.D.; GIBBS, P.G.** Digestion of soybean meal protein in the equine small and large intestine at various levels of intake. **Journal of Equine Veterinary Science, Wildomar, v.15, n.9, p.391-397, 1995.**
- FURTADO, C.E.; TOSI, H.** Gaiola de metabolismo para eqüinos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33. 1996, Fortaleza. Anais ... Fortaleza: SBZ, 1996. p.192-193.**
- GIBBS, P.G.; POTTER, G.D.; SCHELLING, G.T.; KREIDER, J.L.; BOYD, C. L.** Digestion of hay protein in different segments of the equine digestive tract. **Journal of Animal Science, Champaign, v.66, n.2, p.400-406, Feb. 1988.**

- HAENLEIN, G.F. W.; SMITH, R.C.; YOON, Y.M. Determination of the fecal excretion rate of horses with chromic oxide. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.25, n.4, p.1091-1095, Nov. 1966.
- HINTZ, H.F. *Horse nutrition: a practical guide*. New York: Arco Publishing, 1983. 228p.
- HINTZ, H.F.; ARGENZIO, R.A.; SCHRYVER, H.F. Digestion coefficients, blood glucose levels and molar percentage of volatile acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage-grain ratios. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.33, n.5, p.992-995, Nov. 1971.
- IGBASAN, F.A.; GUENTER, W.; SLOMINSKI, B.A. The effect of pectinase and α -galactosidase supplementation on the nutritive value of peas for broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.77, n.3, p.537-539, Sept. 1997.
- JOHANSEN, H.; KNUDSEN, K.E.B.; SANDSTRON, B.; SKJØTH, F. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *The British Journal of Nutrition*, Cambridge, v.75, n.3, p.339-351, Mar. 1996.
- JULLIAND, H.; PREVOST, H.; TISSERAND, J.L. Preliminary study of the cecal bacterial flora in the pony: quantification and diet effect. *Annual Zootechnic*, v.42, p. 183, 1993.
- LEEK, B.F. The problem of nitrogen waste products in animal production : Investigations into the mode of action of certain glycocomponents capable of manipulating nitrogen. In: *BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY*, 9, 1993, Nicholasville. *Proceedings...* Nicholasville, 1993. p.307-330.
- MANZANO, A .; FREITAS, A.R.; ESTEVES, S.N.; NOVAES, N.J. Polpa de citros peletizada na alimentação de eqüinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.29, n.6, p.1327-1332, nov./dez., 1999.
- MARTIN-ROSSET, W.; DOREU, M.; BOULOT, S. Influence of level of feeding and physiological state on diet digestibility in light and heavy breed horses. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.25, p.257-264, 1990.

- MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; AHRENS, F. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.124, n.8, p.1222-1229, Aug. 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient requirements of horses*. 5ed Washington, D. C.1989. 100p.
- OLSSON, N.; RUUDVERE, A. The nutrition of the horse. *Nutrition Abstracts and Reviews*, Aberden, v.25, n.1, p.1-18, Jan. 1955.
- ROBINSON, D.W.; SLADE, L.M. The current status of knowledge on the equine digestive tract. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.39, n.6, p.1045-1066, Dec. 1974.
- SAS. *INSTITUTE USER'S GUIDE: Statistical Analysis System Institute*. 5.ed. North Carolina: Cray, 1996. 956p.
- SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications: a review. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.15, p.367-388, 1986.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos*. 2.ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1998. 165p.
- SMITS, C.H.M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition- towards a physiologically valid approach to their determination. *World's Poultry Science Journal*, Oxford, v.52, n.2, p.203-221, July, 1996.
- SOUNVOLD, G.D.; HUSSEIN, H.S.; FAHEY JR., G.C.; MERCHEN, N.R.; REINHART, G.A. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.73, n.12, p.3639-3648, Dec. 1995.
- TISSERAND, J.L. *A alimentação prática do cavalo*. São Paulo: Organização Andrei, 1983. 83p.
- UDEN, P.; VAN SOEST, P.J. Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fibre by ruminants, equines and rabbits. *The British Journal Nutrition*, Cambridge, v.47, n.2, p.267-272, Mar. 1982.

- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminante. 2.ed., Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.**
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A . Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Journal of Dairy Science, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, Oct. 1991.**
- VIANELLO, R.L. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa:UFV, 1991. 449p.**
- VILELA, E.A .; RAMALHO, M.A.P. Análise da temperatura e precipitação de Lavras, Minas Gerais. Ciência e Prática, Lavras, v.4, n.1, p.46-55, jan./jun. 1980.**
- WOLTER, R. Alimentacion del caballo. Zaragoza: Acribia, 1977. 172p.**

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DA PECTINA SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, EM EQÜINOS

1 RESUMO

O trabalho foi conduzido no Setor de Equinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, Brasil, com o objetivo de avaliar a influência da adição de pectina sobre parâmetros fisiológicos, em eqüinos. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo 4 níveis de pectina (0, 1, 2 e 3% da MS do feno de *Coast cross* consumido) e a adição ou não de farelo de soja, totalizando 8 tratamentos, com quatro repetições. As variáveis estudadas foram os parâmetros fisiológicos pH fecal e uréia, colesterol e triglicerídeos sangüíneos. A adição de pectina não afetou ($p>0,05$) o pH fecal e os níveis de uréia, colesterol e triglicerídeos sangüíneos. A adição de farelo de soja aumentou ($p>0,05$) os níveis sangüíneos de uréia e elevou o pH fecal. Isto sugere a não inclusão destes ingredientes à dieta.

2 ABSTRACT

The work was carried out at the Equine Production Sector of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil, with the objective of evaluating the influence of pectin addition on physiologic parameters in horses. The experimental design was completely randomized in a 4x2 factorial arrangement, being four pectin levels (0, 1, 2 and 3% of the DM of the hay of *Coast cross* consumed) and addition or not of soybean meal, amounting to eight treatments, with four replications. The studied variables were the physiologic parameters fecal pH and blood urea, cholesterol and tryglicerides. Pectin addition did not affect ($p>0.05$) the fecal pH and the levels of blood urea, cholesterol and tryglicerides. The addition of soybean meal increased ($p>0.05$) the blood levels of urea and raised fecal pH. This suggest the non-inclusion of these feedstuffs to the diet.

3 INTRODUÇÃO

A incorporação de novos ingredientes à dieta dos animais domésticos pode acarretar alterações fisiológicas no organismo animal, que perturbam a homeostasia e/ou promovem o surgimento de distúrbios que prejudicam o desempenho.

A adição de pectina à dieta pode promover variações nos níveis sanguíneos de colesterol e triglicerídeos, além de modificações no pH do ceco e cólon, o que, por sua vez pode influenciar a atuação dos microorganismos que habitam esta porção do trato digestivo dos eqüinos.

O fornecimento de proteína em níveis superiores aos exigidos pelos animais promove um excedente de aminoácidos que deve ser metabolizado e, após deaminação, ter seu nitrogênio excretado; isto normalmente eleva os níveis sanguíneos de uréia.

Foi objetivo nesta pesquisa avaliar modificações de parâmetros fisiológicos, pH fecal e concentração sanguínea de uréia, colesterol e triglicerídeos, em eqüinos alimentados com diferentes níveis de pectina e farelo de soja.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 pH fecal

Zeyner et al. (1993) verificaram que o pH fecal e a relação acetato/propionato são bons indicadores para mudanças do pH no intestino grosso de eqüinos. Segundo Rechkemmer, Ronnan e Engelhardt (1988), uma extensa fermentação microbiana no intestino grosso requer um adequado ambiente para o crescimento microbiano, para isto é necessário a manutenção de um pH ótimo, favorável à atuação dos microorganismos.

De acordo com Hoover e Stokes (1991), o crescimento de microorganismos é influenciado pela interação de fatores químicos, fisiológicos e nutricionais. A disponibilidade de energia para o crescimento microbiano depende da composição da dieta e da extensão de sua fermentação, a qual depende, por sua vez, da quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis, como açúcares, amido e pectina, e posteriormente da quantidade e composição dos componentes da parede celular. O pH e a taxa de renovação são fatores químicos e fisiológicos que influenciam o crescimento microbiano, e ambos são influenciados pela dieta e por outros fatores correlacionados, como o nível de consumo, o manejo alimentar e a qualidade da forragem, além da relação volumoso/concentrado. A diminuição do pH reduz a degradabilidade da proteína, celulose, hemicelulose e pectina, ou seja, reduz a eficiência de síntese microbiana.

Alexander e Davies (1963), citados por Kern et al. (1974), isolaram ácido láctico produzido por *Streptococcus bovis* no cólon de eqüinos. Kern et al. (1974) avaliaram a ingesta em pôneis abatidos duas horas após o fornecimento de ração volumosa e encontraram, para a região do ceco e cólon terminal, o valor de pH de 6,6.

Segundo Bergman (1990), a produção de ácido láctico é favorecida principalmente pelo baixo pH, que promove o crescimento de lactobacilos.

Itavo et al. (1999) comprovaram que a degradação de dietas ricas em pectina não acidifica o pH rumenal. Pectina não é fermentada para lactato (Ziolecki e Wojciechowicz, 1980; Szymanski, 1981; Van Soest, Robertson e Lewis, 1991). Apesar da alta taxa de fermentação microbiana, a pectina gera predominantemente ácido acético (Ziolecki e Wojciechowicz, 1980; Szymanski, 1981), além de ter alta capacidade de tamponamento. Isto é importante porque sob condições de pH baixo, a taxa de crescimento de todos os microorganismos decresce, mas os celulolíticos são mais drasticamente afetados. A fermentação da pectina resulta não somente da não produção de ácido láctico, mas também da natureza estrutural do ácido galacturônico, que promove um potencial tamponamento através de sua capacidade de troca de cátions e ligações com íons metálicos; essas características físicoquímicas provavelmente explicam a fermentação da pectina (Van Soest, Robertson e Lewis, 1991).

Ben-Ghedalia et al. (1989) ao compararem aspectos da digestão de dietas rica e pobre em pectina, encontraram valores de pH rumenal, em ovinos, de 6,42 e 6,18, respectivamente, indicando diferenças na taxa e no modelo de fermentação, favorecendo a degradação da celulose no rúmen.

4.2 Uréia

Segundo Lehninger (1991), parte da amônia formada a partir do catabolismo de aminoácidos é excretada pela maioria dos vertebrados terrestres (animais ureotélicos) na forma de uréia.

De acordo com Powers-Lee e Meister (1988), os aminoácidos livres no sangue são catabolizados com a remoção do grupo amino e a utilização dos

α -cetoácidos para produção de energia, síntese de lipídios e/ou glicose. O grupo amino é convertido em amônia e esta é, então, transformada em uréia no fígado, para ser excretada pelos rins (em animais ureotélicos 90% do nitrogênio é excretado na forma de uréia); pequenas quantidades podem ser usadas na biossíntese de compostos nitrogenados e outra parte passa para a luz intestinal, onde é novamente transformada em amônia pelos microorganismos, e reabsorvida.

Segundo Ogilvie, Engelking e Anwer (1985) e Stockham (1995), dois processos são responsáveis pelas alterações nos níveis plasmáticos de uréia: a taxa de síntese nos hepatócitos e a de excreção renal. Para Patterson, Coon e Hughes (1985), a taxa de síntese de uréia é influenciada pelos níveis de proteína da dieta e pelo catabolismo protéico; este pode ocorrer em casos de exercícios intensos e de jejum, quando os animais mobilizam proteína do organismo para atender à demanda energética.

Alterações nos níveis sorológicos de uréia foram observadas após 24 horas do início do consumo de dietas deficientes em energia e/ou proteína (Sticker et al., 1995).

De acordo com Saastamoinen e Koskinen (1993), Graham et al. (1994) e Saastamoinen (1996), altos níveis de uréia no sangue estão geralmente relacionados a um excesso de proteína na dieta ou a uma dieta com proteína de baixa qualidade.

Para Patterson, Coon e Hughes (1985), a dieta tem efeito sobre a concentração plasmática de uréia nos eqüinos. A elevação dos níveis de proteína bruta da ração, de 5,5% para 8,5%, aumentou a uréia plasmática de 11,56 mg/100 ml para 14,96 mg/100 ml. Outros pesquisadores (Fonnesbeck e Symons, 1969; Reitnour e Treece, 1971; Reitnour e Salsbury, 1972; Patterson, Coon e Hughes, 1985; Schryver et al., 1987 e Sticker et al., 1995) também observaram

uma relação positiva entre os níveis de proteína bruta na dieta e a concentração de uréia no plasma, em eqüinos.

Meyer (1989) utilizou os níveis plasmáticos de uréia para avaliar a ingestão protéica em eqüinos, sem considerar o balanço de aminoácidos da dieta. Concluiu que quando o nível plasmático de uréia é inferior a 5,36 mmol/l, a ingestão de proteína é insuficiente, entre 5,36 e 7,14 mmol/l é ligeiramente baixa, entre 7,14 e 10,71 mmol/l é satisfatória, entre 10,71 e 14,28 mmol/l é alta e acima de 14,28 mmol/l é considerada superalimentação. Patterson, Coon e Hughes (1985) encontraram valores de 14,96 mg/100ml (2,49 mmol/l) com 8,5% de proteína bruta na ração.

4.3 Colesterol e triglicerídeos

Segundo Stryer (1996), o colesterol é um esteróide que modula a fluidez das membranas dos eucariontes e é o precursor dos hormônios esteróides e da vitamina D. Os sais biliares são também derivados do colesterol. Pode ser obtido a partir da dieta ou ser sintetizado a partir da acetil coenzima A, triglicerídeos e outros ácidos graxos.

Ide e Horii (1989) encontraram reduções significativas nos valores de triglicerídeos do soro sanguíneo de ratos quando a dieta continha níveis que variaram de 1% a 10% de pectina. A concentração de colesterol sanguíneo decresceu também, mas não tão intensamente como a de triglicerídeos.

Assis e Basu (1990), trabalhando com dietas com e sem colesterol livre e 5% de pectina, em ratos, por 4 e 12 semanas, concluíram que a adição de pectina promoveu reduções nos níveis plasmáticos de colesterol e triglicerídeos, mas a magnitude da redução foi mais pronunciada quando a dieta contendo pectina e colesterol foi fornecida por 12 semanas.

Milan e Abreu (1996) relatam que o efeito da dieta sobre os níveis de colesterol plasmático não é dependente apenas do teor e qualidade da gordura nela contida, mas também da quantidade e qualidade da proteína consumida. Segundo estes autores, proteína de origem animal possui um efeito hipercolesterolêmico.

Mãempã et al. (1988), detectaram reduções nos níveis de colesterol plasmático em potros lactentes, nos meses de inverno, na Finlândia, e relacionaram estas reduções à pior alimentação das éguas por consequência da estabulação. Segundo Bauer (1990), os triglicerídeos podem estar levemente aumentados em animais com doença hepática ou em jejum.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

O experimento foi conduzido na sala de metabolismo do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras-MG.

5.2 Animais e período experimental

Vide capítulo 2.

5.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos e o delineamento experimental foram semelhantes aos aplicados na capítulo 2.

Os resultados de pH fecal e das concentrações sorológicas de uréia, colesterol e triglicerídeos foram analisados pelo programa estatístico Statistical Analyses System (SAS, 1996), utilizando o modelo descrito no capítulo 2, assim como os demais procedimentos.

5.4 Manejo e alimentação dos animais

O manejo e a alimentação dos animais foram idênticos aos aplicados no capítulo 2.

5.5 Coleta das amostras

As amostras de fezes, para determinação do pH fecal, foram retiradas no momento das coletas das fezes (7:00 e 17:00 horas), durante os 5 dias (120 horas) de coletas. As fezes eram homogeneizadas e amostradas.

Após o término do período de coleta de fezes e urina, coletou-se sangue de todos os animais, através de venóclise da veia jugular, utilizando sistema de vácuo (vacutainer) para determinação dos parâmetros sanguíneos estudados. Para a coleta de sangue, os animais ficaram em jejum por 24 horas, voltaram a ser alimentados à vontade por uma hora e, após este período de alimentação, ficaram novamente em jejum por mais cinco horas. Logo em seguida foram feitas as coletas.

5.6 Preparo das amostras e análises laboratoriais

As amostras de fezes eram levadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, onde, através de potenciômetro digital portátil (pH-Meter CG 837 da Schott Gerate) e seguindo a metodologia descrita por Silva (1998), determinou-se os pH fecal.

As amostras de sangue eram levadas para o Laboratório de Patologia Clínica do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA, onde eram resfriadas, centrifugadas e posteriormente analisadas. Analisou-se no soro a uréia (pelo método enzimático ultravioleta – Labtest), colesterol e triglicerídeo (pelo método enzimático), através de multianalizador.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 pH fecal

Os valores de pH fecal estão apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 Valores médios e respectivos erros padrão do pH de fezes de eqüinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	pH		Médias
	Farelo de soja		
	Sem	Com	
0	6,37 ^(0,10)	6,60 ^(0,00)	6,49 ^(0,06)
1	6,27 ^(0,08)	6,65 ^(0,06)	6,46 ^(0,09)
2	6,30 ^(0,11)	6,62 ^(0,05)	6,46 ^(0,08)
3	6,25 ^(0,03)	6,50 ^(0,00)	6,37 ^(0,05)
Médias	6,30 ^{(0,08)**}	6,59 ^{(0,04)**}	
¹ CV(%)	2,11		

** Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

¹ Coeficiente de variação do pH fecal.

Não foi observada interação ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e farelo de soja. A adição de pectina à dieta não causou ($p > 0,05$) variações nos valores de pH fecal. Estes resultados estão de acordo com as informações de Ziolecki e Wojciechowicz (1980), Szymanski (1981) e Van Soest, Robertson e Lewis (1991), que afirmam que a pectina não é fermentada a ácido láctico; por isso não causa acidificação do ambiente (Itavo et al., 1999). Além de não originar fermentação láctica, de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991), a natureza estrutural do ácido galacturônico (monossacarídeo primário da pectina) promove tamponamento, através de sua elevada capacidade de troca de cátions e

ligações com íons metálicos, o que explica a capacidade da pectina na manutenção do pH no ambiente da fermentação (apesar de sua rápida degradabilidade).

A adição de farelo de soja elevou ($p < 0,01$) o pH fecal, o que indica que houve uma melhora do ambiente (no que se refere ao pH) para a atividade dos microorganismos do intestino grosso.

6.2 Uréia

Os valores de concentração de uréia encontrados estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 Valores médios e respectivos erros padrão da uréia do soro sanguíneo de equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	Uréia (mmol/l).		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	5,61 ^(0,50)	8,18 ^(0,69)	6,90 ^(0,62)
1	6,27 ^(0,52)	8,34 ^(0,70)	7,31 ^(0,56)
2	7,63 ^(0,07)	8,16 ^(0,80)	7,90 ^(0,58)
3	6,41 ^(0,09)	7,88 ^(0,69)	7,15 ^(0,42)
Médias	6,48 ^{(0,50)**}	8,14 ^{(0,65)**}	
¹ CV(%)	15,64		

** Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

¹ Coeficiente de variação da uréia.

Não houve interação ($p > 0,05$) entre níveis de pectina e farelo de soja. A inclusão de pectina à dieta não originou variações nos níveis sanguíneos de uréia ($p > 0,05$). Por outro lado, a adição de farelo de soja aumentou ($p < 0,01$) a concentração sanguínea de uréia. Os aminoácidos que foram absorvidos em consequência da digestão do farelo de soja, por estarem em excesso, foram

catabolizados, sendo deaminados e tendo seu nitrogênio convertido em uréia, o que elevou os níveis sanguíneos desta substância.

O aumento dos níveis de uréia com a adição de proteína à dieta está de acordo com as informações de Fannesbeck e Symons (1969), Reitnour e Treece (1971), Reitnour e Salsbury (1972), Patterson, Coon e Hughes (1985), Schryver et al. (1987) e Sticker et al. (1995), que também observaram uma relação positiva entre os níveis de PB na dieta e a concentração sanguínea de uréia, em eqüinos.

Os valores observados estão entre os encontrados por Ricketts (1987) e Kaneco, Harvey e Bruss (1997), que foram 3,5 - 8,0 e 3,6 - 8,6 mmol/l, respectivamente; superiores aos encontrados por Silveira (1988), que foram de 2,3 - 5,3 mmol/l, e inferiores aos encontrados por Lundsén, Rowe e Mullen (1980) e Winkler (1998), que foram de 11,3 - 24,1 e 18,9 - 27,8 mmol/l, respectivamente. Por outro lado, estão dentro da faixa de valores normais citada por Winkler (1998), que varia de 1,33 a 24,1 mmol/l.

6.3 Colesterol

Os valores de colesterol encontrados estão apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 Valores médios e respectivos erros padrão do colesterol do soro sangüíneo de eqüinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	Colesterol (mmol/l)		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	1,69 ^(0,23)	1,84 ^(0,09)	1,77 ^(0,12)
1	1,79 ^(0,27)	1,38 ^(0,09)	1,58 ^(0,15)
2	2,12 ^(0,03)	1,45 ^(0,15)	1,79 ^(0,14)
3	1,96 ^(0,08)	1,95 ^(0,26)	1,95 ^(0,13)
Médias	1,89 ^(0,18)	1,65 ^(0,19)	
¹ CV(%)	19,54		

¹ Coeficiente de variação do colesterol.

Não observou-se ($p>0,05$) interação dos fatores estudados e nem variações ($p>0,05$) nos valores das concentrações sorológicas de colesterol, em função dos níveis de pectina e farelo de soja.

Assis e Basu (1990), trabalhando com dietas com e sem colesterol e com 5% de pectina, em ratos, por 4 e 12 semanas, encontraram reduções nos níveis plasmáticos de colesterol, mas a magnitude das reduções foi mais pronunciada quando a dieta contendo pectina e colesterol foi fornecida por 12 semanas.

Os valores encontrados estão próximos aos citados por Lumdsen, Rowe e Mullen (1980), Ricketts (1987), Silveira (1988), Kaneco, Harvey e Bruss (1997) e Winkler (1998), que são variações de 1,9 - 3,6, 2,6 - 3,2, 1,9 - 3,9, 1,9 - 3,9 e 2,47 - 3,78 mmol/l, respectivamente, e estão dentro da faixa de valores normais citada por Winkler (1998), variando de 0,29 a 4,86 mmol/l.

6.4 Triglicerídeos

Os valores de concentração de triglicerídeos encontrados estão apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 Valores médios e respectivos erros padrão de triglicerídeos do soro sangüíneo de equinos alimentados com pectina e farelo de soja.

Pectina (%)	Triglicerídeo (mmol/l)		
	Farelo de soja		Médias
	Sem	Com	
0	0,27 ^(0,05)	0,39 ^(0,09)	0,33 ^(0,05)
1	0,37 ^(0,07)	0,25 ^(0,08)	0,31 ^(0,05)
2	0,51 ^(0,12)	0,42 ^(0,15)	0,46 ^(0,09)
3	0,38 ^(0,01)	0,42 ^(0,02)	0,40 ^(0,01)
Médias	0,38 ^(0,07)	0,37 ^(0,09)	
¹ CV(%)	45,64		

¹ Coeficiente de variação do triglicerídeo .

Não observou-se ($p>0,05$) interação dos fatores estudados e nem variações ($p>0,05$) nas concentrações de triglicerídeos quando adicionou-se pectina e/ou farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

Ide e Horri (1989) encontraram reduções significativas nos valores de triglicerídeos do soro sangüíneo de ratos quando a dieta continha 1, 3, 6 ou 10% de pectina de citros. Assis e Basu (1990) encontraram reduções nos níveis plasmáticos de triglicerídeos quando dietas com 5% de pectina foram usadas em ratos por 4 e 12 semanas, sendo que reduções mais pronunciadas foram encontradas quando a dieta era rica em gordura e foi fornecida por 12 semanas.

Os valores encontrados foram superiores aos citados por Ricketts (1987) e por Silveira (1988), que são variações de 0,11 - 0,21 e 0,16 - 0,26 mmol/l, respectivamente. Por outro lado, foram semelhantes aos de Winkler (1998), que

variaram de 0,31– 0,47 mmol/l e estão dentro da faixa de valores normais citada pelo mesmo autor, que varia de 0,11 a 0,97 mmol/l.

7 CONCLUSÕES

A adição de pectina à dieta não promoveu alterações no pH fecal, concentração sanguínea de uréia, triglicerídeos e colesterol.

A adição de farelo de soja aumentou os níveis sanguíneos de uréia e elevou o pH fecal sugerindo a não inclusão deste ingrediente à dieta.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, S.P.; BASU, T.K. Effect of pectin on the lipid status in high cholesterol-fed mice. *Nutrition Research*, Edmonton, v.10, n.1, p.99-108, 1990.
- BAUER, J.E.; MEYER, D.J.; CAMPBELL, M.; McMURPHY, R. Serum lipid and lipoprotein changes in ponies with experimentally induced liver disease. *American Journal of Veterinary Research*, Shaumburg, v.51, n.9, p.1380-1384, 1990.
- BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J.; EST, Y. The effects of starch and pectin rich diets on qualitative aspects of digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.24, p.289-298, 1989.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, New York, v.70, n.2, p.567-590, Apr. 1990.
- FONNESBECK, P.V.; SYMONS, L.D. Effect of diet on concentration of protein, urea nitrogen, sugar and cholesterol of blood plasma of horses. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.28, n.2, p.216, Feb. 1969.
- GRAHAM, P.M.; OTT, E.A.; BRENDENMUHL, J.H.; TEM BROECK, S.H. The effect of Supplemental Lysine and Threonine on Growth and Development of yearling Horses. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.72, n.2, p.380-386, Feb. 1994.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.74, n.10, p. 3630-3644, Oct. 1991.
- IDE, T.; HORII, M. Hepatic carnitine and triglyceride lowering effect of dietary pectin in the rat. *Nutrition Reports International*, Tsukuba, v.39, n.4, p.861-865, 1989.

- ITAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; SILVA, E.C.; AROEIRA, L.J. M.; VOLTOLINE, T.V.; FARIA, K.P. Parâmetros de fermentação ruminal de ovinos alimentados com silagem de bagaço de laranja com diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. Resumos... Porto Alegre: SBZ, 1999. p.265.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. San Diego:Academic Press, 1997. 932p.
- KERN, D.L.; SLYTER, L.L.;LEFFEL, E.C.; WEAVER, J.M.; OLTJEN, R.R.. Ponies vs. Steers: Microbial and chemical characteristics of intestinal ingesta. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.38, n.3, p. 559-564, Mar. 1974.
- LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. 7.ed. São Paulo: Sarvier, 1991. 725p.
- LUMDSEN, J.H.; ROWE, R.; MULLEN, K. Hematology and biochemistry reference values for the light horse. **Canadian Journal of Comparative Medicine**, Quebec, v.44, p.32-42, 1980.
- MÄENPÄÄ, P.H.; PIRSKANEN, A.; KOSKINEN, E. Biochemical indicators of bone formation in foals after transfer from pasture to stables for the winter months. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v.49, n.11, p.1990-1992, 1988.
- MEYER, H. Protein requirements. In: ENCONTRO NACIONAL DE EQUIDECULTURA, 5, 1989, Maringá. Anais... Maringá: EDUEN, 1989. p.154-176.
- MILÁN, N.; ABREU, J. Effect of the type dietary fat on cholesterolemia in rabbits fed brewer's yeast. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Guatemala, v.46, n.1, p.71-74, 1996.
- OGILVIE, G.K.; ENGELKING, L.R.; ANWER, S. Effects of plasma sample storage on blood ammonia, bilirubin, and urea nitrogen concentrations: cats and horses. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v.46, n.12, p.2619-2622, 1985.
- PATTERSON, P.H.; COON, C.N.; HUGHES, I.M. Protein requirements of Mature Working Horses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.61, n.1, p.187-196, July. 1985.

- POWERS-LEE, S.G.; MIESTER, A. Urea synthesis and ammonia metabolism. In: ARIAS, I.M.; JAKOBY, W.B.; POPPER, H.; SCHACHTER, D.; SCHAFRITZ, D.A. *The Liver: biology and pathobiology*, 2.ed. New York: Raven Press, 1988. p.317-329.
- RECHKEMMER, G.; RONNAN, K.V.; ENGELHARDT, W. Fermentation of polysaccharides and absorption of short chain fatty acids in the mammalian hindgut. *Complement Biochemistry Physiological*, Hannover, v.90, n.4, p. 563-568, 1988.
- REITNOUR, C.M.; SALSBURY, R.L. Digestion and utilization of cecally infused protein by the equine. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.35, n.6., p.1190-1193, Dec. 1972.
- REITNOUR, C.M.; TREECE, J.M. Relationship of nitrogen source to certain blood components and nitrogen balance in the equine. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.32, n.3, p.487-490, Mar. 1971.
- RICKETTS, S.W. The laboratory as an aid to clinical diagnosis. *The Veterinary Clinics of North America, Equine Practice – Clinical Pathology*, Philadelphia, v.3, n.3, p.445-460, 1987.
- SAASTAMOINEN, M.T.; KOSKINEN, E. Influence of quality of dietary protein supplement and anabolic steroids on muscular and skeletal growth of foals. *Animal Production*, Essex, v.56, n.1, p.135-144, Feb. 1993.
- SAASTAMOINEN, M.T. Serum urea and protein concentrations and growth rate of weanling foals. *Pferdeheilkunde*, Germany, v.12, n.3, p.323-325, 1996.
- SAS. **INSTITUTE USER'S GUIDE**: Statistical Analysis System Institute. 5.ed. North Carolina: Cray, 1996. 956p.
- SCHRYVER, H.F.; MEAKIM, D.W.; LOWE, J.E.; WILLINAS, J.; SODERHOLM, L.V.; HINTZ, H.F. Growth and calcium metabolism in horses fed varying levels of protein. *Equine Veterinary Journal*, England, v.17, n.4, p.280-287, 1987.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos*. 2.ed. Viçosa:UFV Imprensa Universitária, 1998. 165p.

- SILVEIRA, J.M. **Patologia clínica veterinária: Teoria e Interpretação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 176p.
- STICKER, L.S.; THOMPSON Jr., D.L.; BUNTING, L.D.; FERNANDEZ, J. M.; DePEW, C.L. Dietary Protein and (or) Energy restriction in mares: Plasma Glucose, Insulin, Nonesterified Fatty Acid, and Urea Nitrogen responses to Feeding, Glucose, and Epinephrin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.1, p.136-144, Jan. 1995.
- STOCKHAM, S.L. Interpretation of equine serum biochemical profile results. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, Santa Barbara, v.11, n.3, p.391-414, 1995.
- STRYER, L. **Bioquímica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 1000p.
- SZYMANSKI, P.T. A note on the fermentation of pectin by pure strains and combined cultures of rumen bacteria. **Acta Microbiologica Polonica**, Jabionna, v.30, n.2, p.159-163, 1981.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. . Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, Oct. 1991.
- VIANELLO, R.L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa:UFV. 1991. 449p.
- WINKLER, B. **Utilização da levedura (*Sacharomyces cerevisiae*) como fonte protéica para potros em crescimento**. Jaboticabal, 1998. 119p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- ZEYNER, A. ; GRASS, S.; GEISSLER, C.; KASKE, H.; DITTRICH, A. . Effect of diet composition and feeding time on pH value, buffering capacity, content of organic acids and ammonia in equine faeces and studies on establishing reference values for practical applications. **Animal Nutrition Physiology**, Hamburg, v.20, p.333-336, Sept. 1993.
- ZIOLECKI, A. ; WOJCIECHOWICZ, M. Small pectinolytic spirochetes from the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, Jabionna, v.39, n.4, p.919-922, 1980.

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

ANEXOS

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

	Pag.
TABELA 1A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	87
TABELA 2A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	87
TABELA 3A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	88
TABELA 4A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (CDAFDA) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	88
TABELA 5A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da hemicelulose (CDAHEM) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	89
TABELA 6A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	89
TABELA 7A Resumo da análise de variância da energia digestível (ED) da dieta, por kg de matéria seca consumida, em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	90
TABELA 8A Resumo da análise de variância da energia metabolizável (EM) da dieta, por kg de matéria seca consumida, em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	90

TABELA 9A Resumo da análise de variância do pH fecal em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	91
TABELA 10A Resumo da análise de variância da uréia do soro sangüíneo em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	91
TABELA 11A Resumo da análise de variância do colesterol do soro sangüíneo em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	92
TABELA 12A Resumo da análise de variância dos triglicerídeos do soro sangüíneo em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de <i>Coast cross</i>	92

TABELA 1A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	CDAMS			
	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	3,2438	0,524	*****
Regressão linear	1	2,3198	0,374	*****
Regressão quadrática	1	7,1851	1,160	0,2922
Regressão cúbica	1	0,2264	0,037	*****
Farelo de soja	1	87,5142	14,127	0,0009
Pectina x farelo de soja	3	8,1753	1,320	0,2911
Resíduo	24	6,1948		

TABELA 2A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	CDAPB			
	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	67,9416	2,678	0,6973
Regressão linear	1	44,9267	1,771	0,1957
Regressão quadrática	1	130,8873	5,160	0,0324
Regressão cúbica	1	28,0108	1,104	0,3038
Farelo de soja	1	1378,4480	54,341	0,0000
Pectina x farelo de soja	3	21,8214	0,860	*****
Resíduo	24	25,3668		

TABELA 3A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (CDAFDN) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	CDAFDN			
	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	1,2207	0,115	*****
Regressão linear	1	0,3611	0,034	*****
Regressão quadrática	1	3,0184	0,283	*****
Regressão cúbica	1	0,2872	0,027	*****
Farelo de soja	1	43,8221	4,109	0,0539
Pectina x farelo de soja	3	9,2239	0,865	*****
Resíduo	24	10,6651		

TABELA 4A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido (CDAFDA) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	CDAFDA			
	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	5,9433	0,401	*****
Regressão linear	1	17,3389	1,169	0,2904
Regressão quadrática	1	0,2352	0,016	*****
Regressão cúbica	1	0,2559	0,017	*****
Farelo de soja	1	9,9118	0,669	*****
Pectina x farelo de soja	3	4,2445	0,286	*****
Resíduo	24	14,8334		

TABELA 5A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da hemicelulose (CDAHEM) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

CDAHEM				
FV	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	47,7873	2,63	0,0734
Regressão linear	1	133,0670	7,31	0,0124
Regressão quadrática	1	10,0452	0,55	*****
Regressão cúbica	1	0,2497	0,01	*****
Farelo de soja	1	98,4308	5,41	0,0287
Pectina x farelo de soja	3	18,0171	0,99	*****
Resíduo	24	18,1906		

TABELA 6A Resumo da análise de variância do coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) da dieta em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

CDAEB				
FV	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	3,9456	0,62	*****
Regressão linear	1	0,0866	0,01	*****
Regressão quadrática	1	11,5996	1,82	0,1902
Regressão cúbica	1	0,1507	0,02	*****
Farelo de soja	1	109,8956	17,21	0,0003
Pectina x farelo de soja	3	14,7322	2,30	0,1020
Resíduo	24	6,3836		

TABELA 7A Resumo da análise de variância da energia digestível (ED) da dieta, por kg de matéria seca consumida, em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

ED				
FV	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	8456,0810	0,628	*****
Regressão linear	1	502,5221	0,037	*****
Regressão quadrática	1	24538,3000	1,824	0,1895
Regressão cúbica	1	327,4149	0,024	*****
Farelo de soja	1	188289,1000	13,993	0,0010
Pectina x farelo de soja	3	30921,1600	2,298	0,1030
Resíduo	24	13456,3900		

TABELA 8A Resumo da análise de variância da energia metabolizável (EM) da dieta, por kg de matéria seca consumida, em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

EM				
FV	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	11231,7800	0,733	*****
Regressão linear	1	1802,5720	0,118	*****
Regressão quadrática	1	31173,3100	2,035	0,1666
Regressão cúbica	1	719,4595	0,047	*****
Farelo de soja	1	28923,3800	1,888	0,1822
Pectina x farelo de soja	3	17840,9600	1,164	0,3439
Resíduo	24	15321,7400		

TABELA 9A Resumo da análise de variância do pH fecal em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	GL	pH		
		QM	F	Prob > F
Pectina	3	0,0171	0,83	*****
Regressão linear	1	0,0479	2,32	0,1403
Regressão quadrática	1	0,0034	0,16	*****
Regressão cúbica	1	0,0000	0,00	*****
Farelo de soja	1	0,7110	34,48	0,0000
Pectina x farelo de soja	3	0,0154	0,75	*****
Resíduo	24	0,0206		

TABELA 10A Resumo da análise de variância da uréia do soro sanguíneo em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	GL	Uréia		
		QM	F	Prob > F
Pectina	3	1,4463	1,11	0,3662
Regressão linear	1	0,7253	0,55	*****
Regressão quadrática	1	2,6877	2,05	0,1646
Regressão cúbica	1	0,9258	0,71	*****
Farelo de soja	1	21,9842	16,81	0,0004
Pectina x farelo de soja	3	1,5338	1,17	0,3409
Resíduo	24	1,3082		

TABELA 11A Resumo da análise de variância do colesterol do soro sanguíneo em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	Colesterol			
	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	0,1846	1,54	0,2305
Regressão linear	1	0,2378	1,98	0,1722
Regressão quadrática	1	0,2431	2,02	0,1677
Regressão cúbica	1	0,7299	0,61	*****
Farelo de soja	1	0,4464	3,72	0,0658
Pectina x farelo de soja	3	0,2727	2,27	0,1061
Resíduo	24	0,1201		

TABELA 12A Resumo da análise de variância dos triglicerídeos do soro sanguíneo em função da adição de pectina e farelo de soja ao feno de *Coast cross*.

FV	Triglicerídeos			
	GL	QM	F	Prob > F
Pectina	3	0,0356	1,26	0,3087
Regressão linear	1	0,4883	1,64	0,2120
Regressão quadrática	1	0,0045	0,15	*****
Regressão cúbica	1	0,0594	1,99	0,1702
Farelo de soja	1	0,0008	0,03	*****
Pectina x farelo de soja	3	0,0249	0,82	*****
Resíduo	24	0,0296		

