UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ADRIANA MORAES DE OLIVEIRA TRIBUCCI

**Palatabilidade e Digestibilidade Aparente de Equinos
Submetidos a Dietas com Diferentes Níveis de Inclusão de
Polpa Cítrica**

Pirassununga

2011

ADRIANA MORAES DE OLIVEIRA TRIBUCCI

**Palatabilidade e Digestibilidade Aparente de Equinos
Submetidos a Dietas com Diferentes Níveis de Inclusão de
Polpa Cítrica**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Roberta Ariboni Brandi.

Versão Corrigida

Pirassununga

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

Tribucci, Adriana Moraes de Oliveira

T822p

Palatabilidade e digestibilidade aparente de equinos submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica / Adriana Moraes de Oliveira Tribucci. -- Pirassununga, 2011.

67 f.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Marilda Moraes de Oliveira, por estar presente em minha vida em todos os momentos, me ajudando com muito carinho, amor e respeito, e ser um exemplo de vida a seguir de uma mulher muito guerreira.

À minha bisavó, Grijalvina Candelária de Moraes (*in memorian*), com quem aprendi todos os principais valores da vida, que me deu educação e ensinamentos, e quem formou meu caráter. Um exemplo de coragem e sabedoria, uma história única de muita luta.

À minha avó, Vininha de Moraes, pelo suporte, carinho, dedicação e colaboração em todas as fases da minha vida, por ser um exemplo de mulher competente e inteligente.

Ao meu noivo, Claudio Américo Nardelli, pelo carinho, amor, atenção, ajuda e compreensão. Por estar sempre ao meu lado e sempre poder contar não só nos momentos felizes, mas nos momentos difíceis, com muita parceria, companheirismo e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me dar saúde, força e prosperidade para continuar na luta em busca dos meus sonhos.

À minha família pela colaboração, confiança e incentivo.

À Prof^a. Dr^a. Roberta Ariboni Brandi, não só pela orientação, mas também pela amizade, carinho, respeito, incentivo, dedicação e colaboração em todos os momentos, e principalmente, pela confiança depositada em mim em todos esses anos.

Ao Prof. Dr. Evaldo Antonio Lencioni Titto, pela grande ajuda ao meu trabalho, pelo respeito e colaboração.

Aos funcionários do Setor de Equideocultura da FZEA-USP, Maico Gabriel Alves de Godoy e Valdir da Silva, pelo total apoio, por sempre me tratarem com muito respeito, carinho e amizade.

Ao Prof. Dr. Ives Cláudio da Silva Bueno, por toda colaboração e dedicação. E ao Prof. Dr. Júlio Cesar de Carvalho Balieiro pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling e ao Técnico de Laboratório Marcos Roberto Ferraz, pela colaboração e ajuda nas análises realizadas no Laboratório de Solos, sempre com muita atenção e disposição para ajudar.

Às Técnicas do Laboratório de Bromatologia, Roseli Sengling Lacerda e Rosilda Clarete Loura, pela disposição em ajudar e toda atenção prestada.

Aos estagiários e alunos de Graduação, Marcelo, Juliana, Fernanda, Martina, Camilla e Vinícius, pela total colaboração no experimento, pelo comprometimento e respeito, sem os quais não seria possível realizar o experimento.

Aos amigos do LABE, Ana Carina, Reíssa, Cláudia, Thays e Paulinho, por todo apoio e colaboração na condução do experimento, por todo aprendizado que tive nesta convivência, pelas risadas e todo o respeito que tiveram comigo, sempre me apoiando.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela contribuição na minha formação acadêmica.

À Capes, pelo auxílio financeiro para realização do Mestrado.

*"É melhor tentar e falhar,
que preocupar-se e ver a vida passar;
é melhor tentar, ainda que em vão,
que sentar-se fazendo nada até o final.*

*Eu prefiro na chuva caminhar,
que em dias tristes em casa me esconder.*

*Prefiro ser feliz, embora louco,
que em conformidade viver ..."*

Martin Luther King

RESUMO

TRIBUCCI, A. M. O. **Palatabilidade e Digestibilidade Aparente de Equinos Submetidos a Dietas com Diferentes Níveis de Inclusão de Polpa Cítrica**. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

Foram realizados dois experimentos com os objetivos de testar a palatabilidade (avaliada pela aceitação ou refusa dos concentrados experimentais, a primeira ação e primeira escolha, a razão de ingestão e a aplicabilidade deste protocolo de teste em experimentos para equinos) e a digestibilidade aparente dos nutrientes e das frações de carboidratos das dietas, com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica no concentrado (0, 7, 14, 21 e 28%) para equinos. Para o experimento de palatabilidade, foram utilizados 10 equinos, em delineamento inteiramente casualizado, enquanto que para o experimento digestibilidade, foram utilizadas cinco diferentes equinos, dispostas em Quadrado Latino 5x5. Foi observado efeito ($p < 0,01$) da primeira ação, sendo que 80% dos animais consumiram o concentrado assim que tiveram acesso. Para a variável primeira escolha, não foi observada diferença ($p > 0,01$) no consumo dos concentrados, porém o concentrado com 7% de inclusão apresentou maior preferência numérica (36,67%), refletida também na maior razão de ingestão (0,4425), o qual apresentou diferença ($p < 0,01$) quando comparado com os demais e evidenciado por apresentar $RI > 0,30$. Não foi observado efeito ($p > 0,05$) dos níveis de inclusão sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes bem como das diferentes frações dos carboidratos das dietas, a exceção do carboidrato solúvel que apresentou diferença ($p < 0,05$). Observou-se alta correlação entre os coeficientes de digestibilidade de matéria seca (CDaMS) e fibra em detergente neutro (CDaFDN), entre fibra em detergente ácido (CDaFDA) e fibra em detergente neutro (CDaFDN), e fibra em detergente ácido (CDaFDA) e proteína bruta (CDaDPB). A polpa cítrica pode ser incluída em concentrados para equinos, em níveis de até 28% de inclusão, sem causar efeito deletério sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta, bem como da fração carboidrato da mesma. Níveis inferiores de inclusão, próximos a 7%, favorecem a palatabilidade de dietas com polpa cítrica e sem adição de palatabilizantes (melaço). São necessários maiores estudos para a padronização dos testes de palatabilidade e digestibilidade aparente das frações dos carboidratos das dietas, bem como o efeito metabólico da inclusão de polpa cítrica a dieta de equinos.

Palavras-chave: carboidratos, cavalos, coprodutos, teste de preferência.

ABSTRACT

TRIBUCCI, A. M. O. **Palatability and apparent digestibility of horses fed diets with different levels of inclusion of Citrus Pulp**. 2011. 67f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

Two experiments were conducted out with the objective to test the palatability (measured by the acceptance or refute of the experimental concentrates, the first action and first choice, the highest level of preference, the ratio of intake and the applicability of this protocol in experiments to test horses), apparent digestibility of nutrients and carbohydrate fractions of diets with different levels of citrus pulp inclusion in the concentrate (0, 7, 14, 21 and 28%) for horses. In the palatability experiment there were 10 mares used in a completely randomized design while for the digestibility experiments there were five different mares used arranged in 5x5 Latin Square design. The effect of inclusion on first action was observed ($p < 0.01$) because 80% of the animals promptly were fed the concentrate. There was no difference ($p > 0.05$) for the first choice variable. However, the concentrate with 7% was the most preferred (36.67%). The concentrate with 7% of citrus pulp inclusion presented the highest intake ratio (0.4425; $p < 0.01$) when compared to the others evidenced by $IR > 0.30$. No effect ($p > 0.05$) was observed for the different levels of citrus pulp on the digestibility of nutrients as well as on the different carbohydrates fractions of the diets, except that the soluble carbohydrate presented difference ($p < 0.05$). There was a high correlation between the digestibility of dry matter (CDDM) and neutral detergent fiber (CDNDF), between CDADF and CDNDF, and CDADF and CDDPB. The citrus pulp can be included in concentrates to horses at levels up to 28% inclusion without deleterious effect on the digestibility of nutrients and the carbohydrate fraction thereof. Lower levels of inclusion (7%) may advantage the palatability of diets with citrus pulp and no added flavors (molasses). Nonetheless, more studies are required to standardize the palatability tests and carbohydrate fractions digestibility and the metabolic effect of the citrus pulp inclusion in the horses diet.

Keywords: carbohydrates, coproducts, horses, preference test.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual dos concentrados experimentais.....	21
Tabela 2 – Composição bromatológica das dietas experimentais com inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica.....	22
Tabela 3 – Porcentagem da primeira escolha dos animais e médias observadas da taxa de consumo dos concentrados com níveis crescentes de polpa cítrica.....	26
Tabela 4 – Composição percentual dos concentrados experimentais.....	32
Tabela 5 – Composição química e frações dos carboidratos dos concentrados e das dietas experimentais.....	34
Tabela 6 – Coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (CDaMS), proteína bruta (CDaPB), fibra em detergente neutro (CDaFDN), fibra em detergente ácido (CDaFDA), hemicelulose (CDaHC), carboidrato não fibroso (CDaCNF) e carboidrato solúvel (CDaCHO-S).....	36
Tabela 7 – Custo por quilograma dos diferentes concentrados experimentais contendo níveis crescentes de polpa cítrica.....	42
Tabela 8 – Custo por quilograma dos ingredientes utilizados na formulação dos diferentes concentrados experimentais.....	42

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

FIGURAS

Figura 1 – Fracionamento dos carboidratos baseado em métodos analíticos e definições fisiológicas e nutricionais.....	11
--	----

GRÁFICO

Gráfico 1 – Taxa de ingestão dos concentrados contendo níveis crescentes de polpa cítrica: valores observados e estimados.....	27
Gráfico 2 – Efeito da inclusão de níveis de polpa cítrica sobre a digestibilidade de carboidratos solúveis da dieta (CDaCHO-S).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemistry

Ca – Cálcio

CCE – Concurso Completo de Equitação

CDa – Coeficiente de digestibilidade aparente

CDaCHO-S – Coeficiente de digestibilidade aparente do carboidrato solúvel

CDaCNF – Coeficiente de digestibilidade aparente do carboidrato não fibroso

CDaFDA – Coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido

CDaFDN – Coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro

CDaHC – Coeficiente de digestibilidade aparente da hemicelulose

CDaMS – Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca

CDaPB – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta

CHO – Carboidrato

CHO-F_L – Carboidrato Lentamente Fermentável

CHO-F_R – Carboidrato Rapidamente Fermentável

CHO-H – Carboidrato Hidrolisável

CHO-S – Carboidrato Solúvel

CNE – Carboidrato Não Estrutural

CNF – Carboidrato Não Fibroso

CSDN – Carboidrato Solúvel em Detergente Neutro

EB – Energia Bruta

ED – Energia Digestível

EE – Extrato Etéreo

ENN – Extrativo Não Nitrogenado

FAO – Food and Agriculture Organization

FB – Fibra bruta

FDA – Fibra em Detergente Ácido

FDN – Fibra em Detergente Neutro

FS – Fibra solúvel

FTD – Fibra total da dieta

FZEA – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

g – Grama

HEM – Hemicelulose

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID – Intestino Delgado

IG – Intestino Grosso

kg – Kilograma

mcg – Micrograma

mg – Miligrama

MM – Matéria Mineral

MO – Matéria Orgânica

MS – Matéria Seca

NRC – National Research Council

P – Fósforo

PB – Proteína Bruta

PNA – Polissacarídeos não amiláceos

QL – Quadrado Latino

SAS – Statistical Analysis System

TGI – Trato Gastrointestinal

UI – Unidade Internacional

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESE E OBJETIVO GERAL.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Equideocultura.....	4
3.2 Características Anatômicas e Fisiológicas do Trato Digestório dos Equinos.....	5
3.3 Alimentos para Equinos.....	6
3.4 Importância Nutricional dos Carboidratos para Equinos.....	7
3.4.1 Carboidratos Estruturais e Não Estruturais.....	8
3.5 Polpa Cítrica.....	12
3.6 Digestibilidade.....	14
3.7 Comportamento Ingestivo e Palatabilidade.....	15
4. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	18
4.1 Objetivo Geral.....	18
4.2 Objetivos Específicos.....	18
5. Ensaio de palatabilidade de dietas contendo polpa cítrica para equinos através de teste de preferência (Experimento 1).....	19
5.1 Introdução.....	19
5.2 Materiais e Métodos.....	21
5.2.1 Local, animais e períodos experimentais.....	21
5.2.2 Delineamento experimental.....	23

5.3 Resultados e Discussões.....	24
5.4 Conclusões.....	28
6. Digestibilidade aparente de dietas com inclusão de polpa cítrica para equinos (Experimento 2).....	29
6.1 Introdução.....	29
6.2 Materiais e Métodos.....	31
6.2.1 Local, animais e períodos experimentais.....	31
6.2.2 Dieta experimental.....	31
6.2.3 Coleta de fezes e análises bromatológicas.....	32
6.2.4 Análises dos carboidratos e energia digestível.....	35
6.2.5 Delineamento experimental.....	35
6.3 Resultados e Discussões.....	36
6.4 Conclusões.....	43
7. CONCLUSÕES GERAIS.....	44
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a Equideocultura brasileira tem se apresentado como um mercado interno em expansão, em especial para as raças de trabalho e esporte. E o Brasil tem se firmado no cenário internacional como país exportador de cavalos, principalmente para outros países do continente americano, tanto de hipismo (adestramento, salto e CCE) quanto de corrida.

Com essa expansão, torna-se maior a preocupação com a qualidade de vida dos animais utilizados para as competições, e a busca por uma boa alimentação se torna um dos fatores mais relevantes para atender as necessidades dos animais e contribuir para o máximo desempenho.

Os cavalos, por serem herbívoros não ruminantes são capazes de utilizar grandes quantidades de volumoso para atender as exigências nutricionais. Entretanto, para maximizar o crescimento e a produtividade dos equinos, têm sido utilizadas dietas com altas porcentagens de grãos e de suplementos (OLIVEIRA et al., 2003). O estudo da fisiologia digestiva destes animais é determinante para a escolha de boas fontes de nutrientes que componham a dieta, pois o aparelho digestivo dos equinos possui características muito particulares.

O aparelho digestivo dos equinos caracteriza-se por apresentar um estômago relativamente pequeno e um intestino grosso bem desenvolvido, com ceco e cólon funcionais que ocupa aproximadamente 65% do trato gastrointestinal. Portanto, os equinos têm capacidade de aproveitamento da fração fibrosa da dieta por apresentarem uma microbiota no ceco e no cólon, capaz de digerir a fibra de maneira semelhante ao que ocorre nos ruminantes (FRAPE, 2008). O teor de fibra é o fator de maior importância para atender suas exigências nutricionais, manter a saúde e o bom funcionamento do trato digestório.

Basicamente, a formulação de concentrados para equinos tem utilizado somente o farelo de trigo como fonte de fibras, mas atualmente a busca por ingredientes com elevadas quantidades de fibra é crescente. Desta forma, fontes de ingredientes com estas características e com menor custo estão sendo procuradas. No Brasil, a safra crescente de grãos e hortifrutigranjeiros nos últimos anos tem aumentado a disponibilidade não apenas de grãos de cereais, mas também de coprodutos das indústrias nacionais passíveis de uso na alimentação animal (SANTOS et al., 2004).

A polpa cítrica é exemplo de coproduto que vem sendo utilizado na alimentação animal como uma alternativa viável, uma vez que é um ingrediente nacional de custo acessível e de boa qualidade nutricional. Para a introdução destes ingredientes nas rações é ideal que os mesmos sejam testados em ensaios de comportamento alimentar, palatabilidade e digestibilidade.

O comportamento alimentar dos equinos é produto de milhares de anos de seleção em condições naturais, e está baseado nos seus hábitos em liberdade, onde dedicam a maior parte do seu tempo, até 16 horas por dia, ao pastejo (WINSKIL et al., 1996). Algumas diferenças dietéticas, climáticas e raciais podem influenciar este comportamento alimentar, assim como o tempo de pastejo em animais em liberdade, e em cavalos estabulados, podem desencadear uma série de transtornos, tanto digestivos, quanto de comportamento. Aumentar o consumo de fibra destes animais tem mostrado resultados positivos, em termos de diminuição de comportamentos anormais (THORNE et al., 2005).

Os cavalos, diferentes de outros herbívoros, são altamente seletivos, consumindo uma extensa ordem de plantas e até raízes, situação também observada hoje com o fornecimento de rações com inclusão de ingredientes novos.

2. HIPÓTESE E OBJETIVO GERAL

A polpa cítrica vem sendo considerada “super fibra” por fornecer energia semelhante à fornecida com o uso de grãos. A inclusão desta fonte à dieta de equinos poderá melhorar a digestibilidade da fração carboidrato da dieta, bem como de seus nutrientes, por aumentar o aporte de pectina - fibra facilmente fermentável.

Como apresenta odor cítrico pronunciado, poderá ser rejeitada pelo equino quando incluída em maiores proporções na dieta.

Por ser um coproduto das indústrias de citros, é um ingrediente de baixo custo em relação a outros ingredientes energéticos. Sua utilização pode ser viável nutricionalmente e também economicamente.

O presente trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da formulação de dietas com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica, avaliados através de teste de palatabilidade e digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas e das frações dos carboidratos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Equideocultura

Segundo a FAO (2010), o rebanho equino conta hoje com 58.408.987 cabeças no mundo, sendo que na América a população é de 34.256.280 cabeças de cavalos. No Brasil, o rebanho de equinos estimado é de aproximadamente 5,9 milhões de cabeças, sendo que deste total, um milhão são cavalos registrados nas diversas associações de criadores, demonstrando desta forma, um nicho para o mercado consumidor de rações. De acordo com o IBGE (2007) o nível regional está sendo liderado pela região Sudeste (25,6%), seguido imediatamente pelo Nordeste com quase o mesmo percentual.

O estudo realizado por Lima et al. (2006) ressalta que o Brasil possui o terceiro maior rebanho equino do mundo, ficando abaixo somente de China (7,9 milhões) e do México (6,3 milhões), propiciando uma movimentação do setor de agronegócio do cavalo de R\$ 7,3 bilhões por ano, gerando 640 mil empregos diretos e 3,2 milhões se forem incluídos os empregos indiretos. Além disso, foram enumerados cerca de sessenta pontos de estrangulamento que impedem o desenvolvimento do setor e, dentre eles, alguns dos principais entraves para o desenvolvimento da equinocultura no Brasil é a baixa qualidade e escassez no sistema de educação, e de pesquisas relacionadas à equinocultura.

No ano de 2010 observou-se um crescimento muito grande neste setor. As médias de leilões aumentaram cerca de 30%, as escolas de equitação receberam o dobro de alunos comparando com 2009, e as empresas que comercializam suplementos para estes animais também registraram aumento nas vendas. Com o aquecimento do mercado, também houve aumento na importação de animais para garantir mais qualidade nos rebanhos (PERASSOLI, 2011). Por isso, para essa movimentação se tornar constante neste setor, deve-se aprimorar e buscar por serviços especializados.

Nos últimos anos a equideocultura brasileira tem se apresentado como um mercado consumidor interno em expansão, em especial para as raças de trabalho/esporte e o Brasil tem se firmado no cenário internacional como país exportador de cavalos, principalmente para outros países do continente americano, tanto de hipismo (adestramento, salto e CCE), quanto de corrida.

Apesar de tanto desenvolvimento e expansão do setor no mercado nacional e mundial, o setor ainda enfrenta muitos problemas relacionados à insuficiência de recursos financeiros para aplicação específica nas atividades de Defesa Sanitária Animal (Programa Nacional de Sanidade Equídea), escassez de projetos objetivando a inserção do equídeo nos meios turísticos, ambiental, cultural, social e psicosocial, alta carga tributária no setor equestre, falta de política de fomento comercial das raças e falta de treinamento para mão-de-obra especializada para a lida com equídeos (CTE, 2008). Além disso, faltam recursos financeiros para serem aplicados em pesquisas relacionadas com o setor, principalmente nas áreas de alimentação, instalações e manejo sanitário.

3.2 Características Anatômicas e Fisiológicas do Trato Digestório dos Equinos

O cavalo possui particularidades anátomo-fisiológicas muito importantes e particulares da espécie. O trato digestório dos equinos é dividido em boca, esôfago, estômago, intestino delgado e intestino grosso. Cada segmento desempenha funções específicas na digestão e absorção dos nutrientes, com destaque para os intestinos delgado e grosso nesse processo (MORGADO & GALZERANO, 2009).

Meyer (1995) divide a digestão nos equinos sob o ponto de vista fisiológico, em: região pré-cecal, incluindo o estômago e o intestino delgado, com predomínio de digestão enzimática e região pós-ileal, incluindo o intestino grosso, com digestão microbiana.

O estômago do cavalo é um órgão relativamente pequeno, com cerca de 10% do trato digestório adaptado a recepção contínua de pequenas quantidades de alimento (CUNHA, 1991). Segundo Frape (2008), o intestino delgado é relativamente curto, cerca de 21 a 25 metros de comprimento, através do qual o trânsito da digesta é bem rápido, com uma parte aparecendo no ceco dentro de 45 minutos após uma refeição, constituindo o principal local de digestão e absorção de lipídeos, carboidratos solúveis e parte da proteína dos alimentos (MEYER, 1995). A natureza do material que deixa o intestino delgado é descrita como resíduos alimentares fibrosos, amido alimentar não digerido e proteína, microrganismos e secreções intestinais.

O intestino grosso (IG) ocupa aproximadamente 65% do trato gastrointestinal, dividido em ceco, cólon e reto (MEYER, 1995). É no intestino grosso que ocorre a maior parte da fermentação microbiana e também é o local primário de digestão dos

carboidratos estruturais, que são digeridos por enzimas produzidas pelos microrganismos ali presentes, e absorvidos na forma de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acetato, propionato e butirato (HINTZ et al., 1971). A forma anatômica e a motilidade do ceco e do cólon dos equinos favorece o maior tempo de retenção do alimento, em relação aos outros compartimentos do trato gastrointestinal, o que possibilita a ação dos microrganismos na digestão dos constituintes da parede celular das forragens (MEYER, 1995).

3.3 Alimentos para Equinos

As dietas para equinos são basicamente formuladas a partir da proporção volumoso:concentrado. O alimento volumoso constitui a principal fonte de nutrientes para equinos, já que estes são herbívoros e o alimento concentrado fornece aos animais um maior aporte de energia que provem dos grãos.

Os alimentos volumosos utilizados na alimentação dos equinos compreendem as pastagens e os fenos de gramíneas ou leguminosas. Os fenos mais utilizados são os de gramíneas dos gêneros *Cynodon*, como Tifton e *Coast-cross*, e de leguminosas, como o feno de Alfafa (*Medicago sativa*). De acordo com Frape (2008), seja qual for o feno utilizado, este deve ser composto por plantas nutritivas, não tóxicas e seguras, o estágio de maturidade da cultura no momento do corte e as condições de tempo e cuidado com o armazenamento são características muito mais importantes do que as espécies de plantas presentes.

Silagens de boa qualidade e silagem pré-seca também podem ser utilizadas na alimentação de equinos, desde que se leve em consideração alguns fatores antes do fornecimento, tais como: composição, isenção de fermentação anormal e livre de mofo (FRAPE, 2008). O consumo de alimento volumoso é essencial, pois a fibra promove o bom funcionamento do trato digestório e previne distúrbios comportamentais (PAGAN, 2001).

De acordo com estudos realizados por Fannesbeck (1968), as gramíneas apresentam maior quantidade de constituintes da parede vegetal do que as leguminosas. A diferença entre estas está na quantidade de hemicelulose (30% - gramíneas e 10% - leguminosas), e no fato das leguminosas conterem maior quantidade de lignina e quantidade de celulose similar à das gramíneas.

A eficiência da utilização da fibra dietética pelos herbívoros está correlacionada a três fatores principais: a composição da dieta, especialmente a fração correspondente aos carboidratos estruturais e não estruturais; a taxa de fermentação; e a taxa de passagem no trato digestório, especialmente nos compartimentos com atividade fermentativa, que está intimamente relacionada ao consumo e a composição da dieta (DROGOUL et al., 2000).

Em relação aos concentrados, encontramos os cereais que são as principais fontes de energia na dieta de equinos, principalmente daqueles que realizam trabalho intenso. Alguns dos cereais mais encontrados nas dietas dos equinos são: milho, aveia, trigo, sorgo, arroz e cevada, que contêm amido - carboidrato solúvel que quando digerido libera principalmente glicose. Porém quando fornecido em grandes quantidades, nem todo ele é completamente digerido pelas enzimas do intestino delgado, fazendo com que o amido em excesso, ou resistente, passe diretamente para o ceco, podendo causar distúrbios digestivos.

Também têm sido inseridos na dieta destes animais outros ingredientes considerados como coprodutos de indústrias alimentícias, que podem ser adicionados ao concentrado. Alguns destes são ricos em energia e muito palatáveis, como a farinha de biscoito, o melaço e a polpa de beterraba. Outros coprodutos constituem fontes de fibras solúveis e pectinas, como a polpa cítrica, casca de algodão e casca de soja. Estes últimos têm se tornado cada vez mais úteis na alimentação dos equinos, pois podem ser adicionados nas formulações de concentrados, substituindo outros ingredientes ricos em amido, diminuindo o risco de distúrbios digestivos (FRAPE, 2008).

3.4 Importância Nutricional dos Carboidratos nas Dieta de Equinos

Os carboidratos constituem grande quantidade na alimentação de equinos, por serem uma fonte de energia muito importante (NRC, 2007). Os equinos digerem principalmente os carboidratos não estruturais (95%), como amido, maltose e sacarose no intestino delgado, no entanto, os carboidratos estruturais mais complexos (40 a 50%) são digeridos principalmente no intestino grosso (PAGAN, 2001). A presença de grande população de microrganismos no intestino grosso dos equinos possibilita o aproveitamento dos carboidratos estruturais da parede celular das forrageiras para

obtenção de energia. A digestão dos carboidratos nos equinos ocorre em duas fases denominadas de digestão pré-cecal e a outra pós-ileal.

De acordo com Morgado et al. (2009), na digestão pré-cecal, os carboidratos são expostos a enzimas pancreáticas e intestinais que digerem as proteínas, lipídeos, e carboidratos não estruturais como amido, maltose e sacarose que serão hidrolisados e absorvidos como monossacarídeos. A fase pós-ileal, microbiana, ocorre no intestino grosso, onde ocorre principalmente, a digestão da fração fibrosa.

Na prática, as frações dos carboidratos são definidas pelos métodos químicos ou enzimáticos utilizados para a sua análise. Sua separação se baseia nas diferenças de solubilidade e especificidade enzimática. Os carboidratos não fibrosos (CNF) abrangem os ácidos orgânicos, monossacarídeos, oligossacarídeos, frutanas, amido, substâncias pécicas, $(1 \rightarrow 3)$ $(1 \rightarrow 4)$ - β -glucanas, e outros carboidratos que não a hemicelulose e a celulose. O sistema de fracionamento dos carboidratos em carboidratos fibrosos e não fibrosos foi desenvolvido para uso em nutrição de ruminantes (NRC, 2007) e tem sido utilizado na avaliação de alimentos para equinos. No entanto, diferenças importantes entre as espécies devem ser observadas, no que diz respeito ao processo de digestão, em função da diferença do trato digestório, o que se traduz em diferenças na digestibilidade dos alimentos (SMOLDERS et al., 1990).

3.4.1 Carboidratos estruturais e não estruturais

Os carboidratos estruturais incluem aqueles encontrados normalmente constituindo a parede celular, representados principalmente pela pectina, hemicelulose e celulose (VAN SOEST, 1994). O intestino grosso (ceco e cólon) é local primário de digestão dos carboidratos estruturais, que são digeridos por enzimas e absorvidos na forma de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC).

A fibra está contida nos carboidratos estruturais, e esta favorece a manutenção da microbiota trato gastrointestinal, e exerce um importante efeito tampão determinado pela capacidade de trocas catiônicas que é medida pela sua capacidade de ligar-se a íons metálicos em sua superfície (FERREIRA, 1994). Um aporte mínimo de fibra na dieta é indispensável aos equinos, a fim de preservar o equilíbrio psicológico e neurovegetativo, promovendo o funcionamento digestivo normal e prevenindo vícios de comportamento como a aerofagia (NRC, 2007).

Já os carboidratos não estruturais são constituídos por carboidratos encontrados no conteúdo celular, tais como, glicose e frutose, e os carboidratos de reserva das plantas, como o amido, a sacarose e as frutanas. Estes, se consumidos em grandes quantidades podem escapar à hidrólise no intestino delgado e passam para o intestino grosso onde serão rapidamente fermentados, produzindo ácido láctico e outros gases em grande quantidade, provocando desordens digestivas como cólica e diarreia (COHEN et al., 1999).

O método mais usual para a determinação dos carboidratos não estruturais, que incluem os amidos, frutanas e açúcares nos tecidos das plantas, é o método enzimático descrito por Smith (1981), no qual utiliza-se α -amilase comercial para hidrolisar dissacarídeos e amido à hexoses, sem que ocorra hidrólise das frutanas, estimando de forma mais precisa essa fração dos carboidratos.

Os carboidratos não estruturais diferem dos carboidratos não fibrosos pela inclusão de substâncias pécticas nos carboidratos não fibrosos. Geralmente, o conteúdo de carboidratos não fibrosos nos alimentos é estimado pela subtração de 100% da matéria seca dos percentuais de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra em detergente neutro (VAN SOEST et al., 1991). A limitação deste cálculo deve-se ao fato deste colocar todos os carboidratos solúveis em detergente neutro em um único grupo, incluindo tanto carboidratos estruturais como a pectina, quanto carboidratos não estruturais encontrados no conteúdo celular, uma vez que a pectina é solubilizada em solução de detergente neutro (HALL, 2001). Entre os carboidratos não fibrosos, os monossacarídeos, maltose, e amido são digeríveis pelas enzimas dos mamíferos, e sacarose e lactose podem ser digeridas, mas com alguma variação nessa capacidade entre as espécies e indivíduos. Em contraste, mamíferos e outros monogástricos não possuem enzimas próprias que hidrolisam as frutanas, ligações β -glucanas, substâncias pécticas e oligossacarídeos, assim, estes carboidratos e os polissacarídeos não amiláceos são designados para a categoria de fibra dietética. Estes podem ser fermentados pela microbiota do intestino grosso para produção microbiana de produtos que podem ter valor nutricional para os animais (HALL, 2003).

Vários sistemas foram desenvolvidos para classificar os carboidratos. Alguns componentes dos carboidratos são difíceis de mensurar, muitos sistemas de fracionamento de carboidratos têm usado termos coletivos, tais como polissacarídeos não amiláceos ou fibra dietética total (GEOR, 2007b). O sistema mais comum para

análise de carboidratos foi o sistema inicialmente desenvolvido por Van Soest (1994), no qual os separava em carboidratos não estruturais (CNE) e fibra em detergente neutro (FDN), em função das características anatômicas dos vegetais, com ênfase na parede celular vegetal e no seu conteúdo celular.

A fração de FDN contém celulose, hemicelulose e lignina. A quantidade de carboidratos não estruturais (CNE) em uma alimentação era determinada pela subtração da quantidade de FDN, proteína, extrato etéreo e cinzas da matéria seca total. Mais recentemente, o termo carboidrato não fibroso (CNF) tem sido usado para representar esta diferença, enquanto o CNE tem sido usado para descrever uma fração analisada quimicamente de um alimento (NRC, 2007). A fração CNF é composta por todos os carboidratos que não são encontrados no componente da FDN do alimento. A fração CNE inclui os mono e dissacarídeos, oligossacarídeos (incluindo frutanas) e amido (HALL, 2003). Poucos laboratórios de análises comerciais de alimentação fracionam completamente os carboidratos que compõem o CNE, mas na maioria dos alimentos a quantidade de CNE pode ser aproximada pela soma da quantidade de amido e da quantidade de carboidratos solúveis (CHO-S) (NRC, 2007).

O sistema de fracionamento de carboidratos em frações de FDN e CNF foi desenvolvido para uso na nutrição de ruminantes, por se adequar melhor à fisiologia destes animais, já que FDN e CNF são misturas heterogêneas de carboidratos que variam na digestibilidade (GEOR, 2007b).

Figura 1: Fracionamento de carboidratos baseado em métodos analíticos² e definições nutricionais ou fisiológicas¹ relativas às funções digestivas dos equinos. Adaptado de Hall (2003), Hoffman et al. (2004) e NRC (2007).

Onde: PNA – polissacarídeos não-amiláceos; FTD – fibra total da dieta; CHO-H – carboidrato hidrolisável; CHO-F_R - carboidrato rapidamente fermentável; CHO-F_L – carboidrato lentamente fermentável; CNF – carboidrato não fibroso; CSDN – carboidrato solúvel em detergente neutro; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; FB – fibra bruta; FS – fibra solúvel.

Para isso, Hoffman et al. (2001) desenvolveram uma técnica de fracionamento de carboidratos (Figura 1) que melhor se adequasse à fisiologia digestiva dos equinos. De acordo com esta técnica os carboidratos não fibrosos são divididos em: carboidratos hidrolisáveis que produzem a glicose absorvida pelo intestino delgado, composta por monossacarídeos, dissacarídeos, amidos e alguns oligossacarídeos; e carboidratos fermentáveis, que produzem ácidos graxos voláteis por meio da fermentação microbiana do intestino grosso, subdivididos em uma fração rapidamente fermentável (oligossacarídeos, frutanos, galactanos, β-glucanos e substâncias pécicas) e outra lentamente fermentável (fibra em detergente neutro, mais especificamente,

hemiceluloses e celulose). De acordo com Kronfeld (2001), os carboidratos lentamente fermentáveis produzem principalmente ácido acético, e os rapidamente fermentáveis originam ácido lático, aumentando os riscos de desordens digestivas.

3.5 Polpa Cítrica

No Brasil, a safra crescente de grãos e hortifrutigranjeiros, tem aumentado a disponibilidade não apenas de grãos de cereais, mas também de coprodutos passíveis de uso na alimentação animal (SANTOS et al., 2004). A utilização de coprodutos é uma alternativa utilizada com o objetivo de reduzir o custo da alimentação.

O setor agroindustrial brasileiro gera anualmente milhões de toneladas de resíduos, cujo destino é problemático para as agroindústrias, em decorrência do alto impacto ecológico que causariam se lançados ao meio sem tratamento adequado. Tais resíduos podem e devem ser utilizados como substitutos de ingredientes energéticos (como o milho), e/ou proteicos (como a soja), e na formulação de rações balanceadas, podendo também contribuir como frações fibrosas. O uso desses ingredientes disponíveis no país e de baixo custo pode contribuir para a redução do custo da alimentação animal para o produtor e, ao mesmo tempo, incentivar a produção agropecuária (PERALI, 2001).

O milho é o principal suplemento energético nas dietas animais, porém, em determinadas épocas do ano e com a disponibilidade de outros cereais e/ou coprodutos poderá ser substituído, integral ou parcialmente, trazendo qualidade à dieta e barateando o custo.

A polpa cítrica é um exemplo de coproduto obtido da extração de líquido de laranjas, limões, tangerinas, limas e abacaxi, resultando em resíduo de polpa (casca, medula e semente) que é seco e peletizado (FRAPE, 2008). É classificada como concentrado energético, rico em FDN, FDA e cálcio, e pobre em proteína bruta e fósforo (CARVALHO, 1995). De acordo com Retore (2009), a porção de açúcares totais é significativamente alta (entre 11 e 43,1%) e os níveis de amido são baixos. Possui alta capacidade de retenção de água (aumento da viscosidade) e elevada adsorção de sais biliares quando comparada a outros materiais fibrosos (VAN SOEST, 1994). Segundo o NRC (2007) a polpa cítrica apresenta 85,8% de matéria seca, 2,85 Mcal de ED/kg de matéria seca (MS), 6,9% de proteína bruta (PB), 4,9% de extrato etéreo (EE),

24,2% de fibra em detergente neutro (FDN) e 22,2% de fibra em detergente ácido (FDA). Por seu elevado teor de fibra (maior que 18%), pode ser considerada uma boa fonte de fibra para equinos.

De acordo com Bampidis & Robinson (2006), a polpa cítrica apresenta valores próximos para a fibra solúvel e solúvel em detergente neutro (29,51 e 30,94%, respectivamente), devido ao seu alto teor em pectina (20,30%), carboidrato estrutural de alta e rápida degradação, estando prontamente disponível (ROCHA FILHO, 1998), a qual fermentada gera ácidos mais fracos, como o acético (BEM-GHEDALIA et al., 1989) e não ácido láctico. Além disso, de acordo com Van Soest et al. (1991) apresenta alta capacidade tamponante, por meio de sua capacidade de troca de cátions e ligações com íons metálicos, o que colabora para que a população de microrganismos não seja reduzida, sendo os celulolíticos os mais drasticamente afetados em condições de baixo pH. Por estas características citadas, a polpa cítrica vem sendo classificada como “super fibra” para os equinos (DUREN, 2000). Uma vez que o produto final da sua fermentação é primordialmente o acetato, este pode ser utilizado como substrato de reposição do glicogênio muscular em cavalos atletas, uma vez que já foi observado que este substrato tem importante função neste processo (PRATT et al., 2005).

As pectinas pertencem ao grupo de polissacarídeos não-amiláceos com elevados teores de ácido galacturônico, ramnose, arabinose e galactose, estando presentes caracteristicamente na lamela média e na parede primária da célula vegetal. As leguminosas contêm mais substâncias pécticas (de 7 a 14%), que as gramíneas (de 2 a 5%) (EZEQUIEL & GALATI, 2005). As substâncias pécticas entre os polissacarídeos da parede celular vegetal são os que possuem maior importância no processo de retenção de água (EASTWOOD, 1992), e são as que mais alteram a viscosidade da digesta, mas como sua degradação tende a ser quase completa pela microbiota, ocorre a liberação das substâncias complexadas à parede celular contribuindo para um trânsito mais lento e maior atividade fermentativa na região ceco-cólica de herbívoros não ruminantes (VAN SOEST, 1994).

Em estudo realizado por Oliveira et al. (2002), no qual avaliaram a influência da adição de pectina sobre a digestibilidade aparente de nutrientes em equinos, a adição de pectina representou um fornecimento extra de energia bruta para os microorganismos do intestino grosso, mas não promoveu aumento da digestibilidade aparente da FDN, discordando com a hipótese de Úden & 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. Estes autores destacam ainda que a rápida taxa de passagem de alimentos pode não ter permitido eficiente colonização pelos microorganismos da porção fibrosa do alimento, não havendo por consequência, aumento da sua degradação, refletido pela não alteração da digestibilidade aparente da FDN da dieta. Concluem que a adição de 1,25% de pectina à dieta maximizou o coeficiente de digestibilidade aparente da PB e a adição de pectina até o nível 3% proporcionou resposta linear positiva do coeficiente de digestibilidade aparente da hemicelulose do feno de *coast-cross*.

Vervuert et al. (2008) adicionaram à uma dieta de fubá de milho, fibra purificada solúvel (pectina) e insolúvel (lignocelulose), e concluíram que estas não afetam os níveis de glicose pós-prandial e resposta à insulina em equinos, o que sugere que estratégias de alimentação para os cavalos com uma elevada necessidade de energia deve incluir uma redução do amido por refeição, e adição de fibras purificadas.

3.6 Digestibilidade

A determinação da digestibilidade dos nutrientes de um alimento é de grande importância para descrever seu valor nutritivo (ARAÚJO et al., 2000). A digestibilidade é a fração do alimento consumido que não é recuperada nas fezes, sendo expressa em porcentagem, e a partir da qual se determinam os coeficientes de digestibilidade dos diversos nutrientes da dieta (ANDRIGUETTO et al., 1981).

A partir do conhecimento dos dados de digestibilidade dos alimentos é possível a escolha de alimentos mais digestíveis, e o ajuste da dieta de forma mais adequada, pois quanto maior a digestibilidade dos nutrientes do alimento, maior será a quantidade de nutrientes disponíveis para os estados de manutenção, crescimento, reprodução e trabalho (RESENDE et al., 1998).

Van Soest (1994) definiu como digestibilidade aparente o balanço entre a diferença entre o nutriente do alimento menos o nutriente encontrado nas fezes, sendo que, nas fezes estão presentes também produtos metabólicos como bactérias e resíduos endógenos do metabolismo animal. A digestibilidade verdadeira é a diferença entre o nutriente da dieta e seus resíduos indigestíveis, isto é, livre de produtos metabólicos.

Dessa forma, o coeficiente de digestibilidade verdadeira é sempre maior que o coeficiente de digestibilidade aparente, pois este contém um valor de perda metabólica incluído no valor das fezes.

Para que as investigações ligadas à nutrição tenham credibilidade, a escolha do método para avaliação do aproveitamento dos nutrientes da dieta é de extrema importância. De acordo com Maurício et al. (1996) para mensuração da digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta tem sido utilizado o método de coleta total de fezes, considerado tradicional, mas muito trabalhoso. No entanto, é a mais exata e confiável técnica para determinar a produção fecal e o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes das dietas para equinos. Este método requer controle rigoroso da ingestão e excreção dos animais, o que o torna trabalhoso devido à grande quantidade de fezes produzida pelos equinos. Além disso, a coleta total de fezes também pode ser utilizada para estimar a digestibilidade do alimento de animais que estejam em gaiolas metabólicas ou em baias.

3.7 Comportamento Ingestivo e Palatabilidade

O comportamento alimentar dos equinos é produto de milhares de anos de seleção em condições naturais, e está baseado nos seus hábitos em liberdade, onde dedicam a maior parte do seu tempo, até 16 horas por dia, ao pastejo (WINSKIL et al., 1996). Algumas diferenças dietéticas, climáticas e raciais podem influenciar no comportamento ingestivo dos equinos, podendo alterar o tempo de consumo dos animais.

Modificações na rotina alimentar, na forma física da dieta e nos hábitos dos equinos, como acontece com os cavalos confinados em baias, podem desencadear uma série de transtornos, tanto digestivos quanto de comportamento. Alimentos processados de maneira a aumentar a velocidade de ingestão também podem propiciar sobrecarga alimentar e problemas de comportamento. Quanto mais rápida for a ingestão, como no caso de alto consumo de concentrados, maior será o tempo de ócio resultante. Em animais estabulados, isto se traduz numa série de vícios e desvios alimentares, como comer a madeira das portas, comer a cama, coprofagia, bruxismo e aerofagia (LEWIS, 2000). Aumentar o consumo de fibra destes animais tem mostrado resultados positivos,

em termos de diminuição de comportamentos anormais, em testes realizados por Thorne et al. (2005).

Segundo Falkowski et al. (1977) a palatabilidade de plantas pastejadas pelos animais é um fenômeno muito complexo que depende da participação de fatores fitoquímicos e também, de instintos e demanda individual do animal. Para estes autores, há uma correlação significativa entre o conteúdo de carboidratos nas gramíneas e a proporção em que ela é pastejada pelos cavalos. Os cavalos preferem espécies mais doces, apesar da concentração de celulose.

Poucos estudos foram realizados sobre palatabilidade e aceitabilidade de ingredientes para dietas de equinos. Estudos realizados por Manzano et al. (1999) com cavalos em crescimento, compararam três tipos de dietas, uma basal, uma com 7,5% e outra com 15% de inclusão de polpa cítrica em substituição de milho. A dieta basal não diferiu das outras duas, porém o consumo da dieta com 15% de polpa cítrica foi superior ao da dieta com 7,5%. Ott et al. (1979) obtiveram resultado diferente testando a palatabilidade de dietas com diferentes formas de processamento de polpa cítrica e níveis de inclusão de 0, 15 e 30% desta. As dietas experimentais foram fornecidas por sete dias e durante 1 hora diária em períodos distintos, e observaram a taxa de consumo e quantidade de sobra do concentrado, sendo que a dieta com 30% de inclusão de polpa cítrica foi a menos consumida, concluindo que a polpa cítrica possui baixa palatabilidade.

Goodwin et al. (2005b) estudando a capacidade de seleção e aceitabilidade de concentrados e péletes de minerais com 15 diferentes sabores para equinos estabulados, observaram que os concentrados e péletes de minerais mais consumidos foram os que continham os aromas de banana e fenacho, podendo estes serem eficazes em aumentar a aceitação do mineral.

Há uma grande divergência nos testes de palatabilidade utilizados para equinos. Segundo Carciofi (2008) o ensaio de palatabilidade é utilizado para verificação dos aspectos sensoriais envolvidos na ingestão do alimento: paladar, odor, textura, formato, tamanho, sensação de mastigação e deglutição, e pode ser realizada com o emprego de dois testes, aceitabilidade e preferência. O teste de aceitabilidade é empregado com o intuito de simular as condições de ingestão na casa dos proprietários, quando o animal ingere apenas um único alimento por vez. Para isso, se oferece um único alimento por vez ao animal e determina-se se o mesmo apresenta consumo voluntário suficiente para

manter o peso corporal. O teste de preferência tem como objetivo confrontar dois ou mais alimentos para verificar qual deles será preferido pelos animais. Este método pode ser empregado para comparar dois ou mais concentrados presentes do mercado, mudanças de formulação industrial de uma mesma ração ou diferentes palatilizantes em uma mesma fórmula. Desta forma, são oferecidos dois alimentos simultaneamente, e mensura-se qual o mais consumido, que é classificado como mais palatável.

Para Vasconcellos (2005) a palatabilidade é resultante de uma série de interações, positivas ou negativas, relativas aos ingredientes utilizados na ração e do palatilizante empregado no produto, que vão interferir diretamente no consumo.

Não existem, atualmente, provas de saciedade sensorial específica na literatura para cavalos, embora esta seja bem documentada em carnívoros silvestres e domésticos (CHURCH et al., 1996). Porém, em estudos anteriores com equinos estabulados investigando a variedade sensorial de dietas contendo concentrados de diferentes aromas, observaram que estes alteraram o comportamento de forrageamento (ou seja, o comportamento associados à investigação de alimentos e aquisição) e a seleção de dieta, mas não o comportamento alimentar (GOODWIN et al., 2005b).

Em outro estudo, Goodwin et al. (2005a), avaliando os efeitos no comportamento e seleção de dietas de diferentes formulações e aromas para equinos estabulados, observaram que estes diferentes aromas influenciaram no comportamento ingestivo e no tempo de ingestão. A primeira vez que as dietas foram fornecidas a maioria dos animais rejeitava, já na segunda vez, os animais não recusavam e tinham um consumo maior.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade de formulação de diferentes dietas contendo diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica (0, 7, 14, 21 e 28%) no concentrado, avaliados através da palatabilidade e digestibilidade dos nutrientes e das frações dos carboidratos da dieta.

4.2 Objetivos Específicos

- I. Verificar a aceitação ou refuta de concentrados contendo diferentes níveis de polpa cítrica;
- II. Avaliar a palatabilidade, pelo teste de preferência, de concentrados formulados com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica;
- III. Avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas e das frações do carboidrato;
- IV. Determinar o melhor nível de inclusão de polpa cítrica ao concentrado para equinos;

5. Ensaio de palatabilidade de dietas contendo polpa cítrica para equinos através de teste de preferência (Experimento 1)

5.1 Introdução

Os equinos são animais herbívoros não ruminantes, capazes de suprir grande parte de suas exigências nutricionais através da ingestão de gramíneas (BRANDI & FURTADO, 2009), porém, em algumas fases fisiológicas como a lactação, gestação e animais atletas se faz necessária a suplementação com grãos ou concentrado. Os concentrados são formulados a base de milho, farelo de soja, farelo de trigo, porém ingredientes alternativos podem ser utilizados, como é o caso da polpa cítrica.

A polpa cítrica é um ingrediente energético (2,85 Mcal/kg, NRC 2007) e vem sendo utilizado nos concentrados para equinos por apresentar elevada porcentagem de pectina (20,30%, ROCHA FILHO, 1998) e assim maior potencial de geração de ácido acético e boa capacidade tamponante (VAN SOEST, 1994), sendo considerado uma “super fibra” para dieta de equinos (DUREN, 2000; GIBBS, 2005). A inclusão deste ingrediente no concentrado pode favorecer a redução no aporte de amido nas refeições do equino, sendo sugerido aporte máximo 2g de amido/kg peso vivo, por refeição (KIENZLE et al., 1994). Pouco se sabe sobre a aceitação deste ingrediente pelos equinos, sendo descrito apenas por Ott et al. (1979), que verificaram que dietas com 30% de inclusão de polpa cítrica não são aceitas pelos cavalos.

Como a maioria dos herbívoros, os equinos selecionam seus alimentos baseados em características visuais, odor, sabor, disponibilidade, textura e variedade (ROGUET et al., 1998). Segundo Collery (1974), os equinos, diferente de outros herbívoros, são altamente seletivos, situação também observada hoje com o fornecimento de concentrados com inclusão de ingredientes novos. Goodwin et al. (2005b), avaliando diferentes aromas em concentrados, sugeriram que a alteração no sabor pode afetar o comportamento de forrageamento (comportamento associado a procura e aquisição do alimento), seleção de dietas e o comportamento de não forrageamento, sendo traduzido pelo cessar da busca de alimentos.

Segundo Falkowski et al. (1977) e Edouard et al. (2008), a palatabilidade de plantas pastejadas pelos animais é um fenômeno muito complexo que depende da participação de fatores fitoquímicos e, também, de instintos e demanda individual do

animal. Os equinos preferem espécies mais doces, apesar da concentração de celulose. Pouco se sabe sobre a palatabilidade de concentrados ou dietas completas para equinos.

Há uma grande divergência nos protocolos de testes de palatabilidade utilizados para equinos. Segundo Carciofi (2008) o ensaio de palatabilidade é utilizado para verificação dos aspectos sensoriais envolvidos na ingestão do alimento: paladar, odor, textura, formato, tamanho, sensação de mastigação e deglutição. Para isso, podem ser realizados dois testes: a aceitabilidade (este método é empregado com o intuito de simular as condições de ingestão na casa dos proprietários, quando o animal ingere apenas um único alimento por vez) e preferência (o objetivo deste teste é confrontar dois ou mais alimentos para verificar qual deles será preferido pelos animais). Este método pode ser empregado para comparar dois ou mais concentrados presentes no mercado, mudanças de formulação industrial de um mesmo concentrado ou utilização de diferentes palatabilizantes em uma mesma fórmula. Desta forma são oferecidos dois alimentos simultaneamente e se mensura qual o mais consumido, que é classificado como mais palatável.

O teste de palatabilidade é composto por avaliação de primeira escolha (primeiro alimento efetivamente consumido pelo animal) e a taxa ou razão de ingestão (verifica qual foi o alimento mais consumido), (CARCIOFI, 2008). Para Muller & Udén (2007), a primeira escolha consiste no alimento mais consumido durante 5 minutos e a razão de ingestão é considerada como consumo alimentar por dia. Goodwin et al. (2005a), avaliaram a razão de ingestão dos ingredientes, o consumo em gramas de cada um deles, o tempo de ingestão, a refusa de alguns ingredientes e a completa rejeição dele em um período de 2 minutos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a aceitação ou refusa de concentrados contendo níveis crescentes de polpa cítrica (7, 14, 21 e 28%) e o concentrado de maior preferência, avaliando-se a primeira ação e palatabilidade pelo teste de preferência, destes concentrados; além de verificar a aplicabilidade deste protocolo de teste em experimentos para equinos.

5.2 Materiais e Métodos

5.2.1 Local, animais e períodos experimentais

O experimento foi conduzido no Setor de Equideocultura da Coordenadoria do Campus de Pirassununga, no mês de Maio de 2010.

Foram utilizadas dez equinos mestiças híbridas da Coordenadoria do Campus da USP de Pirassununga, com idades entre três e doze anos, peso aproximado de 500 Kg, alojadas a pasto de *Panicum maximum* vs Tanzânia.

O ensaio de palatabilidade pelo teste de preferência (CARCIOFI, 2008), consistiu no fornecimento simultâneo de quatro concentrados, formulados com diferentes níveis de inclusão de polpa cítrica (Tabela 1). Os concentrados foram oferecidos em comedouro único de alvenaria, contínuo e alinhado, localizado na face posterior de cada um dos dois boxes utilizados para a observação. Não houve divisão entre as porções de concentrado fornecidas. A disposição do fornecimento dos concentrados foi casualizada por baía e por dia de observação, o que permitiu minimizar a possibilidade do animal apresentar tendência de lado do cocho. Optou-se fornecer o concentrado em cocho único, pois este já era previamente conhecido pelo animal e favorecia a visualização dos observadores para a coleta dos dados de primeira ação e escolha.

Tabela 1: Composição percentual dos concentrados experimentais.

Ingrediente	Níveis de inclusão de polpa cítrica (%)				
	0	7	14	21	28
Milho moído	78,57	73,04	67,36	61,12	54,88
Farelo de soja	10	10	10,15	10,9	11,64
Farelo de trigo	7,28	5,81	4,34	2,83	1,32
Polpa cítrica	0	7	14	21	28
Premix*	2	2	2	2	2
Sal comum	1	1	1	1	1
Calcário	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Fosfato bicálcico	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

*Níveis de garantia: Monóxido de Manganês (11.400,00 mg); Aditivo Antioxidante (25,00 mg); Iodato de Cálcio (26,00 mg); Selenito de Sódio (48,00 mg); Vitamina B12 (2.500,00 mcg); Pantotenato de Cálcio (1.500,00 mg); Biotina (20,00 mg); Vitamina B6 (764,00 mg); Cloreto de Colina (12.858,00 mg); Vitamina E (10.000,00 UI/kg); Vitamina A (1500.000,00 UI/kg); Vitamina K3 (240,00 mg); Vitamina D3 (150.000,00 UI/kg); Sulfato de Ferro

(21.780,00 mg); Óxido de Zinco (25.000,00 mg); Sulfato de Cobre (6.250,00 mg); Sulfato de Cobalto (25,00 mg); Ácido Fólico (505,00 mg); Niacina (2.512,00 mg); Vitamina B2 (1.250,00 mg).

Tabela 2: Composição bromatológica dos concentrados experimentais com inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica.

Nutrientes	Níveis de inclusão de polpa cítrica				
	Controle	7%	14%	21%	28%
Matéria seca	89,24	90,01	90,68	90,41	90,83
Matéria mineral	4,33	4,38	4,77	5,15	5,53
Proteína bruta	15,27	15,72	12,62	12,86	12,25
Fibra bruta	5,02	5,78	5,8	6,05	6,97
Extrato etéreo	3,76	3,89	3,5	2,92	2,78
Extrato não nitrogenado	70,96	70,23	73,31	73,02	72,47
Fibra em detergente neutro	15,92	15,86	15,62	15,47	16,44
Fibra em detergente ácido	12,43	12,89	12,87	12,55	12,7
Carboidrato não fibroso	60,72	60,15	63,49	63,6	63
Carboidrato solúvel	3,1	2,88	4,89	5,91	6,19
Hemicelulose	3,49	2,97	2,75	2,92	3,74
Energia Digestível estimada (kcal/kg)	3506,37	3511,88	3455,59	3397,21	3330,91

Os equinos foram observados durante três dias não consecutivos, sendo uma vez por semana, durante três semanas consecutivas, utilizando-se a metodologia focal de forma instantânea (MARTIN & BATESON, 1986) por um período de 15 minutos. Nestes dias, os equinos foram retirados do pasto e conduzidos até a cavalariça. Ao chegarem à instalação, permaneceram alojadas em curral de manejo e receberam um quilo do concentrado controle do experimento (Tabela 2), em baias lanchonete, antes de serem conduzidas para os boxes experimentais. Atribuído ao fato dos equinos permanecerem a pasto, com forragem a disposição durante toda a noite anterior ao teste e ao chegarem ao curral de manejo receberem concentrado, sugere-se que estes animais estavam saciados no momento do teste.

O teste foi conduzido sempre no mesmo horário, evitando variações no comportamento ingestivo ao longo do dia, avaliando-se dois animais simultaneamente.

Os concentrados experimentais foram formulados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em sua composição (Tabela 1). Para estimar a energia digestível dos concentrados foi utilizada a equação abaixo, sugerida por Zeyner & Kienzle (2002).

$$ED \text{ (kcal de ED/kg)} = -3,6 + (0,211 \times PB) + (0,421 \times EE) + (0,015 \times FB) + (0,189 \times ENN) / 0,00419$$

O teste de palatabilidade foi dividido em duas fases, sendo a primeira escolha (primeiro concentrado efetivamente ingerido pelo animal) e a razão de ingestão (quantidade ingerida de cada um dos concentrados experimentais, em 15 minutos). Adicionou-se a estas avaliações, a avaliação da primeira ação, sendo descrita como o primeiro contato demonstrado pelo animal frente a dieta, resultado essencial para verificar a refuta imediata do concentrado, resposta importante para as fabricas de ração, as quais já incluem a polpa cítrica em seus produtos para equinos.

5.2.2 Delineamento Experimental

As variáveis comportamentais foram analisadas por frequência e classificadas, sendo a primeira ação: 1-cheirou e 2- ingeriu e a primeira escolha: 1- porcentagem do concentrado 7% ingerido inicialmente, 2- porcentagem do concentrado 14% ingerido inicialmente, 3- porcentagem do concentrado 21% ingerido inicialmente e 4- porcentagem do concentrado 28% ingerido inicialmente.

Para a determinação da razão de ingestão (RI), forneceu-se um quilo de cada um dos concentrados experimentais, e após 15 minutos, as equinos foram retiradas das baias e as sobras foram pesadas, permitindo-se determinar o consumo de cada uma dos concentrados.

Utilizou-se a seguinte fórmula para determinar a razão de ingestão:

$$RI = \text{concentrado (\% polpa cítrica)} / (\text{ingestão de concentrado 7\%} + \text{ingestão de concentrado 14\%} + \text{ingestão de concentrado 21\%} + \text{ingestão de concentrado 28\%}).$$

Adotou-se que para pequeno número de observações (20-30), valores de $RI > 0,60$, determinam o alimento preferido, quando se utilizam dois alimentos

(CARCIOFI, 2008). Adequando este valor para testes com quatro produtos, acredita-se que as $RI > 0,30$ determinem os concentrados preferidos.

As frequências observadas, tanto para primeira escolha como para primeira ação, ao longo do período experimental foram avaliadas utilizando Teste de Qui-quadrado de Adequação ao Ajustamento, considerando a hipótese de que todos os tratamentos (e as escolhas) ocorreriam com mesma probabilidade.

As razões de ingestão observadas ao longo do período foram avaliadas utilizando um modelo misto que contemplou o efeito fixo de tratamentos, bem como, o efeito aleatório de animal, além do resíduo. Em virtude de resultados significativos para a fonte de variação tratamento, foi utilizado Teste *t* de *Student* como procedimento para comparação das médias. Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa Statistical Analysis System, versão 9.3 (SAS, 2004).

5.3 Resultados e Discussão

Houve diferença ($p < 0,01$) para a primeira ação, sendo que 20% cheiraram e 80% dos animais ingeriram o concentrado assim que tiveram acesso. Já Ott et al. (1979), fornecendo concentrado com 30% de polpa cítrica, observou apenas 25% de consumo direto pelos animais, o que sugere que o nível de inclusão de polpa apresenta forte ação sobre o consumo do concentrado. Diferente do presente trabalho, os equinos só tinham o nível (30% de inclusão) a disposição para ingestão.

O ato de cheirar o concentrado antes de consumi-lo pode estar associado à identificação de odores desconhecidos pelo animal, além do efeito individual, associado a busca do alimento preferido, a capacidade de seleção de cada um dos animais e o consumo do produto preferido, associado a grande capacidade de seleção do equino, levando-o a desenvolver o apetite caprichoso.

A individualidade dos equinos é um assunto bastante discutido (BONDE e GOODWIN., 1999; GOODWIN et al., 2005 a,b; OTT et al., 1979). A grande seletividade apresentada pelo equino (COLLERY, 1974) pode ser um fator de grande interferência na individualidade. Edouard et al. (2008) citam que o consumo pode ser influenciado pela composição química do alimento, porém a quantidade consumida de alimento, quando se varia a composição, não apresenta mesmo comportamento pelos equinos, evidenciando a individualidade dos mesmos. Bonde & Goodwin (1999),

estudando o comportamento de equinos frente a diferentes odores, observaram que os cavalos apresentam forte efeito individual, preferiram os odores de gengibre e coentro e levaram pouco tempo para se aproximar dos odores de óleo de laranja e fragrância de limão, além de passar pouco tempo cheirando estas essências.

O odor é o primeiro contato e o mais seguro para o animal, uma vez que ele não precisa apreender o alimento para verificar se o agrada. Acredita-se que o equino responda melhor ao aroma, definido como, propriedade organoléptica perceptível pelo órgão olfativo via retronasal durante a degustação. A simples prova do alimento não significa a preferência por ele e sim a curiosidade pelo alimento novo, além de proporcionar ao animal, a determinação do aroma.

Quando são considerados os aspectos sensoriais envolvidos na ingestão do alimento como o aroma, odor, textura, formato, tamanho, sensação de mastigação e deglutição (CARCIOFI, 2008), verificou-se que no presente trabalho os concentrados experimentais, diferiram entre si, principalmente, no aroma e odor, sendo os demais fatores praticamente constantes. O crescente nível de inclusão de polpa cítrica acentuou o odor deste ingrediente no concentrado, o que também refletiu no aroma. Foi perceptível ao olfato humano verificar tal variação e desta forma, considerando o olfato mais aguçado do equino, acredita-se que seja perceptível também a eles. Ott et al. (1979) citou que as dietas com 30% de inclusão de polpa cítrica, apresentaram aroma de polpa cítrica completamente evidente e apesar de agradável ao ser humano, pode ter sido desagradável para o equino, o qual recusou o concentrado.

Evidenciou-se o efeito do odor na análise da variável primeira escolha, a qual não apresentou diferença ($p>0,05$) entre os tratamentos, porém verificou-se que o menor nível de inclusão, 7% foi o de maior preferência (36,67%), seguidos por 14% (26,67%), 21% (16,67%) e 28% (20,00%) (Tabela 3).

Na análise destes resultados também se observou o efeito do indivíduo, pois dos dez equinos utilizados no teste, apenas dois apresentaram preferência pelo concentrado com 28% de polpa cítrica. Estudando o comportamento de escolha dos concentrados pelas equinos ao longo do tempo, verificou-se que 60% apresentam o mesmo padrão de consumo, buscando o mesmo concentrado em pelo menos duas das três observações realizadas em cada animal.

Tabela 3: Porcentagem da primeira escolha dos animais e médias observadas da taxa de consumo dos concentrados com níveis crescentes de polpa cítrica.

Níveis de Polpa Cítrica (%)	Primeira escolha (%)	Razão de ingestão
7	36,67	0,4432 ^a
14	26,67	0,2715 ^b
21	16,67	0,174 ^b
28	20,00	0,1457 ^b

Letras maiúsculas dentro da mesma coluna diferem entre si pelo teste T ($p < 0,01$).

Outro fator que pode ter influenciado na primeira escolha e primeira ação, foi à disposição de fornecimento do concentrado no comedouro. Como os concentrados estavam dispostos lado a lado, sem divisão em comedouro único, contínuo e linear, acredita-se que a distinção do odor dos diferentes concentrados pode ter sido prejudicada. Desta forma, a utilização de cochos com maior distância entre eles, poderia evitar tal situação.

A composição do concentrado também pode ter influenciado a primeira escolha (Tabela 3). Para a inclusão dos níveis crescentes de polpa cítrica, houve variação na proporção dos ingredientes principalmente na quantidade de milho utilizada em cada uma das formulações. À medida que a polpa cítrica foi incluída em maiores níveis, menores porcentagens de milho foram utilizadas. Como o equino apresenta grande predileção pelo milho, este fator também pode ter influenciado tanto a primeira escolha, pela alteração do odor, atribuída ao efeito somatório dos alimentos, como também na razão de ingestão. A menor inclusão do milho, pode também ter alterado o aroma, tornado os concentrados menos doces, fator de preferência pelo equino (FALKOWSKI et al., 1977), que pode ter influenciado a preferência pelo consumo do concentrado com 7% e a primeira escolha deste nível de inclusão.

A preferência pelo concentrado com 7% de inclusão, observada na análise da primeira escolha, foi irrefutável pela análise conjunta com os resultados da razão de ingestão, que apresentou diferença ($p < 0,001$) entre os concentrados, sendo que o mais consumido foi o nível de inclusão de 7% de polpa cítrica. Para os demais níveis não foi observada diferença ($p > 0,05$), porém os concentrados mais consumidos foram respectivamente, 14, 28 e 21%.

Corroborando com o resultado supra-apresentado, quando considera-se apenas o fator razão de ingestão, e utiliza-se classificação de preferência pelo índice sugerido e

adaptado de Carciofi (2008), o concentrado com 7% de inclusão, é o preferido, apresentando $RI=0,44$ (sendo o valor de referência para preferência $RI>0,30$), enfatizando a preferência por este nível de inclusão (7%) de polpa cítrica em concentrados para equinos (Gráfico 1).

Gráfico 1: Taxa de ingestão dos concentrados contendo níveis crescentes de polpa cítrica: valores observados e estimados.

Semelhante ao observado no presente trabalho, Ott et al. (1979), avaliando a aceitabilidade de dietas com a substituição de 0, 15 e 30% de aveia por polpa cítrica no concentrado, observou consumo semelhante dos concentrados com 15% e sem adição de polpa cítrica e que houve uma parcial rejeição do concentrado com 30% de polpa cítrica (representando 3% do total oferecido em 21 dias). Estes autores, não citaram a razão de ingestão das dietas e sim o consumo diário, fatores que interferem na interpretação. Outro fator importante foi o protocolo experimental utilizado. Para a realização do estudo de aceitabilidade, Ott et al. (1979) forneceram apenas um concentrado com um nível de polpa cítrica por vez, analisando a preferência pelo consumo diário e também forneceram os concentrados por tempo prolongado.

Em um segundo ensaio de Ott et al. (1979), comparando a aceitabilidade de dietas com 30% de polpa cítrica e dietas sem polpa cítrica, observou consumo de 8,6%

do concentrado oferecido, quando este continha 30% de polpa cítrica e que o oferecimento por tempo prolongado (duas semanas) não aumentou o consumo do concentrado, dado semelhante ao obtido no presente trabalho, onde a razão de ingestão do concentrado com 28% de inclusão de polpa cítrica, apresentou menor consumo bruto (0,1457).

Diferente do observado no presente estudo, Manzano et al. (1999), avaliando o consumo diário de rações com substituição de 0, 7,5 e 15% do milho pela polpa cítrica no concentrado, observaram maior consumo das dietas com 15% de inclusão de polpa cítrica. Mais uma vez, houve diferença na metodologia aplicada no teste. Estes autores utilizaram uma dieta completa com volumoso e concentrado, fornecidos ao mesmo tempo e juntos, enquanto Ott et al. (1979) e o presente trabalho, forneceram apenas o concentrado para avaliação do consumo.

O uso de testes diferentes em experimentos de palatabilidade e aceitabilidade influenciam sobremaneira nos resultados. Pode-se observar que Ott et al. (1979) e Manzano et al. (1999), citaram a preferência por dietas, considerando apenas o consumo e sobra das mesmas, enquanto Müller & Udén (2007) e Goodwin et al. (2005a) aplicaram teste de primeira escolha, porém cada um deles considerando um protocolo, variando principalmente nos tempos de execução e forma de avaliação. O presente estudo considerou um somatório de fatores para explicar sobre a preferência e desta forma, se torna difícil comparar os resultados obtidos com a literatura. Para melhor entender estudar o campo da preferência e comportamento alimentar, se faz necessário padronizar os testes aplicados.

5.4 Conclusões

A polpa cítrica pode ser utilizada em concentrados para equinos. Níveis baixos de inclusão, próximos a 7%, são recomendados, quando o concentrado for à base de milho, farelo de trigo, farelo de soja, sem a adição de palatilizantes como o melaço.

São necessários mais estudos para a padronização dos testes de palatabilidade para equinos, facilitando com isso a comparação dos resultados obtidos nas pesquisas com a literatura disponível.

Testes mais completos com uso de primeira ação, primeira escolha e razão de ingestão (palatabilidade pelo teste de preferência) são mais adequados e conclusivos.

6. Digestibilidade aparente de dietas com inclusão de polpa cítrica para equinos (Experimento 2)

6.1 Introdução

Os equinos são capazes de utilizar grandes quantidades de volumoso para atender as exigências nutricionais, entretanto, para maximizar o crescimento e a produtividade, são utilizadas dietas com altas porcentagens de grãos (OLIVEIRA et al., 2003). Para atender as exigências das diversas classes de equinos, tem-se buscado ingredientes alternativos para a composição de dietas.

Dentre os nutrientes, os carboidratos são a principal fonte de energia para os equinos (NRC, 2007), podendo ser agrupados em carboidratos fibrosos – celulose e hemicelulose, que, juntamente com a lignina, compõem a parede celular vegetal, e não fibrosos, que incluem amido, mono, di e oligossacarídeos, frutanas, pectinas, galactanos e β -glucanos (HALL, 2003).

Compõem os carboidratos solúveis: oligossacarídeos, frutanas e parte do amido (SILVA & QUEIROZ, 2002). Já os carboidratos hidrolisáveis diferem dos carboidratos solúveis pela não inclusão das frutanas (MORGADO et al., 2009).

A aplicação de diferentes dietas, utilizando-se concentrados ricos em fibras, tem sido proposto para prevenir problemas gastrointestinais, além da manutenção da população de microrganismos do intestino grosso (MIRAGLIA et al., 2006). Atualmente, óleos vegetais e alimentos ricos em polissacáridos não-amiláceos (polpa de beterraba, casca de soja) têm sido utilizados como fontes de energia. A inclusão dessas fontes reduz o nível de amido na alimentação, sem comprometer a densidade calórica da ração (GEOR, 2007). Kienzle et al. (1994) citam que a quantidade máxima de amido a ser fornecida por refeição é de 2g de amido/kg peso vivo, por refeição/

Um dos ingredientes que tem sido utilizado como fonte de fibra e energia para equinos é a polpa cítrica, um coproduto da indústria de sucos de laranja que é bastante disponível e economicamente viável (MANZANO et al., 1999;).

A disponibilidade da polpa cítrica varia de acordo com a produção das empresas de sucos de citrus, acompanhando a curva de produção destas. A polpa cítrica é classificada como concentrado energético (2,85 Mcal ED/kg, NRC, 2007), pobre em proteína bruta (7,1% $\pm$ 0,49 em base de matéria seca) (CARVALHO, 1995). De acordo

com Retore (2009), a porção de açúcares totais é significativamente alta (entre 11 e 43,1%) e os níveis de amido são baixos. Apresenta grande quantidade de pectina (20,30%), carboidrato estrutural de alta e rápida degradação, estando prontamente disponível (ROCHA FILHO, 1998), a qual fermentada gera ácidos mais fracos, como o acético, (BEM-GHEDALIA et al., 1989) e não ácido lático. Por estas características citadas, a polpa cítrica vem sendo classificada como “super fibra” para os equinos (DUREN, 2000).

São escassos os trabalhos com uso de polpa cítrica para equinos e os resultados observados são controversos. Perali et al. (2001), determinando o valor nutricional de seis alimentos para equinos, incluindo a polpa cítrica, em substituição ao volumosos observaram coeficientes de digestibilidade de MS, PB, FDN, FDA e EB, respectivamente de: 80,22%, 66,25%, 57,71%, 61,35% e 77,63%. Segundo os valores de digestibilidade de EB obtidos por estes pesquisadores e pelo NRC (2007), a polpa cítrica apresenta em média 70 a 75% da ED do milho grão.

Ott et al. (1979), avaliando a aceitabilidade e digestibilidade de dietas contendo polpa cítrica (0, 15 e 30%) para equinos, observaram que seis dos oito equinos rejeitaram a dieta contendo 30% de polpa cítrica, e aceitaram a dieta com 15%. Observou também que a polpa cítrica aumentou os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) e extrativo não nitrogenado (ENN).

Já Manzano et al. (1999), testando níveis de inclusão (0, 7,5 e 15%) de polpa cítrica em substituição ao milho à dieta de potras mestiças da raça Árabe, observaram aumento da digestibilidade aparente da MS e PB conforme aumentou-se o nível de inclusão de polpa cítrica, encontrando valores de 58,2; 68,7 e 67,5 para MS, e para PB, 70,8; 77,1; e 78,6.

Em estudo realizado por Miraglia et al. (2006), variando a relação volumoso:concentrado em diferentes concentrados utilizados para equinos, contendo ingredientes ricos em fibra, como polpa cítrica, cevada, floculado de trigo e polpa de algarroba, observaram aumento na digestibilidade, principalmente da fração hemicelulose do concentrado contendo polpa cítrica, como consequência da elevada qualidade desta fonte de fibra utilizada.

Não foi encontrado nenhum trabalho com o fracionamento dos carboidratos de dietas contendo polpa cítrica para equinos. O fracionamento dos carboidratos para

equinos foi proposto por Hoffman et al. (2001) e começou a ser estudo no Brasil por Morgado et al. (2009), determinando a digestão de carboidratos de alimentos volumosos para equinos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de inclusão de níveis crescente de polpa cítrica em dietas para equinos, através de ensaios de digestibilidade dos nutrientes e das frações carboidrato da dieta, bem como a correção observada entre os coeficientes de digestibilidade estudados.

6.2 Material e Métodos

6.2.1 Local, animais e períodos experimentais

O experimento foi conduzido no Setor de Equideocultura da Coordenadoria do Campus de Pirassununga, no período de Fevereiro a Maio de 2010. Foram utilizadas cinco equinos mestiças, com idade aproximada de 3,5 anos, com peso vivo de $492,5 \pm 44,5$ kg alojadas em baias de alvenaria.

Os animais foram desverminados no início do experimento e tiveram período de adaptação à dieta de sete dias, seguidos de três dias de colheita total de fezes e quatro dias de descanso entre períodos.

Diariamente as equinos foram exercitadas, individualmente, por 15 minutos, a passo e trote leve.

6.2.2 Dieta experimental

As dietas experimentais foram formuladas para atender a exigência de animais em manutenção conforme descrito pelo *Nutrient Research Council* (NRC, 2007). A relação volumoso:concentrado foi de 60:40, sendo o volumoso utilizado feno de *coast-cross*. Os concentrados experimentais foram formulados com inclusão de níveis crescentes de polpa cítrica, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4: Composição percentual dos concentrados experimentais.

Ingrediente	Níveis de inclusão de polpa cítrica (%)				
	0	7	14	21	28
Milho moído	78,57	73,04	67,36	61,12	54,88
Farelo de soja	10	10	10,15	10,9	11,64
Farelo de trigo	7,28	5,81	4,34	2,83	1,32
Polpa cítrica	0	7	14	21	28
Premix*	2	2	2	2	2
Sal comum	1	1	1	1	1
Calcário	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Fosfato bicálcico	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

*Níveis de garantia: Monóxido de Manganês (11.400,00 mg); Aditivo Antioxidante (25,00 mg); Iodato de Cálcio (26,00 mg); Selenito de Sódio (48,00 mg); Vitamina B12 (2.500,00 mcg); Pantotenato de Cálcio (1.500,00 mg); Biotina (20,00 mg); Vitamina B6 (764,00 mg); Cloreto de Colina (12.858,00 mg); Vitamina E (10.000,00 UI/kg); Vitamina A (1500.000,00 UI/kg); Vitamina K3 (240,00 mg); Vitamina D3 (150.000,00 UI/kg); Sulfato de Ferro (21.780,00 mg); Óxido de Zinco (25.000,00 mg); Sulfato de Cobre (6.250,00 mg); Sulfato de Cobalto (25,00 mg); Ácido Fólico (505,00 mg); Niacina (2.512,00 mg); Vitamina B2 (1.250,00 mg).

Os animais foram arraçoados duas vezes ao dia, fornecendo-se 1/3 do feno durante o dia e 2/3 a tarde. O concentrado também foi fracionado em dois fornecimentos diários, as 7:00h e 17:00h.

6.2.3 Coleta de fezes e análises bromatológicas

Durante o período de coleta, foi retirada a cama das baias as fezes foram colhidas no piso, durante três dias consecutivos, pesadas e homogeneizadas ao final de cada dia, sendo subtraída uma alíquota de 15% a qual foi acondicionada em freezer (-10°C) para posteriores análises. Ao final de cada um dos períodos experimentais, foi gerada uma amostra composta por tratamento.

Ao final de cada período experimental, as fezes foram descongeladas à temperatura ambiente, homogenizadas e foram geradas amostras compostas, as quais foram colocadas em recipientes de alumínio e pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo Willey e acondicionadas em frascos plásticos etiquetados.

As análises para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) foram realizadas segundo metodologia

descrita pela AOAC (1995). As análises da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram feitas segundo Van Soest et al. (1991). As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FZEA – USP e as análises de cálcio e fósforo foram realizadas no Laboratório de Minerais do Departamento de Zootecnia da FZEA-USP. Na Tabela 5 estão presentes a composição química e as frações dos carboidratos dos concentrados e das dietas experimentais.

Tabela 5: Composição química e frações dos carboidratos dos concentrados e das dietas experimentais.

Nutriente	Nível de inclusão polpa cítrica (%)					Volumoso	
	Controle	7	14	21	28	Feno 1	Feno 2
Matéria seca	89,24	90,01	90,68	90,41	90,83	86,56	86,52
Matéria Orgânica	84,91	85,63	85,91	85,26	85,3	79,24	78,83
Cálcio	0,31	0,32	0,36	0,55	0,73		
Fósforo	0,32	0,34	0,31	0,28	0,25		
Matéria mineral	4,33	4,38	4,77	5,15	5,53	7,32	7,69
Proteína bruta	15,27	15,72	12,62	12,86	12,25	7,68	11,92
Fibra bruta	5,02	5,78	5,80	6,05	6,97	32,5	34,32
Extrato etéreo	3,76	3,89	3,50	2,92	2,78	1,03	0,87
Extrato não nitrogenado	70,96	70,23	73,31	73,02	72,47	48,25	45,2
Fibra em detergente neutro	15,92	15,86	15,62	15,47	16,44	79,8	78,23
Fibra em detergente ácido	12,43	12,89	12,87	12,55	12,7	41,79	54,5
Carboidrato não fibroso	60,72	60,15	63,49	63,60	63,00	4,00	1,29
Carboidrato solúvel	3,10	2,88	4,89	5,91	6,19	2,08	2,27
Hemicelulose	3,49	2,97	2,75	2,92	3,74	38,01	23,73
Energia (Kcal/kg)	3506,37	3511,88	3455,59	3397,21	3330,91	1923,83	1743,22
Composição química e frações dos carboidratos das dietas experimentais (relação volumoso:concentrado 60:40)							
Matéria seca	86,98	87,10	87,21	87,16	87,22		
Matéria Orgânica	81,41	81,70	81,81	81,55	81,57		
Matéria mineral	6,21	6,23	6,39	6,54	6,69		
Proteína bruta	11,73	11,91	10,67	10,77	10,53		
Extrato etéreo	2,08	2,14	1,98	1,75	1,69		
Extrato não nitrogenado	56,60	56,31	57,54	57,43	57,21		
Fibra em detergente neutro	53,87	53,85	53,75	53,69	54,08		
Fibra em detergente ácido	33,10	33,28	33,27	33,14	33,20		
Carboidrato não fibroso	26,04	25,81	27,15	27,19	26,95		
Carboidrato solúvel	2,53	2,45	3,25	3,66	3,77		
Hemicelulose	20,77	20,57	20,48	20,55	20,87		
Energia (Kcal/kg)	2513,50	2515,70	2493,19	2469,84	2443,32		

6.2.4 Análises dos carboidratos e energia digestível

Os carboidratos solúveis (amilose, monossacarídeos e dissacarídeos) foram mensurados de acordo com a determinação química Deriaz (1961), e descrita por Silva & Queiroz (2002). O conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi estimado pela subtração de 100% da matéria seca dos percentuais de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e fibra em detergente neutro, como descrito na fórmula abaixo e citado por Van Soest et al. (1991): $CNF\% = 100\% \text{ da MS} - (\%PB + \%EE + \%MM + \%FDN)$. As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da FZEA – USP.

Foram calculados os coeficientes de digestibilidade de matéria seca, proteína bruta, proteína bruta, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, carboidrato solúvel e carboidrato não fibroso.

Para estimar a energia digestível dos concentrados experimentais foi utilizada a equação sugerida por Zeyner & Kienzle (2002).

$$ED \text{ (kcal/kg)} = (-3,6 + 0,211 \times PB + 0,421 \times EE + 0,015 \times FB + 0,189 \times ENN) / 0,00419$$

Onde, ED é a energia digestível; PB é a proporção de proteína bruta; EE proporção de extrato etéreo; e ENN a proporção de extrativo não nitrogenado.

6.2.5 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em quadrado latino (QL) 5x5. Cada período do experimento teve duração de 14 dias, sendo sete dias de adaptação à dieta, três dias de coleta total de fezes e ao final deste período, quatro dias de descanso.

Para análise dos resultados foi utilizado modelo linear misto pelo programa Statistical Analysis System, versão 9.1.3 (SAS, 2004), considerando o efeito fixo de níveis de inclusão (0, 7, 14, 21 e 28%) e período além do efeito aleatório de animais dentro do quadrado latino (QL) e resíduo. Em caso de efeito significativo para nível de inclusão foram realizadas análises de regressão visando analisar o comportamento da digestibilidade dos nutrientes em função dos níveis de inclusão. Foram realizadas ainda

análises de correlação momento-produto de *Pearson*, visando avaliar possíveis associações entre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da dieta.

6.3 Resultados e Discussão

Não foi observado efeito ($p>0,05$) dos níveis de inclusão de polpa cítrica sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e frações dos carboidratos, porém observou-se efeito ($p<0,05$) sobre coeficiente de digestibilidade do carboidrato solúvel da dieta (Tabela 6).

Tabela 6: Coeficiente de digestibilidade aparente de matéria seca (CDaMS), proteína bruta (CDaPB), fibra em detergente neutro (CDaFDN), fibra em detergente ácido (CDaFDA), hemicelulose (CDaHC), carboidrato não fibroso (CDaCNF) e carboidrato solúvel (CDaCHO-S).

Variáveis	Níveis de inclusão de polpa cítrica (%)					Efeitos e média	CV
	0	7	14	21	28		
CDaMS ¹	62,47	58,00	59,97	60,03	59,45	59,89	7,77
CDaMO ¹	58,28	53,35	55,69	50,71	58,19	56,14	8,27
CDaPB ¹	66,30	64,39	64,26	63,87	65,03	64,74	10,88
CDaFDN ¹	53,18	46,75	48,44	49,43	49,67	49,44	11,32
CDaFDA ¹	55,66	50,51	49,85	50,82	49,91	51,23	15,48
CDaHC ¹	52,51	45,18	49,87	50,84	52,05	50,28	13,35
CDaCNF ¹	91,34	91,17	91,11	90,51	88,54	90,34	4,28
CDaCHO-S	68,87	62,47	74,63	76,90	74,69	$y = 66,298 + 0,3724x$	12,87

¹médias não diferem significativamente ($p>0,05$).

CV= coeficiente de variação.

Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes das dietas experimentais observados neste trabalho podem ser considerados satisfatórios e assemelharam-se aos encontrados na literatura para dietas de equinos.

Considerando o coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDaMS), observou-se que os coeficientes obtidos no presente trabalho, apresentam-se superiores aos citados por Manzano et al. (1999) em que forneceram concentrados com inclusão de 7,5 e 15% de polpa cítrica, observaram CDaMS de 68,7% e 67,5% respectivamente.

Perali et al. (2001), fornecendo 20% de polpa cítrica em substituição ao feno de *coast-cross*, observaram CDaMS 80,22% e Oliveira et al. (2002), fornecendo feno de *coast-cross*, farelo de soja e pectina sintética (49,20%) porém semelhantes aos observados por Quadros et al. (2004) substituindo em 100% o feno de Tifton 85 por casca de soja (CDaMS 82,77%) e Morgado et al. (2009) avaliando a digestibilidade *in situ* de amendoim forrageiro (CDa MS 83,7%) e Macrotiloma (CDaMS 82,9%). Pode-se considerar que os CDaMS observados neste trabalho apresentam elevado valor, como descrito por Quadros et al. (2004), que cita variação de CDaMS de 58,2 a 86,5% para dietas compostas por volumoso e concentrado.

Os coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (CDaFDN), observados apresentam valores próximos aos citados na literatura (QUADROS et al., 2004), 44,2 a 58,8%, porém os CDaFDA apresentaram-se superiores aos observados na literatura (27,5 a 42,3%). Os CDaFDN deste trabalho foram superiores aos observados por Manzano et al. (1999) e Miraglia et al. (2006), inferior ao observado por Perali et al. (2001) e próximos aos observados por Morgado et al. (2009) para os fenos de alfafa, estilozante e *coast-cross*. Já os CDaFDA foram semelhantes aos observados por Oliveira et al. (2002), inferiores aos observados por Ott et al. (1979) e Quadros et al. (2004), superiores aos observados por Manzano et al. (2001). Para o CDa da hemicelulose, os valores observados apresentaram-se superiores aos observados por Miraglia et al. (2006) (CDaHC 56,8%) e Oliveira et al. (2002) CDaHC 60,29%.

Em estudo de correlação observou-se alta correção entre os coeficientes de CDaMS (0,8568) e MS e CDaFDA (0,7888), bem como CDaFDN e CDaFDA (0,7509).

Os níveis de inclusão de polpa cítrica também não afetaram a digestibilidade da proteína bruta (CDaPB) ($p > 0,05$). Foram observados CDaPB inferiores aos observados por Manzano et al. (1999) e Quadros et al. (2004), semelhantes aos observados por Perali et al. (2001), Ott et al. (1979) e Miraglia et al. (2006). Observou-se também elevada correlação entre CDaPB e CDaFDA (0,8119) e mediana correlação entre CDaPB e CDaCNF (0,6997). Comparando-se os valores de CDaPB citados na literatura, 60,3 a 85,9%, (QUADROS et al., 2004), podem-se considerar baixos os CDaPB obtidos no presente estudo. Considerando-se a alta correlação observada neste estudo entre CDaPB e CDaFDA (0,8119) e a possibilidade de formação de complexos entre PB e FDA (reação de Millard), os menores CDaPB observados, podem ser

atribuídos a esta reação, além da alta porcentagem de FDA observada nas dietas experimentais (Tabela 6).

Oliveira et al. (2002) observaram efeito quadrático da adição de níveis crescentes de pectina sobre a digestibilidade de proteína bruta e sugeriram que a adição de pectina inicialmente melhorou a digestibilidade de proteína por ser uma fonte de energia de fácil e rápida utilização para os microrganismos, tornando-os mais eficientes, além de provavelmente ter promovido crescimento da população de microrganismos que ao serem excretados nas fezes subestimam a digestibilidade da proteína da dieta, reduzindo o CDaPB. Outro fator que pode ter influenciado neste resultado, foi à variação das porcentagens dos ingredientes da dieta, pois com a inclusão de polpa cítrica na dieta, reduziram-se as porcentagens de milho e farelo de trigo, fontes com maior porcentagem de proteína.

Alguns fatores podem influenciar a digestibilidade das dietas para equinos, destacando-se: composição química dos alimentos, quantidade de alimento consumida, água contida, tempo de trânsito pelo trato digestivo, quantidade de fibra presente na ração e procedimentos analíticos utilizados (HINTZ, 1969). No tocante a eficiência de utilização da fibra dietética para equinos está correlacionada com três principais fatores: a composição da dieta, especialmente a fração dos carboidratos, estruturais e não estruturais; a atividade fibrolítica do ecossistema microbiano; e a taxa de passagem da digesta pelo trato digestório, especialmente no compartimento fermentativo, sendo que o aumento da digestibilidade da fibra geralmente está associado ao aumento no tempo de retenção da digesta (DROGOUL et al., 2000).

A qualidade da fibra utilizada nas dietas é um fator de destaque. A inclusão de polpa cítrica em seus diferentes níveis na dieta proporcionou fornecimento constante de fibra bruta ($22,42 \pm 0,59\%$) e FDN ($53,87 \pm 0,37\%$), porém com qualidade de fibras variáveis, uma vez que a porcentagem de FDA da dieta aumentou com o aumento da inclusão de polpa cítrica (para os níveis de 21 e 28%), assim como o carboidrato solúvel, porém a porcentagem de hemicelulose decresceu. Considerando que a hemicelulose é uma coleção de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização inferior ao da celulose, e que as bactérias que a degradam fazem parte do mesmo grupo das bactérias celulolíticas (também capazes de degradar a pectina) (TEIXEIRA, 2001), tal aumento pode ter favorecido a obtenção de elevados CDa de MS, FDA e HC.

A presença de maiores quantidades de pectina nas dietas (pelo aumento da inclusão de polpa cítrica) também pode ter favorecido a ação das bactérias (supracitadas), além de, possivelmente ter aumentado a retenção de água (EASTWOOD, 1992; VAN SOEST, 1994) e com isso a viscosidade, aumentando o tempo de trânsito e a possibilidade de digestão da fração fibrosa das mesmas, bem como ter auxiliado na manutenção do pH do intestino grosso (ação tamponante) por meio de sua capacidade de troca de cátions e ligações com íons metálicos (VAN SOEST et al., 1991), o que colabora para que a população de microrganismos não seja reduzida, sendo os celulolíticos os mais drasticamente afetados em condições de baixo pH. Como a fermentação deste substrato gera ácido acético (BARRÊTO JÚNIOR et al., 2008) e não ácido lático, a manutenção do pH pode ser favorecida.

A relação entre as frações de carboidrato fibroso e não fibroso também podem ter influenciado nos resultados obtidos no presente estudo. Braga et al. (2008) citaram que este equilíbrio pode influenciar positivamente a microbiota do ceco e do cólon, melhorando a digestibilidade de FDN, FDA e HC. Para que esta relação seja mantida se faz necessário determinar a relação volumoso:concentrado da dieta, um dos fatores de maior variação entre os protocolos de experimento utilizados na literatura.

O presente trabalho utilizou uma relação volumoso:concentrado de 60:40, enquanto Manzano et al. (1999) utilizaram relação inversa, sendo 40:60 e Perali et al. (2001) 80:20, o que favorece a disparidade dos resultados obtidos entre as pesquisas. Dietas para equinos contendo menor porcentagem de volumoso em relação ao concentrado apresentam menor CDMS, como já observado por Jansen et al. (2000). O maior aporte de concentrado aumenta a disponibilização de amido e carboidratos facilmente fermentáveis à dieta, podendo influenciar negativamente no perfil fermentativo do intestino grosso e com isso diminuir o CDMS. Braga et al. (2008) observaram os maiores coeficientes de digestibilidade de FDN e FDA nas dietas com relação de 60:40 e 25% de FDN. Zeyner et al. (2004) observaram melhora na atividade microbiana no ceco e cólon e tendência dos microrganismos fermentadores de celulose trabalharem mais eficientemente com a inclusão de feno na dieta, fatores estes que também podem ter contribuído para a obtenção dos elevados coeficientes de digestibilidade de MS, FDA, HC do presente estudo.

A utilização de maior quantidade de volumoso garante a constante presença de substrato no trato digestório, possibilitando ação contínua dos microrganismos e com

isso, favorecendo a digestibilidade dos nutrientes, principalmente da fração fibrosa do carboidrato.

O uso combinado de forrageiras e grãos, e forrageiras e concentrados também pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes da dieta. Observa-se que o uso de grãos ou concentrado combinados com forrageiras de qualidade inferior, favorece a digestibilidade dos nutrientes (FIGUEIREDO et al., 1999). Quando a suplementação é realizada sobre uma forrageira de melhor qualidade, o efeito é menos pronunciado. Concentrados contendo polpa cítrica, também apresentam tal função, como previamente descrito por Ben-Ghedalia et al. (1989), os quais citam que a pectina parece propiciar um efeito associativo positivo, principalmente em alimentos com alto teor da mesma, citação que corrobora com o observado no presente estudo, uma vez que a inclusão de polpa cítrica favorece a obtenção de elevados coeficientes de digestibilidade.

A inclusão de polpa cítrica ou outras fontes de fibras de fácil fermentação (polpa de beterraba e a casca de soja) a dieta de equinos, é uma tendência na nutrição contemporânea (GEOR, 2007), pois possibilita a redução no aporte de amido e a diminuição da magnitude das curvas glicêmicas e insulinêmicas, bem como o fornecimento de quantidades semelhantes de energia, porém de forma segura.

Observando a composição das dietas experimentais do presente trabalho, notou-se que mesmo com o aumento nos níveis de inclusão de polpa cítrica, houve uma manutenção na quantidade de carboidrato não fibroso, além das proporções de fibra bruta e FDN, como já discutido, porém houve aumento da fração solúvel dos carboidratos (Tabela 6), o que pode ter influenciado no efeito ($p < 0,05$) observado da inclusão de polpa cítrica sobre a digestibilidade de carboidratos solúveis (Gráfico 2). Tal situação não era esperada, uma vez que a polpa cítrica aporta grande quantidade de pectina, o que poderia favorecer a digestibilidade (BRAGA et al., 2008), porém é justificada pela utilização de dois feno diferentes ao longo do experimento e com composição bromatológica diferente, ressaltando a importância do volumoso na nutrição dos equinos.

Segundo Van Soest (1967), os carboidratos não fibrosos são constituídos por amido, monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos, frutanas, β - glucanas, galactanas e pectinas. Considerando que, os feno de gramíneas apresentam baixas concentrações de frutanas, que a polpa cítrica é uma fonte pobre em amido, e que os demais componentes desta fração apresentam ligação beta entre os monômeros, sugere-

se que a principal via geradora de energia seja a fermentativa. Proporcionou-se também a diluição da concentração de amido das dietas, comprovada pelo menor aporte de milho a dieta com o aumento na inclusão de polpa cítrica (Tabela 4), o que pode ter favorecido o aproveitamento da fração CNF e carboidrato solúvel (composta por oligossacarídeos, frutanas e parte de amido), como apresentado no Gráfico 2.

Houve efeito ($p < 0,05$) da adição de polpa cítrica sobre o coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos solúveis.

Gráfico 2: Efeito da inclusão de níveis de polpa cítrica sobre a digestibilidade de carboidratos solúveis da dieta (CDaCHO-S).

Os concentrados utilizados no presente trabalho foram fracionados em dois arraçoamentos, fornecendo o aporte de menor quantidade de nutrientes e melhorando a digestibilidade (MÉTAYER et al., 2004), assim como os alimentos que passam por processamento (moagem) que favorecem assim a digestibilidade (JULLIAND et al., 2006) e resultam em uma digestibilidade do milho maximizada. A inclusão de polpa cítrica pode ter aumentado a viscosidade da dieta e com isso diminuído a taxa de passagem, levando a maior aproveitamento da fração solúvel (VAN SOEST, 1994). A individualidade do animal apresenta maior incidência sobre o consumo voluntário do

que sobre a digestibilidade. Ainda não foi elucidado o comportamento ingestivo do equino frente a diferentes qualidades de fibras (EDOUARD et al., 2008).

Esperava-se que com a inclusão da polpa cítrica a dieta, os coeficientes de digestibilidade da fração fibrosa fossem melhorados, e apresentassem diferença com o aumento do nível de inclusão. Sugere-se então que os equinos apresentaram boa capacidade de adaptação de sua microbiota à introdução deste ingrediente a dieta, situação comprovada pelos elevados valores de digestibilidade das frações dos carboidratos presentes neste estudo.

Considerando-se o custo de produção dos concentrados experimentais entre os anos de 2010 e 2011, observou-se que entre os anos, existe diferença nos valores dos ingredientes (Tabela 8). Dentro do ano de 2010, foi observada uma constância no valor dos formulados, enquanto que no ano de 2011, observou-se viabilidade econômica de inclusão da polpa cítrica em dietas para equinos, uma vez que neste ano, foi observada grande variação nos valores dos ingredientes (tabela 8).

Tabela 7: Custo por quilograma dos diferentes concentrados experimentais contendo níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica.

Período/ Preço por kg (R\$)	Nível de inclusão de polpa cítrica no concentrado				
	0%	7%	14%	21%	28%
2010	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63
2011	0,69	0,67	0,65	0,63	0,62

Tabela 8: Custo por quilograma dos ingredientes utilizados na formulação dos diferentes concentrados experimentais

Ingredientes/ Cotação	Preço por kg (R\$)	
	2010	2011
Milho moído	0,41	0,59
Farelo de soja	1,01	0,85
Farelo de trigo	0,50	0,70
Polpa cítrica	0,36	0,35
Fosfato bicálcico	1,26	1,35
Calcário calcítico	0,23	0,04
Sal comum	0,47	0,58
Premix	6,00	1,45

Quando se compara a diferença de custo entre o milho, farelo de trigo e a polpa cítrica pode-se perceber a diferença no custo, já que a tonelada de milho teve um custo de R\$ 410,00/tonelada e do farelo de trigo de R\$ 500,00/tonelada enquanto que a polpa cítrica peletizada R\$ 360,00/tonelada, no primeiro semestre de 2010. Em cotação mais recente (2011), o preço do milho chegou a R\$ 590,00/tonelada, do farelo de trigo R\$ 700,00/tonelada e da polpa cítrica se manteve praticamente constante a R\$ 350,00/tonelada (AGROLINK, 2011).

Algumas dessas oscilações podem ser justificadas pela variação cambial do dólar, já que o farelo de trigo é um produto de importação. Com a baixa do dólar no primeiro semestre de 2011, dificultou a importação do trigo e de seus coprodutos (farelo de trigo). A dificuldade de importação de produtos como o farelo de trigo também resultam em aumento da demanda por outros coprodutos, tais como a polpa cítrica, fato este que vem ocorrendo no primeiro semestre de 2011, tornando o coproduto escasso no mercado e onerando seu custo.

A polpa cítrica apresenta não só um apelo nutricional intenso (super fibra) na formulação de equinos, como também se mostra economicamente viável, quando o mercado apresenta estabilidade, principalmente ligada ao valor do dólar.

6.4 Conclusões

A polpa cítrica pode ser utilizada em dietas para equinos, com inclusão de até 28% do concentrado.

É uma fonte segura de fornecimento de energia e beneficia a digestibilidade dos nutrientes e da fração carboidrato da dieta, tanto a fração fibrosa como a não fibrosa.

Mais estudos são necessários para elucidar o efeito da interação entre as frações dos carboidratos, e os benefícios do uso destas fibras de fácil fermentação sobre a digestibilidade dos nutrientes e frações dos carboidratos.

7. CONCLUSÕES GERAIS

A polpa cítrica pode ser utilizada em dietas para equinos, com inclusão de até 28% do concentrado. É uma fonte segura de fornecimento de energia e sua presença na dieta favorece a digestibilidade dos nutrientes e da fração fibrosa.

A inclusão de níveis de até 14% de polpa cítrica no concentrado é o mais indicado para dietas de equinos.

A polpa cítrica é um ingrediente viável nutricionalmente para formulação de equinos e será viável economicamente quando existir uma estabilidade do valor de dólar no mercado, o que permite a importação de ingredientes como o farelo de soja, amplamente utilizado em dietas para equinos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de polpa cítrica em dietas de equinos é uma alternativa viável por apresentar elevados coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, bem como da fração fibrosa.

Níveis inferiores a 14% de inclusão no concentrado são mais bem aceitos pelos animais.

Mais estudos quanto ao protocolo de palatabilidade e a possibilidade de combinação de elevados níveis de polpa cítrica com palatabilizantes (melaço) são necessários.

A polpa cítrica é um ingrediente viável nutricionalmente para formulação de equinos e será viável economicamente quando existir uma estabilidade do valor de dólar no mercado, o que permite a importação de ingredientes como o farelo de soja, amplamente utilizado em dietas para equinos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETTO J. M. **Nutrição Animal**. vol.1, 6.ed. São Paulo: Nobel, 1981. 395p.

ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A.F.; FIALHO, E.T. et al. Comparação dos indicadores internos com o método de coleta total para determinar a digestibilidade dos nutrientes de dietas mistas em eqüinos. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 1041-1048, out./dez. 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.

BAMPIDIS, V.A.; ROBINSON, P. H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 128, n. 3-4, p. 175-217, 2006.

BARRÊTO JÚNIOR, R.A.; MINERVINO, A.H.H.; MAZZOCCA, F.A. et al. Avaliação do potencial da polpa cítrica em provocar acidose láctica ruminal aguda em bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 45, n. 6, p. 421-428, 2008.

BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J. et al. The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion on sheeps. **Animal Feed Science and Technology**, v. 24, p. 289-298, 1989.

BONDE, M., GOODWIN, D. Behaviour of stabled horses when presented with different odours. **Equine Veterinary Journal Supplements**, v.28, n.60, p.1-2, 1999.

BRAGA, A.B.; ARAÚJO, K.V.; LEITE, G.G. et al. Níveis de fibra em detergente neutro em dietas para equinos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.11, p.1965-1972, 2008.

BRANDI, R. A.; FURTADO, C. E. Importância nutricional e metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 246-258, 2009.

CTE. Câmara Técnica da Equideocultura. Plano setorial da equideocultura. 2008. Disponível em: <www.agricultura.mg.gov.br>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2011.

CARCIOFI, A.C. Curso Teórico-Prático sobre Nutrição de Cães e Gatos “Uma Visão Industrial”, FCAV- UNESP Jaboticabal, 2008, 80p.

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

CHURCH, S.C.; ALLEN, J.A.; BRADSHAW, J.W.S. Frequency-dependent food selection by domestic cats: a comparative study. **Ethology**, n.102, p. 495–509, 1996.

COLLERY, I. Observations of equine animals under farm and feral conditions. **Equine Veterinary Journal**. v.6, p. 170-173, 1974.

COHEN, N.D.; GIBBS, P.G.; WOODS, A.M. Dietary and other management factors associated with colic in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.45, p. 53-60, 1999.

CUNHA, T.J. **Horse feeding and nutrition**. London: Academy Press, Inc. 2nd ed, 1991, 445p.

DERIAZ, R.E. Routine analysis of carbohydrates and lignin in herbage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. V.12, p.150-160, 1961.

DROGOUL, C.; PONCET, C.; TISSERAND, J. L. Feeding ground and pelleted hay rather than chopped hay to ponies. 1. Consequences for in vivo digestibility and of passage de digesta. **Animal Feed Science Technology**, n.87, p.117-130, 2000.

DUREN, S. Feeding the endurance horse. **Kentucky Equine Research**, p.351-363, 2000.

DYER, J.; FERNANDEZ-CASTANO, M.E.; SALMON, K.S. et al. Molecular characterization of carbohydrate digestion and absorption in equine small intestine. **Equine Veterinary Journal**, v.34, p.349-358, 2002.

EDOUARD, N.; FLEURANCE, G.; MARTIN-ROSSET, W. et al. Voluntary intake and digestibility in horses: effect of forage quality with emphasis on individual variability. **Animal and The Animal Consortium**. v.2, n.10, p.1526–1533, 2008.

EASTWOOD, M. A. The physiological effect of dietary fiber: an update. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 12, p. 19-35, 1992.

EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L. **Qualidade da matéria prima e novos testes laboratoriais como instrumento de maximização da dieta balanceada**. In: 42^a REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005. Simpósio sobre Nutrição de Ruminantes. Goiânia, **Anais...** Goiânia: 2005. p. 296-321.

FALKOWSKI, M.; KOSLOWSKI, S.; ROLGASKI, M. **Interaction between some carbohydrate compounds, lignin and palatability of pastures grasses**. In:

INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11., Alemanha, 1977. **Proceedings...** Alemanha: 1977. p. 1483-1485.

FERREIRA, W.M. **Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes.** In: 31ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994. Simpósio Internacional de Produção de Não Ruminantes. Maringá, **Anais...** Maringá: 1994, p. 85-113.

FIGUEIREDO, D.M.; ARAÚJO, K.V.; LIMA, J.A et al. Valores de digestibilidade de alimentos volumosos para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.28, n.4, p.766-772, 1999.

FONNESBECK, P.V. Digestion of soluble and fibrous carbohydrate of forage by horses. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5, p.1336-1344, 1968.

FRAPE, D. **Nutrição & alimentação de equinos.** 3.ed. São Paulo: Roca, 2008. 602 p.

GAILLARD, B.D.E. The relationship between the cellwall constituents of roughages and the digestibility of the organic matter. **Journal of Agricultural Science**, v.59, n.3, p. 369-373, 1962.

GEOR, R.J. **Equine carbohydrate nutrition: implications for feeding management and disease avoidance.** In: MID-ATLANTIC NUTRITION CONFERENCE, 5, Maryland, 2007. **Proceedings...** Maryland: 2007b. p. 154-161.

GEOR, R.J. **Perspectives on feeding athletic horses in the 21st century.** In: MID-ATLANTIC NUTRITION CONFERENCE, 5, Maryland, 2007. **Proceedings...** Maryland: 2007a. p. 17-24.

GIBBS, P. Selection and use of hay and processed roughage in horse feeding. **Texas Cooperative Extension Publication**, B-5033, 2005.

GOODWIN, D.; DAVIDSON, H.P.B.; HARRIS, P. Sensory variety in concentrate diets for stabled horses: effects on behaviour and selection. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 90, p. 337–349, 2005a.

GOODWIN, D.; DAVIDSON, H.P.B.; HARRIS, P. Selection and acceptance of flavours in concentrate diets for stabled horses. **Applied Animal Behaviour Science**. v. 95, p. 223–232, 2005b.

HALL M.B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal Animal Science**, v.81, p. 3226-3232, 2003.

HALL, M.B. **Recent advanced in non-NDF carbohydrates for the nutrition of lactating cows.** In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOS DE LEITE, 2, 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: 2001, p.139-148.

HINTZ, H.F.; HOGUE, D.E.; WALKER, E.F, LOWE, J.C.; SCHRYVER, N.F. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage – grain rations. **Journal of Animal Science**, v.32, n.2, p.245-248, 1971.

HINTZ, H.F. Comparison of digestion coefficient obtained with cattle, sheep, rabbits and horses. **Journal of Animal Science**. V.28, n.5, p.1045-1066, 1969.

HOFFMAN, R.M.; WILSON, J.A.; KRONFELD, D.S. et al. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horse feeds: Direct assay and seasonal variation. **Journal Animal Science**. v.79, p. 500–506, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.com.br>. Acesso em: 23 de janeiro de 2011.

JANSEN, W.L.; VAN DER KUILEN, J.; GEELEN, S.N.J. et al. The effect of replacing nonstructural carbohydrates with soybean oil oh the digestibility of fibre in trotting horses. *Equine Veterinary Journal*, v.32, p.27-30, 2000.

JULLIAND, V.; FOMBELLE, A.; VARLOUD, M. Starch digestion in horses: The impact of feed processing. **Livestock Science**, v.100, p.44-52, 2006.

KIENZLE, E.; RADICKE, S.; LANDES, E. et al. Activity of amylases in the gastrointestinal tract of the horse. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.72, p.234-241, 1994.

KRONFELD, D. A practical method for ration evaluation and diet formulation: an introduction to sensitivity analysis. In: PAGAN, J.D. (Ed.) **Advances in equine nutrition II**. Versailles: Kentucky Equine Research,. p.13-28, 2001.

LEWIS, L. **Nutrição Clínica Equina: Alimentação e Cuidados**. São Paulo: Roca, 2000. 710 p.

LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS G.S.C. Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalos. Relatório de Pesquisa. **Piracicaba**: CEPEA/Esalq/USP, 2006.

MANZANO, A.; FREITAS, A.R.; ESTEVES, S.N. et al. Polpa de citros peletizada na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1327-1332, 1999.

MARTIN, P.; BATÉSON, P. **Measuring Behavior: An Introductory Guide**. Cambridge University Press, Cambridge-UK. 1986.

MAURICIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; RESENDE, A.C. et al. Determinação da digestibilidade aparente em equídeos através do óxido crômico, da lignina e da coleta total das fezes. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.6, p.703-711, 1996.

MÉTAYER, N.; LHÔTE, M.; BAHR, A.; COHEN, N.D.; KIM, I.; ROUSSEL, A.J.; JULLIAND, V. Meal size and starch content affect gastric emptying in horses. **Equine Veterinary Journal**, v.36, p.436-440, 2004.

MEYER, H.; RADICKE, S.; KIENZLE, E.; WILKE, S.; KLEFFEN, D. **Investigations on preileal digestion of oats, corn and barley starch in relation to grain processing**. In: 13th EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SOCIETY SYMPOSIUM, 13., Illinois, 1993. **Proceedings...** Illinois: 1993. P. 93-97.

MEYER, H. **Alimentação de cavalos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 303 p.

MIRAGLIA, N.; BERGERO, D.; POLIDORI, M. et al. The effects of a new fibre-rich concentrate on the digestibility of horse rations. **Livestock Science**, v.100, p.10-13, 2006.

MORGADO, E. S.; ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P. et al. Digestão dos carboidratos de alimentos volumosos em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 75-81, 2009b.

MORGADO, E. S.; ALMEIDA, F.Q.; GODOI, F. N. et al. Digestão de carboidratos em equinos alimentados com dietas compostas de volumoso ou de volumoso suplementado com concentrado e/ou óleo de soja. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 61, n. 5, p. 1112-1119, 2009a.

MORGADO, E.S.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, v. 10, n. 7, 2009.

MÜLLER, C. E., UDÉN, P. Preference of horses for grass conserved as hay, haylage or silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, p.66-78, 2007.

NRC. National Research Council of the National Academies: **Nutrient Requirements of Horses**. 6th edition. Washington, D.C.: National Academy Press 2007, 341p.

NRC. National Research Council of the National Academies: **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 17th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001, 408p.

NRC. National Research Council of the National Academies: **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, F. Q.; VIEIRA, A. A. Cinética de passagem da digesta, balanço hídrico e de nitrogênio em equinos consumindo dietas com diferentes proporções de volumoso e concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.140-149, 2003.

OLIVEIRA, G. J. C.; LIMA, J. A. F.; ARAÚJO, K.V. et al. Influência da adição de pectina e farelo de soja sobre a digestibilidade aparente de nutrientes, em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1184-1192, 2002.

OTT, E. A.; FEASTER, J. B.; LIEB, S. Acceptability and digestibility of dried citrus pulp by horses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 49, n.4, p.983-987, Oct. 1979.

PERALI, C.; FREITAS L.J.A.; FIALHO, E.T. et al. Valores nutricionais de alimentos para equinos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.5, p.1216-1224, 2001.

PERASSOLI, E. Equideocultura: 2010 foi um ano de grandes negócios envolvendo toda a cadeia de equinos (13/01/2011). Disponível em: <www.agrolink.com.br>. Acesso em: 20 de janeiro de 2011.

PAGAN, J.D. Carbohydrates in equine nutrition. In: **II ADVANCE ON EQUINE NUTRITION**, 2., 2001, Versailles. **Proceedings...** Versailles: Kentucky, USA, 2001, p.13-28.

PAGAN, J.D. Carbohydrates in equine nutrition. In: **I ADVANCES IN EQUINE NUTRITION**, 1., 1998. Nottingham: Nottingham University Press, United Kingdom. p. 29-41, 1998.

PRATT, S.E.; LAWRENCE, L.M.; WARREN, L.K. et al. The effect of exercise on the clearance of infused acetate in the horse. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.25, n.6, p. 266-271, 2005.

QUADROS, J.B.S.; FURTADO, C.E.; BARBOSA, E.D. et al. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equinos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de Tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.564-574, 2004.

ROCHA FILHO, R. R. **Efeitos da polpa de citrus e do milho sobre itens ruminais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, 1998.

RESENDE, A.S.C.; GONÇALVES, L.C.; CARVALHO, M.A.G. et al. Digestibilidade aparente em equinos submetidos a três condutas de arração. II. Frações fibrosas. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.4, p.429-434, 1998.

RETORE, M. **Caracterização de co-produtos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos em crescimento**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

ROGUET, C.; DUMONT, B.; PRACHE, S. Selection and use of feeding sites and feeding stations by herbivores: a review. **Annales Zootechnie**. n. 47, v. 4, p. 225–244, 1998.

ROWE, A.; MACEDO, F.A.F.; VISENTAINER, J.V. et al. Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in dry lot or pasture. **Meat Science**, v.51, p.283-288, 1999.

SANTOS, F.A.P.; PEREIRA, E.M.; PEDROSO, A.M. **Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento**. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. P.261-297.

SAS Institute, Inc.SAS/STAT User's guide.12th Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 2004.

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

SMITH, D. Removing and analysing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. **Agricultural Experiment Station Research**, 1981, 12p.

SMOLDERS, E.A.A.; STEG, A.; HINDLE, V.A. Organic matter digestibility in horses and its prediction. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v.38, p.435-447, 1990.

TEIXEIRA, J.C. **Nutrição de ruminantes**. Textos Acadêmicos. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001, 182p.

THORNE, J.B.; GOODWIN, D.; KENNEDY, M.J. et al. Foraging enrichment for stabled horses: practicality and its effect on behaviour. **Applied Animal Behavior Science**, v.94, p. 149-164, 2005.

UDÉN, P.; VAN SOEST, P.J. Comparative digestion of timothy (*Phleum pratense*) fiber by ruminants, equine and rabbits. **British Journal of Nutrition**, v. 47, p. 267-272, 1982.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.P.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal Animal Science**, v.26, p.119, 1967.

VASCONCELLOS, R.S. **Métodos *in vivo* para a avaliação de alimentos industrializados para cães e gatos**. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 5., 2005, Campinas. **Anais..** Campinas: CBNA, 2005. p.133-144.

VERVUERT, I.; KLEIN, S.; COENEN, M. Effect of mixing dietary fibre (purified lignocellulose or purified pectin) and a corn meal on glucose and insulin responses in healthy horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.93, n.3, p. 331-338, 2008.

WINSKILL, L.C. The effect of a foraging device on the behavior of the stabled horse. **Applied Animal Behavior Science**, v.48, p.25-35.

ZEYNER, A.; GEIBLER, C.; DITTRICH, A. Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and fecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity of horses). **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p.7-19, 2004.

ZEYNER, A.; KIENZLE, E. A method to estimate digestible energy in horse feed. American Society for Nutritional Sciences. **Journal Nutrition**, n.132, p. 1771-1773, 2002.