

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ELAINE CAROLINE CARDOSO

RESPOSTAS GLICÊMICAS E INSULINÊMICAS EM EQUINOS ALIMENTADOS
COM AVEIA E COPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA

Marechal Cândido Rondon

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ELAINE CAROLINE CARDOSO

RESPOSTAS GLICÊMICAS E INSULINÊMICAS EM EQUINOS ALIMENTADOS
COM AVEIA E COPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Alimentação Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Alix Mendes de Almeida Oliveira

Marechal Cândido Rondon

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

Cardoso, Elaine Caroline
C268r Respostas glicêmicas e insulinêmicas em equinos alimentados com aveia e coprodutos da agroindústria / Elaine Caroline Cardoso. - Marechal Cândido Rondon, 2011. 105 p.
Orientadora: Prof ^a . Dr ^a . Ana Alix Mendes de Almeida Oliveira
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2011.
1. Equinos. 2. Nutrição animal. 3. Toxinas em alimentos. 4. Forragem. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.
CDD 22.ed. 636.1085 CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ELAINE CAROLINE CARDOSO

RESPOSTAS GLICÊMICAS E INSULINÊMICAS EM EQUINOS ALIMENTADOS
COM AVEIA E COPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Alimentação Animal.

Marechal Cândido Rondon, _____ de _____ de 2011.

BANCA EXAMINADORA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Welmir e Iolanda, exemplos de força e dedicação, bases da minha educação, que semearam e cuidaram com atenção e carinho do meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais, Welmir José Cardoso e Iolanda Beatriz Anacleto Cardoso, e meu irmão Felipe Fernando Cardoso, pela família, amor e compreensão nos momentos difíceis. Por estarem sempre presentes, mesmo quando ausentes.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de realização do Mestrado em Zootecnia.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Ao Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pelo fornecimento dos animais e infra-estrutura necessários à realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná por possibilitar a realização das análises necessárias e a Suzana de Almeida por colaborar com essas análises.

Ao Laboratório Álvaro, de Cascavel-PR, por possibilitar a realização das análises sanguíneas necessárias a realização do trabalho.

A minha Orientadora, Professora Ana Alix de Almeida Oliveira, pela confiança, por ter acreditado na minha capacidade e por ter me ensinado que entre orientador e orientado deve existir em primeiro lugar, admiração mútua.

Ao Professor Newton Tavares Escocard de Oliveira pela colaboração na realização das análises estatísticas.

A Professora Kelli Cristina Martini pela amizade e auxílio no estágio de docência.

As Rações Colina pelo fornecimento do farelo de arroz desengordurado, co-produto utilizado no trabalho.

A todos que ajudaram na execução do experimento, entre eles, Paula Regina Hermes, Evelyn München Alfonzo, Marcelo Luiz Somensi, Raimundo Rafael Parzianello, Suzana Cruz Pires, Tcharles Carlos Ribeiro, ao Emerson Luis Schmidt pela carona de todos os dias, e ao Gustavo Fernando Welter pelo empréstimo da égua Meire e ajuda no experimento, sem vocês esse trabalho não seria possível. Obrigado!

Aos meus amigos e colegas: Ana Paula da Silva Leonel, Juliana Marques Salles, Guido Schwerdtner, Loreno Egidio Taffarel, Anderson Squinzani, Fernando Marques Salles,

Bianhecchi Danielli Conte, Cleovani Rossi Javorski, Ilton Isandro Eckstein, Leodacir Francisco Zuffo, José Luiz Schneiders, Liliane Borsatti, Thaís Lorana Savoldi, pela convivência, paciência e valiosa amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho, muito obrigada!

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si mesmo.”

Ayrton Senna da Silva

RESUMO

CARDOSO, Elaine Caroline. **Respostas glicêmicas e insulinêmicas em equinos alimentados com aveia e coprodutos da agroindústria.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2011. Orientadora: Dr^a. Ana Alix Mendes de Almeida Oliveira.

As respostas glicêmicas e insulinêmicas a um determinado alimento são variáveis nos equinos devido à composição química. Este estudo teve por objetivo comparar o efeito de tempo entre a aveia e os co-produtos da agroindústria sobre as respostas glicêmicas e insulinêmicas de equinos (em repouso), após jejum de 12 horas e durante o período pós-prandial. Foram utilizados seis tratamentos experimentais constituídos de aveia branca em grão, farelo de arroz desengordurado, farelo de biscoito peletizado, polpa cítrica peletizada, casca de soja e torta de girassol. O delineamento experimental foi em Quadrado Latino (6x6). Ocorreu diferença significativa na resposta glicêmica aos 60, 90, 120, 180 e 240 minutos pós-prandial dos coprodutos polpa cítrica, casca de soja e torta de girassol quando comparados a aveia. Na resposta insulinêmica, o farelo de arroz, a casca de soja e a torta de girassol diferiram estatisticamente da aveia aos 90, 120, 180 e 240 minutos pós-prandial. Os animais que consumiram a casca de soja e a torta de girassol apresentaram as menores respostas glicêmicas e insulinêmicas diferindo estatisticamente das respostas obtidas com a aveia. O farelo de arroz e o farelo de biscoito, dentro dos tempos observados, quando comparados a aveia, apresentaram maior quantidade de glicose até os primeiros trinta minutos pós-prandial e podem ser indicados para equinos que necessitem de maior quantidade de glicose rapidamente. A casca de soja e a torta de girassol por apresentarem menores respostas glicêmicas e insulinêmicas, quando comparadas com as respostas obtidas com a aveia, podem ser uma opção na alimentação de equinos em condição de manutenção.

Palavras chave: co-produtos, equinos, glicose, insulina.

ABSTRACT

CARDOSO, Elaine Caroline. **Glucose and insulin responses in horses fed oats and co-products of agribusiness.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná; 2011. Advisor: Dr. Ana Alix Mendes de Almeida Oliveira.

The glucose and insulin responses to a particular food are variable in horses due to chemical composition. This study aimed to compare the effect of time between the oats and the co-products of agribusiness on glucose and insulin responses in horses (at rest), after fasting for 12 hours and during the postprandial period. We used six experimental treatments consisting of oat grain, defatted rice bran, bran biscuit pellets, citrus pulp, soybean hulls and sunflower cake. The experimental design was a Latin square (6x6). Significant differences in glycemic response at 60, 90, 120, 180 and 240 minutes post-meal co-products of citrus pulp, soybean hulls and sunflower cake compared to oats. In insulin response, rice bran, soybean hulls and sunflower cake differ statistically from the oats at 90, 120, 180 and 240 minutes post-meal. The animals fed soybean hulls and sunflower cake presented lower glucose and insulin responses differing significantly from the responses obtained with oats. Rice bran and bran biscuits, within the time observed as compared with oats showed higher amount of glucose to the first thirty minutes post-meal and may be suitable for horses that require higher amounts of glucose quickly. Soybean hulls and sunflower cake because of the lower glucose and insulin responses compared with responses obtained with oats, may be an option for feeding horses on condition maintenance.

Keywords: byproducts, glucose, horses, insulin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da Glicose	26
Figura 2. Croqui da Insulina	26
Figura 3. Modelos de regressão da glicose sanguínea de eqüinos em função de tempo, para cada alimento ingerido.....	38
Figura 4. Efeito de tempo, independente de alimento para glicose.	40
Figura 5. Modelos de regressão da insulina sanguínea de eqüinos em função de tempo, para cada alimento ingerido.....	42
Figura 6. Efeito de tempo, independente de alimento para insulina.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos alimentos utilizados nos tratamentos experimentais expressos em porcentagem de matéria seca (%MS).....	31
Tabela 2. Valores médios de consumo de Matéria Seca, Fibra em Detergente Neutro, Fibra em Detergente Ácido, Carboidrato Não Fibroso e Amido e peso vivo de equinos alimentados com os alimentos.....	33
Tabela 3. Tempo médio de consumo total de alimento por equino.....	35
Tabela 4. Médias ajustadas de quadrados mínimos de glicose sanguínea (mg/dL) de acordo com o alimento em cada tempo.....	36
Tabela 5. Médias ajustadas de quadrados mínimos de glicose sanguínea (mg/dL) de acordo com o alimento, independente de tempo.	40
Tabela 6. Médias ajustadas de quadrados mínimos da insulina sanguínea (μ UI/mL) em cada combinação de alimento e tempo.	41
Tabela 7. Médias ajustadas de quadrados mínimos de insulina sanguínea (μ UI/mL) de acordo com o alimento, independente de tempo.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO.....	14
2.1 Carboidratos na alimentação de eqüinos	14
2.2 Digestão dos carboidratos em eqüinos	15
2.3 Respostas Glicêmicas e Insulinêmicas	19
2.4 Uso de co-produtos	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Local e Duração	25
3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	25
3.3 Instalação e manejo dos animais	27
3.4 Coleta e análise das amostras de sangue	28
3.5 <i>Análises químicas</i>	28
3.5 Procedimentos Estatísticos	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Consumo dos Alimentos e Nutrientes	33
4.2 Resposta glicêmica.....	35
4.3 Resposta insulinêmica	41
5 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
ANEXO.....	53

1 INTRODUÇÃO

Os eqüinos são animais que desempenham diversas atividades. Estes animais são utilizados em mais de trinta segmentos, distribuídos entre insumos, criação e destinação final, e compõem a base do chamado Complexo do Agronegócio Cavalo, responsável pela geração de 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (CEPEA, 2011).

Usados unicamente como meio de transporte durante muitos anos, os eqüinos têm conquistado áreas de produção animal diferenciadas tais como animal de companhia, lazer, esportes e terapia.

O Brasil possui o maior rebanho de eqüinos na América Latina e o quarto mundial, totalizando aproximadamente 5,9 milhões de cabeças (FAO, 2011). Mesmo assim, a quantidade de eqüinos utilizados para trabalho está diminuindo. Os grandes pecuaristas que utilizavam os eqüinos para conduzir o rebanho de uma área para a outra. Hoje em dia, os animais foram trocados por veículos motorizados pela facilidade de utilização e menor despesa. Enquanto a quantidade de eqüinos utilizados para o lazer estão aumentando pela popularização do animal no Brasil.

Nos últimos anos o setor agropecuário vem crescendo no Brasil, auxiliando o país a se tornar a sexta economia mundial. Mesmo em ascensão, o setor agropecuário sofre modificações importantes todos os anos. A área dedicada aos alimentos e produção de animais modifica de acordo com o preço de venda do produto final e de acordo do interesse do consumidor. Assim a área utilizada para o cultivo de grãos e pastagem vem diminuindo consideravelmente a cada ano que passa.

O Produto Interno Bruto (PIB) do Agronegócio Nacional encontra-se em ascensão desde 2001. Em 2001 o PIB foi de 302,83 bilhões de reais e em 2010 chegou em 820,47 bilhões de reais. Neste ano de 2011 até junho, o PIB foi de 909,59 bilhões de reais. Com o crescimento do agronegócio e sua importância para a economia do Brasil, existe uma preocupação com a quantidade e a diversidade de resíduos agrícolas e agroindustriais provenientes da colheita e do processamento, respectivamente (CEPEA, 2011).

Estima-se que na América Latina são produzidos mais de 500 milhões de toneladas de resíduos, sendo o Brasil responsável por mais da metade dessa produção. A busca por informações sobre a qualidade e a viabilidade do uso de co-produtos da agroindústria tem aumentado, porém a escassez de dados sobre a utilização destes co-produtos na alimentação dos animais tem causado perdas econômicas referentes ao desperdício de material com potencial valor nutritivo (PEREIRA et al., 2009).

Os alimentos convencionais utilizados na alimentação de eqüinos, tais como aveia, farelo de trigo, milho e soja, além de onerosos podem desencadear doenças e distúrbios metabólicos como resistência a insulina, cólicas, doenças cardiovasculares e endócrinas, e o estudo da resposta glicêmica e insulinêmica são úteis para a identificação desses distúrbios. A utilização de alimentos alternativos como os co-produtos podem prevenir os distúrbios metabólicos e auxiliar no aporte de energia para o desenvolvimento de atividades eqüestres.

Este estudo teve por objetivo comparar o efeito de tempo entre a aveia e os co-produtos da agroindústria sobre as respostas glicêmicas e insulinêmicas de eqüinos (em repouso), após jejum de 12 horas e durante o período pós-prandial.

2 REVISÃO

2.1 Carboidratos na alimentação de eqüinos

Os carboidratos são as principais fontes de energia na dieta dos eqüinos. A maioria dos carboidratos da dieta eqüina é proveniente das forragens, grãos e co-produtos. Eles podem ser classificados pelo grau de polimerização, e são referidos como monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os monossacarídeos são os carboidratos com maior importância para obtenção da resposta glicêmica, pois a glicose faz parte desta classe (NRC, 2007).

Uma variedade de métodos foi desenvolvida para estimar a quantidade de carboidratos presentes nos alimentos. Alguns métodos estimam os carboidratos de acordo com sua função na planta, enquanto que outros estimam os carboidratos de acordo com sua importância na nutrição animal.

Pelo método de Weende, tradicionalmente usado para determinar a composição química dos alimentos, os carboidratos totais são divididos em duas frações, a fibra bruta (FB) e os extrativos não nitrogenados (ENN) que representam os carboidratos insolúveis e os solúveis, respectivamente. Entretanto, esta metodologia é limitante, uma vez que parte da hemicelulose e lignina são solubilizadas nas digestões ácida e alcalina e, como consequência, estes dois componentes indigestíveis tornam-se parte da fração ENN que é obtida subtraindo-se de 100 o valor total dos outros nutrientes do alimento (extrato etéreo, matéria mineral, fibra bruta, proteína bruta e água). Este fato leva a erros na estimação do valor nutritivo do alimento (VAN SOEST, 1994).

Convencionalmente a fibra solúvel é determinada como fibra em detergente neutro. Este sistema detergente estima a matriz insolúvel da parede celular e os seus principais componentes (VAN SOEST, 1994). No tratamento em detergente neutro o resíduo (FDN) representa os principais componentes insolúveis da parede celular: lignina, celulose e hemiceluloses, e no tratamento com detergente ácido estima as frações solúveis (hemiceluloses e proteínas da parede celular) e insolúveis (basicamente celulose e lignina) em ácido, sendo que o resíduo obtido em detergente ácido (FDA) é usado para estimação sequencial de lignina, cutina, celulose, nitrogênio indigestível e sílica (PICOLLI; CIOCCA, 1999).

A especificidade das metodologias desenvolvidas ao longo do tempo para determinação dos constituintes dos carboidratos, incluindo mais recentemente o conteúdo de

amido e polissacarídeos da parede celular dos alimentos, demonstra a importância nutricional dos carboidratos como frações distintas que exercem efeitos diferenciados no organismo animal.

O sistema de fracionamento de carboidratos em frações de fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos foi desenvolvido para uso na nutrição de ruminantes. Segundo Kronfeld (2001) este tipo de avaliação é mais adequado à fisiologia digestiva dos ruminantes que a dos eqüinos, pois diferenças importantes no processo de digestão entre as espécies devem ser observadas, em virtude da diferença na compartimentalização do trato digestório, o que resulta em variações na digestibilidade dos alimentos.

Hoffman et al. (2001) propuseram um método de fracionamento dos carboidratos mais adequado à fisiologia digestiva de animais com fermentação no intestino grosso, dividindo-os em frações hidrolisáveis que produzem a glicose absorvida no intestino delgado e fração dos carboidratos fermentáveis, que produzem principalmente acetato, propionato e butirato, oriundos da fermentação microbiana no intestino grosso, subdivididos em fibras rapidamente fermentáveis e lentamente fermentáveis.

Os carboidratos hidrolisáveis incluem os amidos, monossacarídeos, dissacarídeos e alguns oligossacarídeos, que são analisados diretamente pelo uso de uma alfa-amilase comercial, que hidrolisa as ligações dos polissacarídeos e dos açúcares a unidades de glicose, que será quantificada por poder redutor.

Os carboidratos rapidamente fermentáveis são calculados pela diferença entre os carboidratos não fibrosos, calculados pela subtração de 100% da matéria seca, dos percentuais da proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e fibra em detergente neutro, e os carboidratos hidrolisáveis. Os carboidratos lentamente fermentáveis são considerados como fibra em detergente neutro.

As plantas forrageiras tendem a acumular açúcares/frutanas ao longo das horas de sol e podem ficar com altas quantidades de carboidratos não estruturais altamente fermentáveis (LONGLAND et al., 2006). Os eqüinos que são resistentes à insulina e propensos à laminite parecem ser mais sensíveis a altas quantidades de frutanas nas forragens (HARRIS et al., 2006).

2.2 Digestão dos carboidratos em eqüinos

Os eqüinos e os ruminantes possuem hábitos alimentares semelhantes, entretanto, diferem quanto ao local de degradação microbiológica da fibra (MEYER, 1995). Nos

ruminantes os alimentos são degradados no início do trato gastrointestinal: no rúmen, enquanto que nos eqüinos essa fermentação ocorre no ceco e no cólon (FRAPE, 2007).

Os eqüinos usam enzimas endógenas para digerir carboidratos, proteínas e gorduras no estômago e no intestino delgado, e utilizam a microflora para fermentar a matéria orgânica no intestino grosso. O estômago é pequeno e compõe menos de 7% do peso vazio do sistema digestório, enquanto o intestino delgado detém aproximadamente 27% desse peso (DUREN, 1998). O intestino grosso (ceco e cólon) é o maior segmento do trato gastrointestinal do eqüino e é responsável por aproximadamente 64% do peso vazio do sistema.

A pequena capacidade da porção anterior do sistema digestório impõe limites à manipulação de grandes refeições únicas que podem sobrecarregar a capacidade digestiva e permitir que alimentos não digeridos sejam transportados para o intestino grosso. Isso pode causar fermentação excessiva e descontrolada no intestino grosso, com risco de induzir vários problemas digestivos. No entanto, o desenho anatômico do aparelho digestivo permite que grandes quantidades de alimentos ricos em fibras possam ser continuamente ingeridos e utilizados pelo eqüino. Quantidades suficientes de fibras na dieta são um pré-requisito para manter o funcionamento normal do intestino grosso e para uma boa digestão (LINDBERG, 2005).

Os eqüinos são herbívoros monogástricos que digerem principalmente os carboidratos não estruturais, como amido, maltose e sacarose no intestino delgado, no entanto, os carboidratos estruturais são digeridos principalmente no intestino grosso. A presença de grande população de microrganismos no intestino grosso dos eqüinos possibilita o aproveitamento dos carboidratos estruturais da parede celular das forrageiras para obtenção de energia. A natureza e concentração desses carboidratos são os principais determinantes da qualidade dos alimentos volumosos, especialmente de forragens, e são muito importantes nas dietas de eqüinos (FRAPE, 2007).

A digestão dos eqüinos pode ser dividida em duas fases: a pré-cecal, cuja ação predominante é a enzimática, e a pós-ileal, cuja ação é microbiana (MEYER, 1995). Essas diferenças podem influenciar na forma como os nutrientes são absorvidos e, inclusive, podem interferir diretamente na perda de energia digestível (RADICKE et al., 1991).

O intestino delgado, dividido em duodeno, jejuno e íleo, é um órgão relativamente curto quando considerado o sistema digestório como um todo. Apesar do rápido trânsito da ingesta, a taxa de digestão e absorção dos nutrientes é alta.

No intestino delgado os açúcares, amido, gorduras e proteínas são degradados por meio de enzimas (lípsases, glicosidasas e tripsinas) próprias secretadas pelas células epiteliais da mucosa e são absorvidos (FRAPE, 2007).

A digestão no intestino grosso é extensa no eqüino e o bom funcionamento é necessário para utilizar eficientemente a parte da dieta rica em fibras. No intestino grosso está presente uma vasta microflora que vive em simbiose com o animal hospedeiro e é responsável pela digestão nesta parte do trato gastrointestinal. Uma parte substancial da energia na dieta é fornecida pela digestão microbiana no intestino grosso (GLINSKY et al, 1976), enquanto parece haver apenas uma pequena absorção dos aminoácidos produzidos pela microflora no intestino delgado (MCMENIMAN et al., 1987).

A composição da dieta (proporção entre volumoso e concentrado, fonte de cereais) e o processamento do alimento (trituração, processo hidrotérmico) irão afetar o particionamento da digestão entre o intestino delgado e o intestino grosso e terá um impacto sobre a intensidade e a extensão da digestão. O intestino delgado é o principal sítio de absorção de proteínas, gorduras, e a digestão dos carboidratos solúveis e não solúveis ocorre no intestino grosso (HINTZ et al., 1971).

A importância relativa da digestão no intestino grosso aumenta quando aumenta a quantidade de volumoso na dieta. Foi demonstrado que o pH cecal diminui quando aumenta a ingestão de amido. (RADICKE et al., 1991). O efeito da ingestão de amido foi pronunciado quando o amido era proveniente do milho em comparação com a aveia. Isso poderia ser explicado pela menor digestibilidade do amido do milho em comparação com o amido da aveia (KIENZLE, 1994).

Willard et al. (1977) mostrou que quando se muda uma dieta de feno para uma dieta de concentrado o pH cecal foi significativamente reduzido e a proporção molar de acetato foi reduzida, mas a proporção molar de propionato aumentou. A mudança induzida da dieta na fermentação do intestino grosso pode influenciar na extensão da digestão do intestino grosso e pode explicar as diferenças na digestibilidade da dieta e utilização de nutrientes (LINDBERG, 2005).

Grande parte dos problemas digestivos ocorrem no intestino grosso, devido principalmente ao inadequado balanceamento da dieta quanto à relação concentrado:volumoso, ao tamanho das partículas e à problemas dentários. A intensidade das contrações intestinais aumenta durante a alimentação, porém durante a dor abdominal esses movimentos podem parar fazendo com que os gases da fermentação se acumulem, causando a cólica.

A maior quantidade de energia utilizada pelos eqüinos é proveniente do amido e a quebra da molécula de amido em glicose ocorre no intestino delgado por meio das enzimas α -amilase e α -glicosidases. Após a quebra do amido os produtos finais são carreados pelas células intestinais até o sistema portal hepático.

Uma digestão deficiente ou má absorção do carboidrato, sendo primário ou secundário, em sua maioria é localizada como um defeito nas enzimas, no transporte ou na pequena capacidade da superfície das células intestinais (FRAPE, 2007).

Independentemente da fonte de amido, os coeficientes de digestibilidade normalmente são altos. Como exemplo, Arnold et al. (1981) mensuraram coeficientes de digestibilidade do amido do milho, aveia e sorgo em 97.0, 96.7 e 97.0%, respectivamente. As diferenças são aparentes entre fontes de amido quando mensura-se digestibilidade aparente do amido pré-cecal ou no intestino delgado. Arnold et al. (1981) reportaram valores de 78.2, 91.1 e 94.3% para milho, aveia e sorgo, respectivamente. Esses valores foram superiores aos reportados por Householder (1978), mas foram explicadas na base de um menor consumo de matéria seca e, portanto, presumivelmente, uma menor taxa de passagem.

Meyer et al. (1993) e Kienzle et al. (1992) confirmaram que o amido da aveia é o mais digestível dos amidos dos cereais fornecidos para os eqüinos, seguido pelo sorgo. O amido do milho foi inferior em digestibilidade comparado a aveia e sorgo, mas o amido da cevada foi o que apresentou a menor digestibilidade.

Potter et al. (1992) sugeriram que a digestibilidade do amido no intestino delgado decai quando o consumo de amido aumenta, e esta relação foi confirmada por Kienzle et al. (1994). Potter et al. (1992) também sugeriram que na alimentação dos cavalos, o limite máximo de amido deve ser de 3.5 a 4 gramas de amido/kg de peso vivo/refeição. Já Kienzle et al. (1992) sugeriram que, dependendo da fonte de amido, se o consumo exceder 2g/kg de peso vivo/refeição, ter-se-ia o risco de que a capacidade do intestino delgado de degradar amido fosse excedida.

As diferentes estimativas de segurança em termos de alimentação/quantidade de amido se baseiam na interação entre os alimentos, pois as fontes de amido não serão degradadas de forma constante, independentemente da dieta basal. A taxa de passagem e disponibilidade de enzimas afetam significativamente o processo de degradação, porque quanto maior a taxa de passagem e menor a disponibilidade de enzimas, maior será o tempo que levará para ocorrer o processo de degradação.

2.3 Respostas Glicêmicas e Insulinêmicas

A glicose é a principal fonte de energia utilizada pelos animais e o transporte da glicose para o interior das células é o primeiro passo para sua utilização. É proveniente de duas origens: ou é oriunda da alimentação a partir dos carboidratos absorvidos no trato gastrintestinal ou é sintetizada de novo na via metabólica gliconeogênese no fígado. É uma importante fonte de energia para todas as células, as concentrações de glicose sanguíneas devem ser controladas nos animais.

Dependendo do tipo de carboidrato presente em um alimento, as proporções de ácidos acético, propiônico e butírico no intestino grosso dos eqüinos variam. Dietas com alto teor de amido resultarão em uma maior produção de ácido propiônico quando comparado com uma dieta com alto teor de fibra. Dentre os três ácidos graxos voláteis produzidos na fermentação, apenas o propionato é convertido em glicose (SWENSON et al., 1993).

O ácido propiônico é resultante da digestão fermentativa e também um importante substrato para a gliconeogênese em ruminantes e eqüinos. Ford e Simmons (1985) afirmaram que o ceco e cólon dos eqüinos apresentam funções similares ao rúmen quanto à produção de ácidos graxos voláteis.

A insulina é o principal hormônio anabólico no controle do metabolismo energético, regulando o metabolismo da glicose, de proteínas e de lipídeos. Seus efeitos glicorregulatórios dependem, principalmente, de suas ações no fígado, músculo esquelético e tecido adiposo. Este hormônio, que possui efeitos anabólicos e anti-catabólicos, é secretado pelas células β das Ilhotas de Langerhans pancreáticas e responde, principalmente aos elevados níveis circulantes de glicose do período pós-prandial, embora seja também secretado em resposta a ácidos graxos e alguns aminoácidos (CARVALHEIRA et al., 2002).

No fígado, a insulina promove a oxidação da glicose e o seu armazenamento como glicogênio. Uma vez que os estoques de glicogênio estejam repletos, quantidades crescentes de glicose são convertidas a triacilgliceróis e liberados para a circulação na forma de VLDL (*Very Low Density Lipoprotein*). Ainda no fígado, a insulina promove a inibição da glicogenólise e da gliconeogênese, reduzindo a produção hepática de glicose (LEMOS, 2006).

Na célula muscular e no adipócito, a insulina promove a captação e a oxidação de glicose, bem como a síntese de reservas, como o glicogênio no músculo e os triacilgliceróis no tecido adiposo. No tecido adiposo, a insulina promove também a inibição da lipólise, reduzindo os níveis de ácidos graxos livres no plasma (BEARDSALL et al., 2006).

Os animais que consomem dietas ricas em carboidratos apresentam um aumento da glicemia no período de absorção, estimulando a secreção de insulina. A insulina promove a utilização de glicose como fonte energética pelo organismo e a formação de reservas de glicogênio, lipídeos e proteínas (QUEIROZ, 2008).

As respostas glicêmicas e insulinêmicas a um alimento são variáveis nos equinos. Fatores como taxa de consumo e características físicas do alimento continuam sob investigação, mas há pouca informação nos efeitos aditivos da digestão e absorção. Esses fatores se tornam importantes em atenção aos ingredientes com diferente digestibilidade do amido ou características físicas (STANIAR et al., 2007).

As diferenças na digestão e na eficiência metabólica ocorrem devido a natureza diversa dos amidos. Assim, diferentes respostas glicêmicas e insulinêmicas pela ingestão dos variados carboidratos ocorrem pelo tipo de alimento, seu processamento e o quanto isso reflete na sua forma físico-química. Uma avaliação das fontes de amido pode ser realizada a partir do impacto que um determinado alimento provoca nas respostas glicêmicas e insulinêmicas do animal, isso em cães. Em equinos também ocorre diferentes respostas quando utilizados diferentes alimentos (SILVEIRA et al., 2004).

De acordo com Stull e Rodiek (1995) pesquisas sobre os efeitos glicêmicos de diferentes alimentos tanto em repouso como em exercício indicaram que a concentração da glicose sanguínea pode ser alterada pela dieta e indicaram também que a manipulação da dieta juntamente com o tempo da alimentação podem possuir um papel importante na potencialização do desempenho de equinos em exercício.

Nielsen et al. (2010) relataram que poucos estudos com equinos pesquisaram a relação entre resposta glicêmica e insulinêmica apesar da atenção prestada a resposta glicêmica dos equinos a vários alimentos para tentar controlar a resistência a insulina.

Segundo Meyer (1995), a glicemia que em jejum se mantém entre 80 a 100 mg/dL, após refeições ricas em amido ou açúcar pode subir a 150 mg/dL num prazo de 2 a 3 horas. De acordo com Robinson (1992), os níveis de glicose retornam ao basal 6 horas após a ingestão do alimento, e os valores de glicose sanguínea para animais saudáveis em jejum está entre 71 e 104 mg/dL.

Witham e Stull (1998) relataram que o pico de glicose plasmática foi obtido de 1 a 2 horas após a ingestão de alimento pela manhã. Do mesmo modo, os níveis plasmáticos de glicose foram maiores nos equinos alimentados com feno de aveia e concentrado quando comparado com os alimentados somente com feno de alfafa.

Para que o índice glicêmico de um alimento seja completo, a insulinemia deve ser utilizada como um indicativo da presença de açúcar na corrente sanguínea (RANKIN, 1997).

Robinson (1992) afirma que os alimentos afetam significativamente a altura da curva glicêmica, mas não a forma da curva. Cada resposta desencadeada por um alimento terá um pico em um determinado tempo pós-prandial, afetando a altura da curva, mas não mudará a forma da curva.

Vários autores apresentaram divergências quanto o aumento ou a diminuição das respostas glicêmicas e insulinêmicas de acordo com o alimento, o animal e a estações do ano.

Potter et al. (1992) demonstraram que a moagem dos grãos pode melhorar a digestibilidade do amido no intestino delgado, porém alimentos peletizados podem produzir um significativo aumento na glicose e insulina plasmáticas, quando comparados com alimentos menos processados.

Nielsen et al. (2010) relataram que uma baixa resposta glicêmica não é sempre interessante e pode ocorrer um aumento da taxa de escape de amido do intestino delgado para o ceco e cólon. Uma baixa resposta glicêmica pode demonstrar uma resposta desejada se o amido é quase completamente degradado. O processo térmico dos ingredientes pode ter um efeito maior nas respostas glicêmicas e insulinêmicas nos eqüinos.

Gordon et al. (2008) observaram que as formas alimentares afetaram o tempo de consumo e o pico insulinêmico. O pico insulinêmico levou mais tempo para ocorrer quando levou-se mais tempo para consumir o alimento. Quando analisado o tempo de consumo e pico de glicose percebeu-se que não houve correlação e um tempo longo de consumo não contribuiu para uma menor resposta glicêmica e insulinêmica.

Gobesso (2001) utilizou diferentes fontes de amido e realizou a dosagem da glicose e insulina em eqüinos após a alimentação. O pico de glicose ocorreu 150 minutos após ingestão da dieta e observou que os valores de insulina plasmática se elevam no primeiro tempo de coleta.

Os alimentos que compõem a alimentação dos eqüinos passam por diversos processamentos que afetam as respostas glicêmicas e insulinêmicas observadas nos eqüinos.

O processamento termal ao que os alimentos são submetidos aumenta a resposta glicêmica e insulinêmica (NIELSEN et al., 2010; VERVUERT et al., 2007). De acordo com Gordon et al. (2008) a peletização igualmente ao processamento termal faz com que os animais apresentem maiores respostas glicêmicas e insulinêmicas.

O aumento da quantidade de amido ou açúcar na dieta dos eqüinos pode fazer que os animais apresentem um aumento ou uma diminuição das respostas glicêmicas e

insulinêmicas. De acordo com George et al. (2011), George et al. (2009), Staniar et al. (2007) e Vervuert et al. (2009) os equinos apresentam um aumento nas respostas glicêmicas e insulinêmicas. Hoffman et al. (2003), Zeyner et al. (2002) e Lawrence et al. (1993) concordam que ocorre uma diminuição da resposta glicêmica. De acordo com Pagan e Harris (1999) os animais apresentam uma diminuição das respostas glicêmicas e insulinêmicas.

O aumento do conteúdo de extrato etéreo e do FDA, segundo George et al. (2011) faz com que os animais apresentem respostas glicêmicas e insulinêmicas menores. Zeyner et al. (2002) concluíram que os animais apresentem um aumento na resposta glicêmica.

O estado fisiológico do animal (início de lactação, final da gestação, doenças, obesidade e idade) pode afetar as respostas glicêmicas e insulinêmicas além da dieta consumida diariamente.

De acordo com Murphy et al. (1997) a idade do animal afeta a resposta glicêmica, fazendo com que essa resposta seja menor. À medida que o animal envelhece a resposta glicêmica desencadeada diminui. Nielsen et al. (2010) relataram que a idade do animal influencia na resposta insulinêmica, fazendo com que a resposta aumente com o passar dos anos.

A época do ano influencia nas respostas. De acordo com Treiber et al. (2008), os animais na primavera apresentam um aumento nas respostas glicêmica e insulinêmica. Borer et al. (2010) concluíram que os animais apresentam respostas glicêmicas e insulinêmicas maiores na primavera e no verão.

Outras variações que ocorrem na dieta dos equinos afetam as respostas glicêmicas e insulinêmicas, tais como adição de gordura, aumento no teor de frutanas, presença de cadeias curtas de fruto-oligossacarídeos, método de preparação com a utilização da água, método de preparação por imersão, jejum ou restrição ao alimento, tamanho da refeição oferecida ao animal, adição de melão e adaptação aos alimentos com amido e açúcar.

2.4 Uso de co-produtos

Os co-produtos não podem ser confundidos com os resíduos, por serem diferentes. Ambos são materiais gerados secundariamente em um processo de industrialização de produtos agrícolas. Os co-produtos são os produtos secundários de um processo agroindustrial que apresentam um valor de comercialização definido e os resíduos são os produtos secundários que não têm potencial mercadológico ou o potencial não é efetivamente explorado (BURGI, 1986).

Os co-produtos estão tornando-se populares na alimentação dos animais de produção no Brasil. Podemos citar como co-produtos utilizados na alimentação a polpa de beterraba, o farelo de arroz, a casca de soja, polpa de mandioca, o farelo de arroz e o farelo de trigo. Usualmente, estes co-produtos são utilizados na formulação de ração, mas podem ser fornecidos aos animais in-natura como complementos de uma refeição balanceada, diminuindo o custo do produtor.

A polpa cítrica possui de 85 a 90% do valor energético do milho e baixo teor de proteína bruta na base da matéria seca ($7,1\% \pm 0,49$). Com relação a composição de carboidratos, possui um alto teor de carboidratos solúveis e a sua parede celular é altamente digestível, apresentando em sua composição uma grande proporção de pectina que é um carboidrato complexo de grande valor na alimentação de ruminantes (ASSIS, 2001).

Segundo Gonçalves et al. (2005) uma característica da polpa cítrica que merece destaque é o seu alto conteúdo de pectina a qual pode ser de até 25% da matéria seca. A pectina é um carboidrato integrante da parede celular dos vegetais e é resistente às enzimas dos mamíferos. No entanto pode ser digerida facilmente pelos microrganismos ruminais e cecais.

Do ponto de vista nutricional, a polpa cítrica possui a característica de ser rápida e extensivamente degradada, à semelhança dos carboidratos não estruturais, porém produzindo principalmente o ácido acético, sem promover grande queda do pH cecal e sem produção de ácido propiônico e láctico, características de outros carboidratos solúveis. A polpa cítrica não apresenta hemicelulose em sua composição química.

A qualidade nutricional e a palatabilidade da polpa cítrica dependem da variedade dos frutos, da inclusão de sementes, da retirada ou não dos óleos essenciais e dos processos que os frutos e seus resíduos são submetidos até o fornecimento na alimentação do animal (CARVALHO, 1995).

A torta de girassol é obtida por um processo chamado de prensagem a frio e por esta prensagem disponibiliza um óleo bruto combustível não-poluente, barato e eficiente para tratores agrícolas (OLIVEIRA; CÁRCERES, 2005).

A torta apresenta altos teores de proteína, extrato etéreo e fibra, visto que o óleo é extraído sem o descascamento dos grãos. Por esse motivo, é usada principalmente na alimentação de ruminantes, mas pode ser uma boa fonte de nutrientes para eqüinos, caprinos, ovinos, aves e suínos. Como o farelo, a torta é rica em proteína (até 30%), cálcio e fósforo, além de possuir alto teor de fibra (OLIVEIRA et al., 2007).

De forma geral, a torta de girassol pode ser considerada como alimento concentrado protéico (>20% PB), com proteína de alta degradabilidade (>90%), rico em lipídeos insaturados ($17 \pm 10\%$ EE) e em fibra ($35 \pm 5\%$ FDN), conforme refere Silva (2004).

O farelo de arroz desengordurado contém cerca de 15% de proteínas, 15% fibras e possui cromo e cobre como principais minerais que exercem importante papel na formação de insulina. O farelo de arroz desengordurado peletizado por conter uma quantidade considerável de proteínas é amplamente utilizado como componente na formulação de rações para animais.

As características físicas e químicas do farelo de arroz variam de acordo com diversos fatores como cultivar, tratamento do grão antes do beneficiamento, sistema de beneficiamento empregado e grau de polimento ao qual o grão foi submetido (PESTANA et al., 2008).

O resíduo de panificação (farelo de biscoito) é classificado como alimento energético, dado a sua alta concentração de carboidratos solúveis (AROSEMENA et al., 1995). Contudo, o uso deste co-produto pode estar limitado em virtude do reduzido número de avaliações e do seu valor nutricional em animais (HARRIS JUNIOR; STAPLES, 1993).

Existem grandes diferenças na composição química dos resíduos de panificação atualmente utilizados na alimentação animal pela grande quantidade de resíduos de panificação disponíveis para utilização na alimentação animal, incluindo-se nestes as sobras de bolos, pães, biscoitos doces e salgados, produtos não comercializados ou que ultrapassaram o prazo de validade, além das perdas por quebras, excesso ou falta de cozimento durante o processamento (PASSINI et al., 2001).

A casca de soja possui grandes quantidades de fibra e estas são altamente digestíveis pelos ruminantes. Como a casca de soja possui em sua composição baixo teor de amido proporciona uma baixa taxa de fermentação e reduz os problemas de acidose. Apresenta em sua composição teores de proteína bruta ao redor de 11% e pela sua composição se torna comparável aos fenos de gramíneas de elevada qualidade.

A casca de soja vem sendo utilizada na substituição total e parcial do milho e de fontes protéicas na alimentação de ruminantes. Bons resultados também foram conseguidos utilizando a casca de soja como substituto do feno de alfafa e de gramíneas em equinos (QUADROS et al., 2004).

Deve ser observado que a literatura na área de equinos é escassa quando o assunto é a utilização de co-produtos na alimentação, ainda mais quando as respostas glicêmicas e insulinêmicas são apresentadas como parâmetros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e Duração

O trabalho foi realizado no Setor de Eqüideocultura da Fazenda Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, localizada na Linha Guar, pertencente ao Núcleo de Estces Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* de Marechal Cândido Rondon.

A coleta de dados do período experimental foi realizada entre os dias 15 de novembro e 26 de dezembro de 2009, constituindo 42 dias, divididos em seis períodos de sete dias, nos quais, seis foram de adaptação ao novo alimento e um dia para a coleta de sangue.

3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

Foram utilizados 288 dados de glicose e 195 de insulina sanguínea de eqüinos em delineamento de quadrado latino 6 x 6 e esquema de parcelas subdivididas no tempo, com seis repetições. As linhas do quadrado foram representadas por seis diferentes eqüinos e as colunas por seis períodos semanais. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de seis classes do fator “alimento” (aveia em grão, farelo de arroz desengordurado, farelo de biscoito peletizado, polpa cítrica, casca de soja e torta de girassol), alocados nas parcelas, com oito níveis do fator “tempo” (0, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos), distribuídos nas subparcelas.

Na análise estatística da insulina sanguínea não foram incluídos os dados da polpa cítrica em razão do consumo reduzido deste alimento pelos eqüinos, causado pela falta de palatabilidade.

O croqui experimental da glicose e da insulina sanguínea encontram-se apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

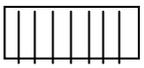
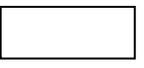
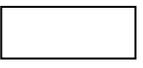
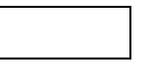
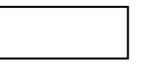
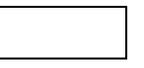
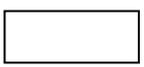
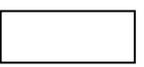
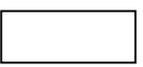
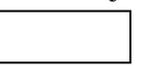
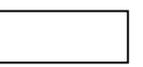
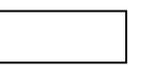
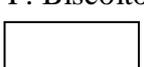
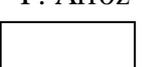
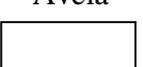
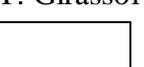
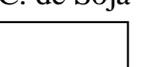
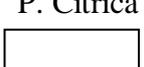
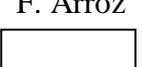
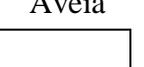
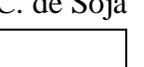
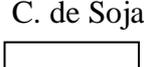
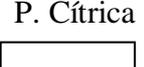
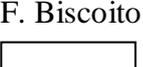
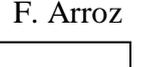
Período \ Animal	1	2	3	4	5	6
1	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 	P. Cítrica 	F. Biscoito 	F. Arroz 
2	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 	P. Cítrica 	F. Biscoito 
3	F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 	P. Cítrica 
4	P. Cítrica 	F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 
5	C. de Soja 	P. Cítrica 	F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 
6	T. Girassol 	C. de Soja 	P. Cítrica 	F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 

Figura 1. Croqui da Glicose

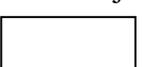
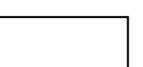
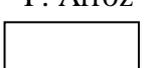
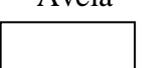
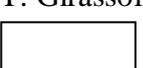
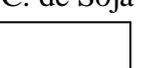
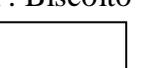
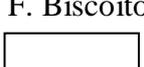
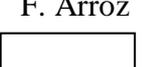
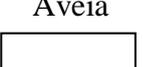
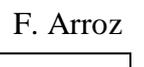
Período \ Animal	1	2	3	4	5	6
1	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 		F. Biscoito 	F. Arroz 
2	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 		F. Biscoito 
3	F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 	P. Cítrica 
4		F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 	C. de Soja 
5	C. de Soja 		F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 	T. Girassol 
6	T. Girassol 	C. de Soja 		F. Biscoito 	F. Arroz 	Aveia 

Figura 2. Croqui da Insulina

3.3 Instalação e manejo dos animais

Foram utilizadas quatro éguas adultas da raça Árabe, Quarto de Milha e Crioulo, um macho castrado da raça Árabe e um macho castrado sem raça definida (SRD). Os animais possuíam idade média de nove anos e peso vivo médio de 422 kg. Antes do início do experimento todos os animais foram vermifugados (Ivermectina 1,87 g/100Kg PV) e casqueados.

Durante o ensaio experimental, foram utilizadas baias individuais (12 m² de área total), com piso de concreto e comedouros e bebedouros de livre acesso.

Com o intuito de fornecer condições de bem estar animal (BEA), e amenizar as condições de estresse de confinamento em baias, os animais tiveram acesso durante todo o período de adaptação ao alimento teste a piquetes individuais (400 m² de área) cultivados com Tifton 85 para a prática de exercício livre. Os piquetes eram roçados semanalmente a uma altura do dossel de três centímetros para não ocorrer interferência nos tratamentos avaliados.

Durante o período de adaptação os animais receberam os alimentos teste em quantidades que aumentavam gradualmente até a quantidade total a ser fornecida, fixada em 0,5% do peso vivo. Todos os animais receberam a quantidade de 1% de seu peso vivo em volumoso (feno de Tifton 85) em matéria seca (MS), de acordo com o NRC (2007).

O feno de Tifton 85 foi fornecido durante todos os dias de adaptação, exceto no dia do ensaio metabólico, no qual os eqüinos receberam apenas o alimento teste. Para a padronização do consumo de feno fornecido, os mesmos foram picados em uma máquina do tipo forrageiro-navalha, obtendo-se dessa forma partículas de 10 cm. Esse manejo foi necessário para uniformidade do feno oferecido, que proporcionou um melhor aproveitamento pelo animal.

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia, às 7h e 30 minutos e 17h e 30 minutos. A proporção de volumoso:concentrado foi de 65:35 para todos os tratamentos.

Os animais foram pesados em balança eletrônica, no dia anterior à coleta de sangue para o cálculo do consumo dos alimentos.

Durante a mensuração da resposta glicêmica e insulinêmica padronizou-se o consumo dos alimentos para cada animal em 25% dos requerimentos diários em energia digestível (3,76 Mcal ED/Kg MS) conforme descrito por Rodiek e Stull (2007).

3.4 Coleta e análise das amostras de sangue

No dia da mensuração de glicose e insulina sanguínea, foram coletadas amostras de sangue na veia jugular dos equinos em jejum. Após essa primeira coleta os alimentos foram fornecidos aos animais, e para padronizar a quantidade de alimento ingerido, foi estabelecido um intervalo de tempo máximo de consumo para todos os alimentos de uma hora. As coletas seguintes foram realizadas aos 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos do período pós-prandial, segundo a metodologia descrita por Rodiek e Stull (2007).

As amostras de sangue para análise de glicose foram drenadas para tubos de vácuo contendo anticoagulante (fluoreto de sódio), imediatamente centrifugadas durante 15 minutos, à velocidade de 2500 rpm utilizando centrífuga do modelo excelsa baby II, 206[®], e armazenadas em freezer à temperatura de -20°C até o momento das análises laboratoriais. A quantificação da glicose do plasma sanguíneo foi realizada no Laboratório Álvaro, localizado na cidade de Cascavel, PR, utilizando equipamento modular P800-ROCHE: Colorimétrico Enzimático pelo método GOD-PAD modificado.

Para a análise de insulina as amostras de sangue foram drenadas para tubos a vácuo sem anticoagulante. A preparação das amostras e seu armazenamento ocorreram de forma idêntica à glicose. A quantificação da insulina foi determinada pelo método de eletroquimioluminescência, em equipamento Modular Analytics E170.

3.5 Análises químicas

Foram coletadas amostras semanais dos alimentos e do feno, a cada pesagem de alimentos a ser fornecido aos equinos, formando uma amostra composta que foi armazenada em freezer para posteriores análises bromatológicas.

A análise da composição química dos alimentos foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Foram realizadas análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). O valor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi obtido pela equação: $100 - (\%PB + \%FDN + \%EE + \%MM)$.

A análise de amido foi realizada no Laboratório CBO Análises Laboratoriais em Campinas, SP.

3.5 Procedimentos Estatísticos

Os dados foram submetidos à análise de variância de modelos lineares para verificação da significância dos efeitos de alimento, tempo (minutos) do alimento no trato digestório e sua respectiva interação.

O modelo estatístico utilizado nas análises dos dados foi: $Y_{(ij)kl} = \mu + L_i + C_j + A_k + \varepsilon_{ijk} + T_l + AT_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$, em que:

Y_{ijkl} = valor observado referente ao k-ésimo alimento e l-ésimo tempo, na i-ésima linha (animal) e na j-ésima coluna (período);

μ = efeito da média geral do experimento;

L_i = efeito da linha (animal) i (i = 1, 2, 3, 4, 5 e 6);

C_j = efeito da coluna (período) j (j = 1, 2, 3, 4, 5 e 6);

A_k = efeito do alimento k (k = 1, 2, 3, 4, 5 e 6);

ε_{ijk} = efeito do erro aleatório da parcela;

T_l = efeito de tempo l (l = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8);

AT_{kl} = efeito de interação dupla entre alimento e tempo;

ε_{ijkl} = efeito do erro aleatório da subparcela.

No desdobramento da interação dupla significativa ($p < 0,05$), o valor da estatística F calculada para o fator da parcela (alimento) aninhado no fator da subparcela (tempo) foi obtido considerando-se o grau de liberdade do resíduo e o quadrado médio do resíduo, ambos de Satterthwaite, calculados de acordo com as fórmulas a seguir:

$$\boxed{QMR_{SATT} = \frac{QMR(a) + (b - 1) QMR(b)}{b}} \text{ e } \boxed{GLR_{SATT} = \frac{[QMR(a) + (b - 1) QMR(b)]^2}{\frac{[QMR(a)]^2}{na} + \frac{(b - 1)^2 [QMR(b)]^2}{nb}}}, \text{ em que:}$$

QMR_{SATT} = quadrado médio do resíduo de Satterthwaite;

GLR_{SATT} = grau de liberdade do resíduo de Satterthwaite;

$QMR(a)$ = quadrado médio do resíduo da parcela;

$QMR(b)$ = quadrado médio do resíduo da subparcela;

b = número de níveis do fator da subparcela;

na = número de graus de liberdade do resíduo da parcela;

nb = número de graus de liberdade do resíduo da subparcela

A comparação entre médias ajustadas de quadrados mínimos associadas aos efeitos de alimento e da interação (alimento dentro de cada tempo) foi feita por meio de teste de Dunnett, com hipótese alternativa bilateral ($H_a: \mu_{aveia} \neq \mu_{alimento}$), em que se utilizou a aveia como alimento referência.

Os efeitos de tempo (minutos) e da interação (tempo dentro de cada alimento) foram avaliados por meio de análise de variância da regressão e estimados por meio de equações de regressão. A escolha do modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados de glicose e insulina sanguínea foi baseada na significância dos parâmetros da regressão, por meio do teste t parcial, e no significado biológico das equações.

Os valores de coeficiente de determinação (R^2) foram calculados considerando-se a razão entre soma de quadrados da regressão e soma de quadrados do fator em estudo.

Os parâmetros das equações e a falta de ajustamento dos modelos de regressão aos dados das variáveis dependentes foram testados utilizando como denominador o quadrado médio do resíduo da análise de variância inicial.

O nível de significância de 5% foi adotado em todos os procedimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de composição bromatológica dos alimentos teste e do feno de Tifton 85 estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química dos alimentos utilizados nos tratamentos experimentais expressos em porcentagem de matéria seca (%MS).

Alimentos	MS	MM	FDN	FDA	EE	PB	CNF	Amido
Aveia	88,01	2,29	27,69	16,70	2,74	21,20	34,06	33,49
Farelo de Arroz	87,22	10,98	37,75	14,31	0,97	16,96	20,54	20,47
Farelo de Biscoito	90,66	2,27	15,96	7,74	1,38	13,10	57,93	46,5
Casca de Soja	88,03	3,66	60,79	40,83	0,92	12,97	9,68	19,07
Polpa Cítrica	86,92	5,36	15,63	17,64	1,29	6,55	58,07	15,81
Torta de Girassol	90,69	4,38	37,47	26,14	9,53	30,07	9,23	15,33
Feno Tifton 85	90,32	6,87	65,71	32,04	1,12	15,84	0,76	4,68

A torta de girassol e a casca de soja, alimentos com altas quantidades de FDA, podem ser usados juntamente com alimentos energéticos, como a aveia. A polpa cítrica igualmente contendo altas quantidades de FDA não é palatável aos eqüinos, e os animais não se sentem atraídos por este alimento. Adicionada a uma ração comercial, a polpa cítrica, em pequena quantidade pode servir de fonte de fibras.

De acordo com a composição química, a quantidade de FDA presente na casca de soja faz com que esse alimento seja comparado com o feno de tifton 85. Esta alta quantidade de FDA explicaria as baixas respostas glicêmicas e insulinêmicas obtidas com a utilização da casca de soja na alimentação de eqüinos.

Quando há grandes quantidades de FDA na composição de um alimento, a digestão será mais lenta que os outros alimentos que possuem quantidades menores de FDA, como o farelo de biscoito.

Ao se comparar a composição química do farelo de biscoito com a da aveia, devido ao fato de possuir menor quantidade de FDA e maior quantidade de amido, sua resposta glicêmica e insulinêmica deveria ser maior, mas isso não ocorreu. No NRC (2007) foi relatado que os resíduos de panificação são variáveis quanto ao teor de energia, pois ocorre grande variação no teor de gordura e digestibilidade da energia.

O amido é o principal nutriente que altera e determina a onda pós-prandial de glicose sanguínea e a resposta insulinêmica do animal. Sendo assim, quanto mais rápida e completa sua digestão, mais rápida e intensa será a curva desencadeada (CARCIOFI, 2008).

O farelo de biscoito possui a maior quantidade de amido entre todos os alimentos estudados neste experimento, mas seu consumo pelos eqüinos não apresentou as maiores respostas. Provavelmente a estrutura do amido presente em sua composição dificulta a ação da α -amilase.

Sobre o farelo de arroz, Esteves (2000) relatou que sua composição química varia conforme a inclusão do germe desengordurado e a presença da casca. De acordo com o NRC (2007) a qualidade do farelo de arroz depende da eficiência da remoção das cascas do grão. Apesar do farelo de arroz tenha conteúdo semelhante de FDN que a torta de girassol, o farelo de arroz apresentou uma maior resposta glicêmica e insulinêmica. Quando comparado com a aveia, o farelo de arroz possui menor quantidade de amido e maior quantidade de FDN, isso pode explicar uma resposta glicêmica e insulinêmica menor que a apresentada pela aveia.

A polpa cítrica possui uma alta quantidade de carboidratos não fibrosos, porém pouca quantidade de amido. Morgado et al. (2009) relata que os mamíferos e outros animais de estômago simples não possuem enzimas próprias para hidrolisar frutanas, ligações β -glucanas, substâncias pécticas e oligossacarídeos. Esses carboidratos e outros polissacarídeos não-amiláceos podem ser fermentados pelos microrganismos do intestino grosso para produzir produtos microbianos de valor nutricional. Isso pode explicar a baixa resposta glicêmica da polpa cítrica apresentada neste estudo. De acordo com o NRC (2007) a polpa cítrica pode ser adicionada à ração de eqüinos, embora a palatabilidade possa ser variável. Perali et al. (2001) relataram que a baixa aceitabilidade pode ser explicada pelo aroma forte, que apesar de agradável ao olfato humano, possivelmente não agrada ao olfato eqüino. Assim como a polpa cítrica, a torta de girassol também possui pouca quantidade de amido. Silva e Agostini (2007) destacaram que a grande variação na composição química da torta, ocorre devida, principalmente, às diferentes variedades de girassol, tipo de solo, ao tipo de prensa e regulagem utilizadas e em alguns casos da temperatura e tempo de tostagem.

Oliveira et al. (2007) relataram que dependendo da finalidade a que se destina o óleo de girassol, significativas alterações nos mecanismos de sua extração podem ocorrer, e assim, afetar sua composição. Um exemplo é o conteúdo de óleo na torta, que apresenta maior variação, e neste estudo apresentou uma quantidade de extrato etéreo de 9,53%, muito acima dos valores apresentado pelos outros alimentos utilizados.

4.1 Consumo dos Alimentos e Nutrientes

Os valores de consumo de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e amido estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de consumo de Matéria Seca, Fibra em Detergente Neutro, Fibra em Detergente Ácido, Carboidrato Não Fibroso e Amido e peso vivo de equinos alimentados com os alimentos.

Nutriente (g/refeição)	Aveia	Farelo de Arroz	Farelo de Biscoito	Polpa Cítrica	Casca de Soja	Torta de Girassol
g MS/refeição	714	702	631,12	226,73	731,53	866,35
g MS/kgPV/refeição	1,60	1,56	1,42	0,51	1,66	1,95
g FDN/refeição	197,75	265,06	100,74	35,45	444,69	324,63
g FDN/kgPV/refeição	0,44	0,60	0,23	0,08	1,01	0,73
g FDA/refeição	119,29	100,47	48,88	40,01	298,73	226,55
g FDA/kgPV/refeição	0,27	0,23	0,11	0,09	0,68	0,51
g CNF/refeição	243,23	144,23	365,65	131,67	70,85	79,98
g CNF/kgPV/refeição	0,54	0,33	0,83	0,30	0,16	0,18
g Amido/refeição	308,77	189,91	323,70	47,45	180,07	162,10
g Amido/kgPV/refeição	0,69	0,43	0,73	0,11	0,41	0,36
Peso vivo médio	448,2	438,41	440,5	433,3	441,5	447,75

O consumo de aveia e de farelo de biscoito pelos equinos proporcionou maior quantidade de amido/refeição, com valores de 308,77g e 323,70g, do que os outros alimentos teste. A polpa cítrica apresentou o menor valor de amido consumido por refeição (47,45g) causado pelo seu baixo consumo pelos animais.

O amido, pelo sistema de Hoffman et al. (2001), corresponde a parte da fração de carboidratos hidrolisáveis, na qual é liberada a glicose absorvida pelo intestino delgado. Isso explica as maiores respostas glicêmicas da aveia e farelo de biscoito (Tabela 4).

Quanto à quantidade ingerida de carboidratos não fibrosos, o farelo de biscoito apresentou maior quantidade (365,65g) quando comparado a ingestão dos outros alimentos.

Os alimentos que proporcionaram menor quantidade de carboidratos não-fibrosos por refeição foram a casca de soja e a torta de girassol, com os valores de 70,85g e 79,98g respectivamente. A causa para esses alimentos apresentarem menores quantidades de carboidratos não-fibrosos é pelo maior conteúdo de FDA (Tabela 1).

Os maiores valores de FDA por refeição foram de eqüinos que consumiram casca de soja e a torta de girassol (298,73g e 226,55g, respectivamente). Os menores valores ocorreram com o consumo de polpa cítrica (40,01g) e do farelo de biscoito (48,88g).

O consumo médio de FDN variou de 35,45 (valor para polpa cítrica) a 444,69g (valor para casca de soja).

De acordo com a classificação de Hoffman et al. (2001), a FDN corresponde aos carboidratos lentamente fermentáveis no intestino grosso. As baixas respostas glicêmicas apresentadas com o consumo da casca de soja e a torta de girassol são explicadas pela grande quantidade de carboidratos lentamente fermentáveis presentes na composição destes alimentos.

Os eqüinos alimentados com polpa cítrica apresentaram os menores valores de consumo de matéria seca, FDN, FDA e amido. Este resultado pode ser explicado pelo reduzido consumo do alimento dentro do tempo estipulado, em razão da baixa palatabilidade.

O farelo de biscoito pode ser utilizado em substituição à aveia, mas deve-se ponderar sua utilização, pois dependendo da fonte pode conter altas quantidades de extrato etéreo e pela probabilidade de maior escape de amido para o ceco. O farelo de arroz pode ser utilizado na alimentação de animais com distúrbios metabólicos, pois fornece energia suficiente para sua manutenção e a resposta insulinêmica desencadeada é baixa, uma vez que este alimento seja o farelo de arroz desengordurado.

De acordo com Borgia et al. (2010), quando o alimento tem uma alta palatabilidade, as respostas glicêmicas e insulinêmicas ocorrerão mais rapidamente do que um alimento que não possua alta palatabilidade.

Zeyner et al. (2006) avaliaram as respostas glicêmicas e insulinêmicas em eqüinos da raça quarto de milha, utilizando concentrados com alto teor de gordura e baixo teor de carboidratos solúveis, e concluíram que o tempo total de consumo não afetou o tempo para alcançar o pico de concentração de glicose após a alimentação. Entretanto, no presente estudo, os eqüinos que não consumiram todo o alimento durante uma hora apresentaram respostas glicêmicas menores aos alimentos que foram totalmente consumidos dentro do tempo determinado. Os valores das respostas glicêmicas e insulinêmicas de eqüinos alimentados

com polpa cítrica não saíram do nível de jejum, justamente pelo reduzido consumo. Os dados de tempo de consumo estão na Tabela 3.

Tabela 3. Tempo médio de consumo total de alimento por equino.

Animais	Mary	Dara	Xuxa	Farrapo	Meire	Xitão	Média
Aveia	21'08''	19'43''	12'24''	22'02''	15'05''	18'	18'37''
Farelo de Arroz	23'05''	18'58''	53'03''	18'39''	20'64''	20'	26'13''
Farelo de Biscoito	12'03''	10'05''	60'	43'06''	13'47''	12'07''	25'05''
Polpa Cítrica	60'	60'	60'	60'	60'	55'05''	59'25''
Casca de Soja	36'06''	34'29''	29'57''	31'05''	38'57''	22'16''	32'04''
Torta de Girassol	16'12''	16'32''	30'06''	17'23''	14'28''	17'02''	18'50''

À exceção da polpa cítrica e da casca de soja, pode-se notar que o tempo médio de consumo total de alimento por equino foi menor que 30 minutos, indicando aceitabilidade e palatabilidade da aveia, farelo de arroz, farelo de biscoito e torta de girassol para os equinos.

Segundo o NRC (2007), a polpa cítrica pode ser adicionada à ração de equinos, embora a palatabilidade seja ser variável. A polpa cítrica possui grandes quantidades de carboidratos rapidamente fermentáveis (HOFFMAN et al., 2001). Seu alto conteúdo de pectina, que pode alcançar 25% da matéria seca, é resistente às enzimas dos mamíferos, no entanto pode ser digerida facilmente pelos microrganismos cecais e ruminais (GONÇALVES et al., 2005).

A polpa cítrica, devido a sua composição bromatológica, não deve ser utilizada isoladamente na alimentação de equinos.

4.2 Resposta glicêmica

Observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre alimento e tempo (minutos) sobre a glicose no sangue dos equinos. A comparação de médias entre alimentos em cada tempo encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Médias ajustadas de quadrados mínimos de glicose sanguínea (mg/dL) de acordo com o alimento em cada tempo.

Alimento	Tempo (minutos)							
	0	30	60	90	120	180	240	300
Aveia	85,78	94,22	114,94	125,92	129,74	121,44	112,52	97,65
Farelo de arroz	84,62 ^{ns}	100,75 ^{ns}	114,17 ^{ns}	123,30 ^{ns}	125,42 ^{ns}	110,70 ^{ns}	97,91 ^{ns}	88,55 ^{ns}
Farelo de biscoito	85,65 ^{ns}	97,10 ^{ns}	108,97 ^{ns}	119,05 ^{ns}	122,17 ^{ns}	114,0 ^{ns}	111,95 ^{ns}	97,62 ^{ns}
Polpa cítrica	85,93 ^{ns}	88,4 ^{ns}	86,57*	88,58*	87,65*	83,70*	80,72*	86,27 ^{ns}
Casca de soja	85,43 ^{ns}	88,08 ^{ns}	90,88*	93,0*	94,17*	88,97*	90,20 ^{ns}	89,43 ^{ns}
Torta de girassol	91,08 ^{ns}	93,75 ^{ns}	99,98 ^{ns}	102,13*	100,48*	98,53 ^{ns}	97,58 ^{ns}	89,25 ^{ns}
CV (%)	10,73							

* Médias diferem, na coluna, do alimento referência (aveia) pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} - Não significativo ($P > 0,05$) em relação ao alimento referência; Quadrado médio do resíduo de Satterthwaite = 234,40646; Grau de liberdade do resíduo de Satterthwaite = 57,31; Diferença mínima significativa = 22,92.

As respostas obtidas pelo consumo da polpa cítrica e casca de soja apresentaram um comportamento linear dentro do tempo. Este comportamento ocorreu pela pequena elevação dos valores glicêmicos e estes ficarem próximos aos valores basais da glicemia dos animais.

De acordo com a Tabela 4, quando os co-produtos consumidos foram comparados com a aveia no momento inicial (jejum) e nos primeiros 30 minutos pós-prandial, estes alimentos não diferiram estatisticamente da aveia ($P > 0,05$).

Observou-se que no instante inicial (tempo zero, jejum), que os valores de resposta glicêmica foram 85,78, 84,62, 85,65, 85,93, 85,43 e 91,08 mg/dL para aveia, farelo de arroz, farelo de biscoito, polpa cítrica, casca de soja e torta de girassol, respectivamente. Dill (2007) verificou que equinos alimentados com aveia branca, milho em grão, aveia preta, triticale e MDPS (milho desintegrado com palha e sabugo) apresentaram resposta glicêmica, após jejum de 12 horas de 85,1, 87,9, 86,3, 89,82 e 88,16 mg/dL, respectivamente. Estes valores se assemelharam com os observados neste estudo. Vervuert et al. (2004) avaliaram os efeitos do processamento do milho nas respostas glicêmicas e insulinêmicas em equinos. Os valores obtidos no tempo zero foram: 88,2, 82,8, 81,0, 84,6, 79,2 e 86,4 mg/dL para o milho cru, farelo de milho, milho cozido, milho micronizado, milho em flocos e milho prensado, respectivamente. Esses valores foram concordantes aos obtidos no presente estudo.

Segundo Meyer (1995), a glicemia que em jejum se mantém entre 80 a 100 mg/dL, após refeições ricas em amido ou açúcar pode elevar a 150 mg/dL num prazo de duas a três horas. De acordo com Robinson (1992), os valores de glicose sanguínea, para animais

saudáveis em jejum, estão entre 71 e 104 mg/dL. Kaneko (2008) observou que os valores de referência da glicose para eqüinos se encontraram na faixa de 75 a 115 mg/dL. Os resultados estão de acordo com esta faixa de referência para eqüinos.

Dos 60 aos 180 minutos pós-prandial a resposta glicêmica desencadeada pelo consumo da casca de soja e polpa cítrica apresentou diferença significativa da resposta apresentada pelo consumo da aveia. A resposta glicêmica obtida pelo consumo da torta de girassol diferenciou da aveia aos 90 e 120 minutos pós-prandial. Neste período a resposta desencadeada pela aveia alcança seu pico.

O pico da resposta glicêmica observada de eqüinos que receberam aveia ocorreu aos 120 minutos pós-prandial (129,74 mg/dL), semelhante ao valor relatado por Vervuert et al. (2003), que encontraram uma alta glicemia aos 110 minutos após a alimentação com o uso da aveia em grão (115,38 mg/dL). Nesse estudo foram observados os seguintes resultados: 84,6, 99, 108, 115,2, 115,2, 99, 90 e 88,2 mg/dL no tempo zero, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 minutos respectivamente. Esses valores estão de acordo com os resultados obtidos no presente experimento.

Aos 90 minutos pós-prandial, eqüinos alimentados com torta de girassol apresentaram uma elevação na resposta glicêmica (102,1 mg/dL).

Witham e Stull (1998) no estudo sobre resposta glicêmica em eqüinos utilizando feno de aveia com concentrado e feno de alfafa isolado, relataram que o pico da glicose plasmática foi obtido de duas a três horas após a ingestão de alimento pela manhã. No presente estudo, os picos ou elevações glicêmicas ocorreram até duas horas pós-prandial em razão dos alimentos utilizados.

Aos 240 minutos pós-prandial, somente a resposta glicêmica obtida pelo consumo da polpa cítrica foi diferente da resposta glicêmica da aveia. Como explicado anteriormente, a polpa cítrica foi pouco consumida pelos eqüinos, apresentando resposta glicêmica próxima do nível basal. Aos 300 minutos após a alimentação dos eqüinos todos os co-produtos consumidos não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) do consumo da aveia.

De acordo com Robinson (1992), os níveis de glicose retornam ao basal seis horas após a ingestão de alimento. Neste estudo, os valores de resposta glicêmica estavam retornando aos níveis basais.

De acordo com Vervuert et al. (2009), o tempo de trânsito gastrointestinal de volumosos varia entre 22 e 36,6 horas e a maioria da digesta chega ao ceco e cólon ventral até 3 horas depois de uma refeição. Isso também explica porque os experimentos para resposta glicêmica e insulinêmica são realizados até aos 300 minutos pós-prandial.

Houve efeito de tempo sobre a resposta glicêmica apresentada pelos equinos, mas nenhuma das respostas apresentadas pelo consumo dos co-produtos obteve a mesma magnitude da resposta apresentada pelo consumo da aveia. As equações de regressão de glicose em função de tempo, para cada alimento ingerido, estão apresentados na figura 3

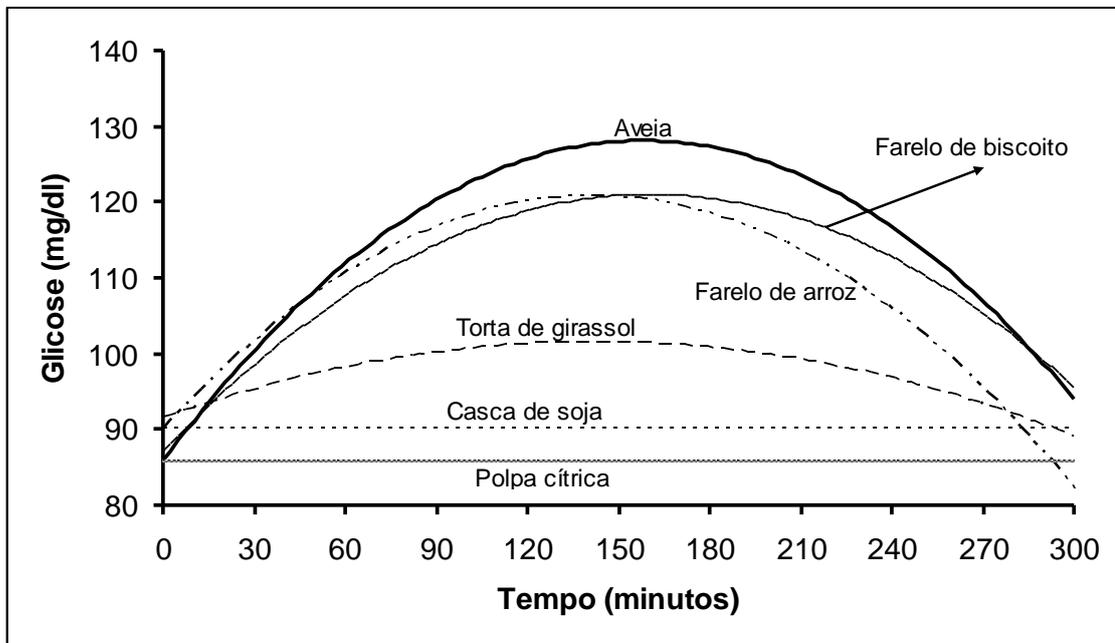


Figura 3. Modelos de regressão da glicose sanguínea de equinos em função de tempo, para cada alimento ingerido.

A magnitude das respostas pelo consumo de farelo de biscoito e farelo de arroz foi semelhante à magnitude da resposta apresentada pelo consumo da aveia, em todos os tempos avaliados.

Observou-se na Figura 3 que a resposta glicêmica estimada do consumo do farelo de arroz apresentou um aporte maior de glicose até os 30 minutos pós-prandial se comparada a aveia e até aos 150 minutos pós-prandiais se comparado ao farelo de biscoito. A interseção das curvas da aveia e do farelo de arroz ocorre aos 43,73 minutos, concluindo então que até este ponto, o farelo de arroz foi superior na resposta glicêmica do que a aveia.

Ocorreu uma interseção de curvas do farelo de biscoito e aveia nos primeiros 13,07 minutos, constatando-se que a resposta glicêmica do farelo de biscoito foi superior a da aveia.

A resposta estimada do consumo do farelo de biscoito obteve um aporte maior de glicose para os animais a partir dos 150 minutos pós-prandial quando comparado com a resposta estimada do consumo do farelo de arroz. A interseção das curvas do farelo de arroz e farelo de biscoito ocorre aos 144,81 minutos.

As respostas glicêmicas obtidas pelo consumo da casca de soja e polpa cítrica estão representadas em linha reta, pois pela estatística realizada os valores observados não se ajustaram no modelo de regressão.

O teste F para a falta de ajustamento dos modelos de regressão da glicose em função do tempo não foi significativo ($P>0,05$) na utilização da aveia, do farelo de biscoito e da torta de girassol. Foi significativa a falta de ajustamento do modelo na utilização do farelo de arroz, provavelmente pelos valores diferenciados observados neste estudo. De acordo com o R^2 obtido dentro de cada interação entre tempo e alimento ($R^2=0,91$ para aveia, $R^2=0,8272$ para farelo de arroz, $R^2=0,9218$ para farelo de biscoito e $R^2=0,8957$ para torta de girassol), o modelo de regressão está adequado aos dados observados.

Foram estimados os pontos máximo das respostas glicêmicas obtidas para cada alimento consumido: 158,28 minutos para aveia, 141,97 minutos para farelo de arroz, 160,96 minutos para farelo de biscoito e 142,05 minutos para torta de girassol. Estes tempos apresentados para cada alimento é o ponto da curva onde cada alimento alcança seu pico máximo de resposta.

Pode-se observar que as respostas glicêmicas apresentaram diferenças entre cada alimento consumido, isto é, a glicose foi afetada pela composição da dieta.

Em comparação com a aveia, alimento padrão utilizado na alimentação de equinos, o farelo de biscoito apresentou resultados semelhantes na curva glicêmica. Ambos apresentaram altos valores nas respostas, após a ingestão do alimento. O farelo de arroz apresentou uma alta resposta glicêmica, porém sua resposta insulinêmica não foi tão acentuada como a resposta do farelo de biscoito.

A casca de soja e a torta de girassol apresentaram baixas respostas glicêmicas e insulinêmicas, respostas essas inferiores quando comparadas com a resposta da aveia. A resposta da polpa cítrica não serve de comparação uma vez que os animais não chegaram a consumir este alimento, concluindo-se que os valores obtidos a cada mensuração continuam sendo valores da glicemia em jejum do animal.

As respostas glicêmicas e insulinêmicas obtidas com o uso do farelo de biscoito foram menores das obtidas com a aveia. A explicação pode ser dada com a obtenção em si desse farelo de biscoito. O farelo de biscoito é proveniente do refugo das indústrias de biscoitos e sua composição pode ser afetada pelo excesso de cozimento.

Houve efeito de alimento, independente do tempo ($P>0,05$), para a variável resposta glicêmica (Tabela 5). Quando comparados com a aveia, a polpa cítrica e a casca de soja diferiram estatisticamente. Este resultado ocorreu pela diferença existente na composição dos

alimentos. A casca de soja possui altas quantidade de FDA e FDN. Além disso, a aveia apresenta uma maior quantidade de amido quando comparada com a casca de soja e polpa cítrica, o que propicia o efeito significativo do alimento. O farelo de arroz, o farelo de biscoito e a torta de girassol não apresentaram diferença significativa (Tabela 5).

Tabela 5. Médias ajustadas de quadrados mínimos de glicose sanguínea (mg/dL) de acordo com o alimento, independente de tempo.

Alimento	Glicose
Aveia	110,28
Farelo de arroz	105,68 ^{ns}
Farelo de biscoito	107,06 ^{ns}
Polpa cítrica	85,98*
Casca de soja	90,02*
Torta de girassol	96,60 ^{ns}

* - Médias diferem, na coluna, do alimento referência (aveia) pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} - Não significativo ($P > 0,05$) em relação ao alimento referência; Quadrado médio do resíduo da parcela = 1080,302; Grau de liberdade do resíduo da parcela = 20; Diferença mínima significativa = 18,35.

Observou-se efeito significativo do tempo independente do alimento ($P > 0,05$), sobre a glicose sanguínea. O efeito de tempo apresentou um $R^2 = 0,8653$, onde o modelo de regressão se ajustou aos dados observados (Figura 4). A falta de ajustamento foi significativa pelo teste F, explicada pelos valores discrepantes decorrentes do fator animal.

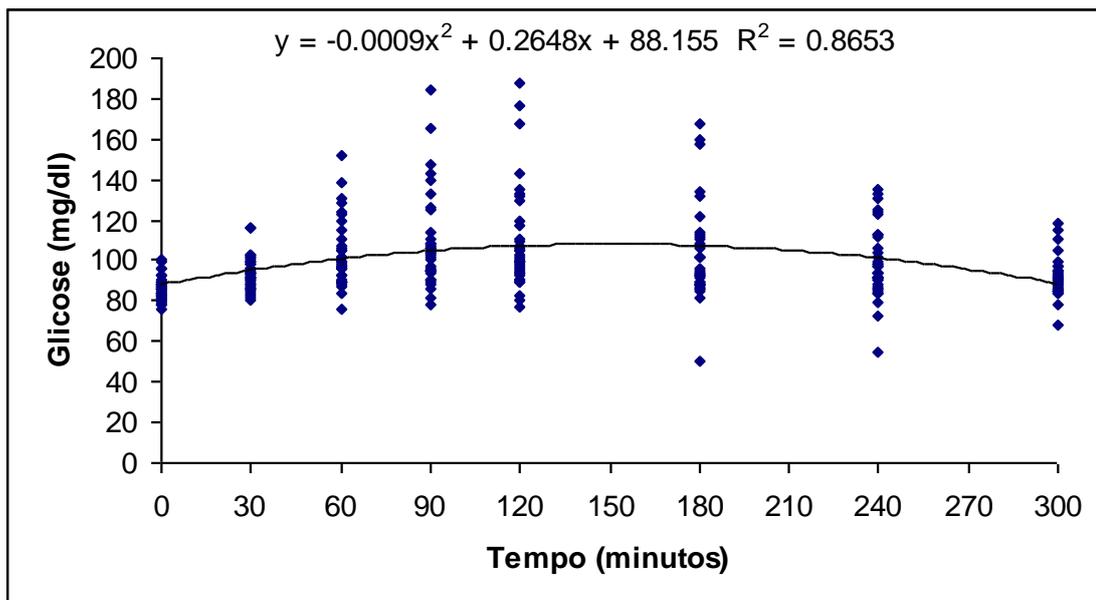


Figura 4. Efeito de tempo, independente de alimento para glicose.

4.3 Resposta insulinêmica

Os co-produtos consumidos quando comparados com a aveia, não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) do momento inicial (tempo zero) até aos 60 minutos pós-prandial (Tabela 6).

Tabela 6. Médias ajustadas de quadrados mínimos da insulina sanguínea ($\mu\text{UI/mL}$) em cada combinação de alimento e tempo.

Alimento	Tempo (minutos)							
	0	30	60	90	120	180	240	300
Aveia	2,56	10,30	23,18	30,92	30,14	32,74	27,30	16,26
Farelo de arroz	1,55 ^{ns}	9,53 ^{ns}	15,43 ^{ns}	11,22 ^{ns}	13,23 ^{ns}	18,73 ^{ns}	4,65*	2,10 ^{ns}
Farelo de biscoito	2,57 ^{ns}	12,70 ^{ns}	21,12 ^{ns}	26,75 ^{ns}	26,28 ^{ns}	21,02 ^{ns}	15,84 ^{ns}	10,78 ^{ns}
Casca de soja	1,98 ^{ns}	4,97 ^{ns}	4,22 ^{ns}	3,65*	3,35*	3,23*	2,57*	1,87 ^{ns}
Torta de girassol	1,45 ^{ns}	7,48 ^{ns}	14,97 ^{ns}	13,72 ^{ns}	9,33 ^{ns}	5,87*	3,40*	2,23 ^{ns}
CV (%)	88,19							

* - Médias diferem, na coluna, do alimento referência (aveia) pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} - Não significativo ($P>0,05$) em relação ao alimento referência; Quadrado médio do resíduo de Satterthwaite = 218,2832; Grau de liberdade do resíduo de Satterthwaite = 44,3855; Diferença mínima significativa = 21,59.

Ralston (2005) afirmou que a concentração da insulina em jejum se situa entre 1 e 20 $\mu\text{UI/mL}$. A aveia e o farelo de biscoito, de acordo com o autor, saíram da faixa de concentração da insulina após a sua ingestão. Os outros alimentos se mantiveram dentro desta faixa. Frank (2009) verificou que valores normais de insulina são menores que 30 $\mu\text{UI/mL}$ e os resultados deste presente estudo encontraram-se nesta faixa.

Vervuert et al. (2004) avaliaram o efeito do processamento do milho na resposta glicêmica e insulinêmica nos equinos e observaram para a resposta insulinêmica no tempo zero os valores: 5,6, 4,3, 5,3, 5,0, 6,0 e 4,3 $\mu\text{UI/mL}$ para milho em grão, farelo de milho, milho cozido, milho micronizado, milho em flocos e milho prensado, respectivamente.

Aos 90, 120, 180 e 240 minutos após a alimentação dos animais, a resposta obtida com o consumo da casca de soja diferenciou estatisticamente da aveia. Essa diferença ocorreu porque a partir dos 90 minutos pós-prandial, os equinos que consumiram a aveia apresentaram o pico da resposta insulinêmica, enquanto no consumo dos outros alimentos, o pico da resposta ocorreu tardiamente.

Ao ocorrer o pico da resposta insulinêmica com o uso da aveia, aos 180 minutos após a alimentação, a casca de soja e a torta de girassol diferiram estatisticamente. A diferença máxima ocorreu aos 180 minutos em razão do aumento dos níveis de insulina sanguínea de equinos alimentados com aveia.

Aos 240 minutos pós-prandial, a resposta desencadeada pelo consumo da aveia entrou em declínio, mas a magnitude de resposta continuou superior aos demais alimentos, e somente não houve diferença estatística quando comparada a resposta obtida com o uso do farelo de biscoito.

Aos 300 minutos após a alimentação, as respostas obtidas com o uso dos co-produtos não diferiram estatisticamente da aveia, pois as respostas estavam retornando para os valores basais.

Observou-se um coeficiente de variação alto na Tabela 6. Este coeficiente de 88,19 é explicado pela dificuldade de realização e obtenção dos valores de resposta insulinêmica, falta de precisão, diferenças fisiológicas entre os equinos utilizados e até possíveis erros experimentais.

As curvas relacionadas ao efeito de tempo sobre a insulina sanguínea, para cada alimento testado, encontram-se na Figura 5.

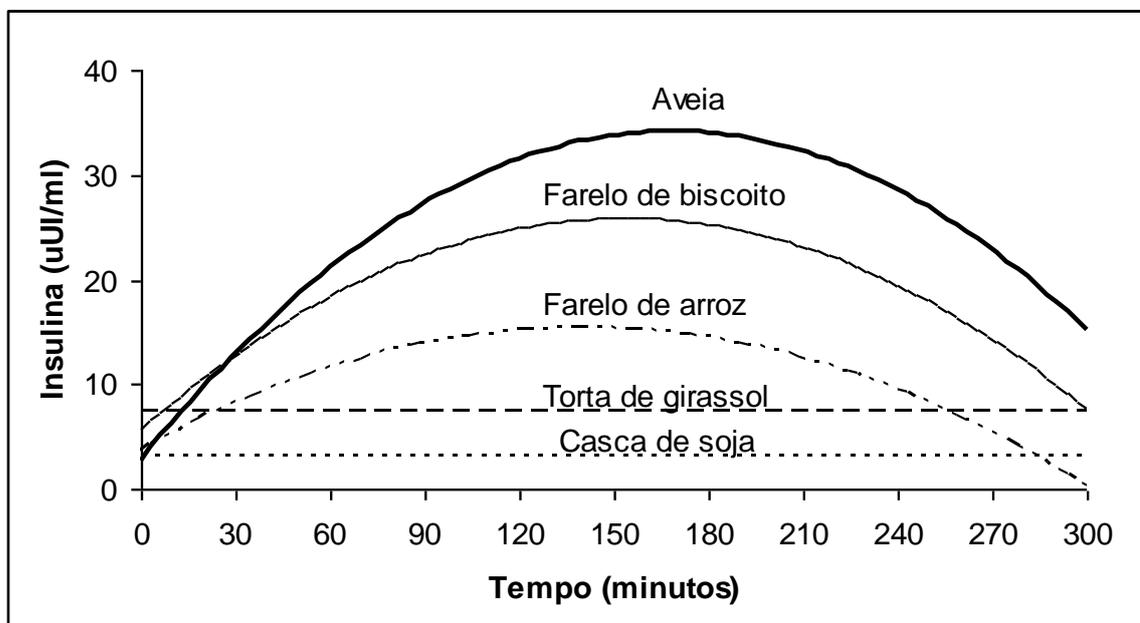


Figura 5. Modelos de regressão da insulina sanguínea de equinos em função de tempo, para cada alimento ingerido.

A resposta insulinêmica estimada do farelo de biscoito foi superior a resposta da aveia no momento inicial até o ponto de interseção que ocorreu entre as curvas, que ocorreu aos

29,81 minutos. Após este ponto, a resposta estimada da aveia foi superior do que todos os outros alimentos teste utilizados neste estudo. A magnitude da resposta insulinêmica obtida pelo consumo da aveia foi notória quando comparada às respostas obtidas pelo consumo dos co-produtos.

Os pontos máximos das respostas insulinêmicas obtidos para cada alimento consumido foi 169,29 minutos para aveia, 140,25 minutos para farelo de arroz e 153,43 minutos para farelo de biscoito. Estes tempos apresentados para cada alimento é o ponto da curva onde cada alimento alcança seu pico máximo de resposta.

Existe uma relação entre a curva insulinêmica média e a curva glicêmica média, indicando uma coerência entre os resultados experimentais. Essa simetria era esperada, pois o principal fator na liberação de insulina pelo pâncreas é a elevação da glicose no sangue (SILVA JUNIOR et al., 2005). No presente estudo, essa relação entre a curva glicêmica e a curva insulinêmica ocorreu com todos os alimentos utilizados.

As respostas obtidas com o uso da aveia, do farelo de biscoito e do farelo de arroz pela estatística apresentaram regressões quadráticas, enquanto as respostas ao uso da torta de girassol e da casca de soja não apresentaram equação de regressão, representados então como uma linha reta (Figura 5).

A falta de ajustamento dos modelos de regressão não foi significativa ($P > 0,05$) pelo teste F, indicando que os modelos de regressão foram adequados para estimar os valores de insulina em função do tempo. Como o modelo de regressão se ajusta aos dados, o R^2 de cada interação entre tempo e alimento foram altos ($R^2 = 0,9635$ para aveia, $R^2 = 0,7223$ para farelo de arroz e $R^2 = 0,8339$ para farelo de biscoito).

A resposta insulinêmica da polpa cítrica não foi possível ser observada, pois os animais não a consumiram, devido a sua baixa palatabilidade.

Hiney e Potter (1996), em revisão sobre as pesquisas da nutrição e metabolismo nos eqüinos atletas, concluíram que em contraste com a glicose sanguínea, a resposta dos níveis de insulina pós-prandial é frequentemente observada quando a disponibilidade de carboidratos na dieta aumenta devido a uma mudança em sua composição. Vervuert et al. (2009) avaliaram a resposta glicêmica e insulinêmica e descobriram que a resposta insulinêmica é mais informativa na determinação do efeito da alimentação com diferentes níveis de carboidratos não estruturais do que a resposta glicêmica sanguínea.

De acordo com Lindberg (2005) a resposta insulinêmica sugere uma influência significativa da composição de carboidratos da dieta na utilização de nutrientes pelos eqüinos.

Houve efeito isolado de alimento sobre a insulina sanguínea somente quando foi realizado o desdobramento das parcelas e subparcelas dentro de cada tempo. Após o desdobramento de cada parcela e subparcela, a casca de soja diferenciou estatisticamente da aveia (Tabela 7).

Tabela 7. Médias ajustadas de quadrados mínimos de insulina sanguínea ($\mu\text{UI}/\text{mL}$) de acordo com o alimento, independente de tempo.

Alimento	Insulina
Aveia	21,67
Farelo de arroz	9,56 ^{ns}
Farelo de biscoito	17,13 ^{ns}
Casca de soja	3,23*
Torta de girassol	7,31 ^{ns}

* - Médias diferem, na coluna, do alimento referência (aveia) pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} - Não significativo ($P > 0,05$) em relação ao alimento referência; Quadrado médio do resíduo da parcela = 990,7726; Grau de liberdade do resíduo da parcela = 15; Diferença mínima significativa = 17,52.

Observou-se efeito de tempo independente dos alimentos para a variável insulina (Figura 6). O R^2 deste modelo foi de 0,8754. Por este alto valor, a falta de ajustamento do modelo não foi significativa pelo teste F ($P > 0,05$).

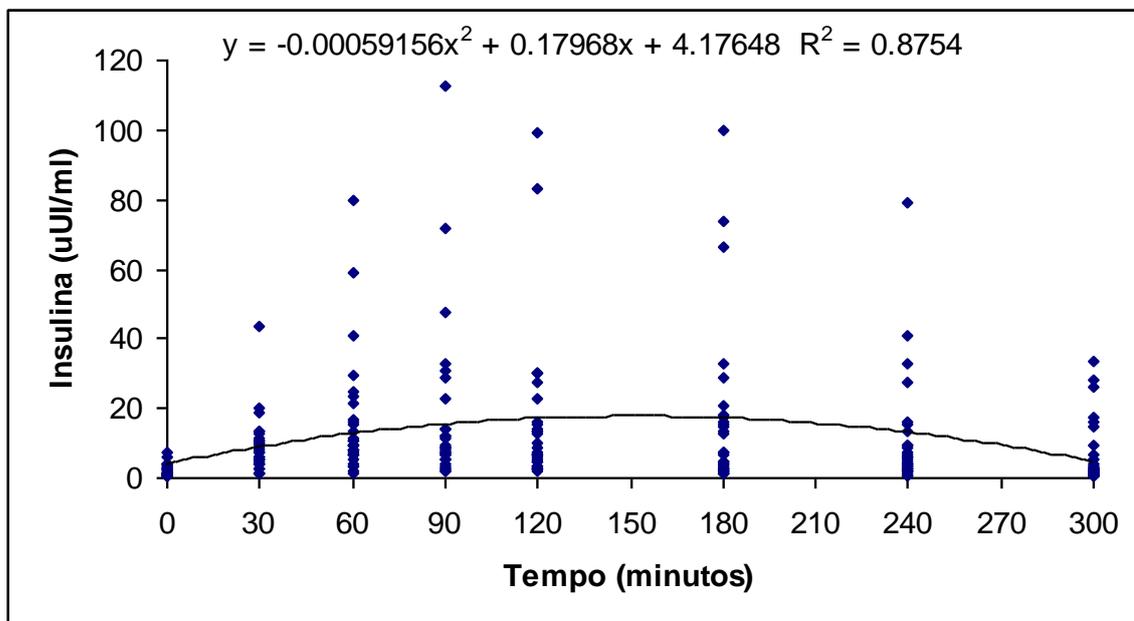


Figura 6. Efeito de tempo, independente de alimento para insulina.

5 CONCLUSÕES

O farelo de arroz e o farelo de biscoito, dentro dos tempos observados, quando comparados com a aveia, apresentaram maior quantidade de glicose até os primeiros trinta minutos pós-prandial e podem ser indicados para eqüinos que necessitem de maior quantidade de glicose rapidamente.

A casca de soja e a torta de girassol por apresentarem menores respostas glicêmicas e insulinêmicas, quando comparadas com a aveia, pode ser uma opção na alimentação de eqüinos em condição de manutenção.

O uso da polpa cítrica na alimentação de eqüinos necessita de novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ARAI, T. et al. Glucose transport and glycolytic enzyme activities in erythrocytes of two-year-old thoroughbreds undergoing training exercise. **Vet. Res. Commum**, n.18, p.417-422, 1994.
- ARAI, T. et al. Glycolytic enzyme activities in leukocytes of thoroughbreds undergoing training exercise. **J. Equine Sci.**, v.8, n.4, p.113-116, 1997.
- ARNOLD, F. F. et al. Carbohydrate digestion in the small and large intestine of the equine. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 17., 1981, Warrenton, Virginia. **Proceedings...** Warrenton, Virginia., USA, 1981. p. 19-22.
- AROSEMENA, A.; et al. Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.54, p.103-120, 1995.
- ASSIS. A. J. **Polpa cítrica em dietas de vacas em lactação**. 2001. 65p. Tese (Magister Scientiae em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- BEARDSALL, K. et al. Applied physiology of glucose control. **Curr. Paediatr.**, v.16, p.464-438, 2006.
- BORER, K. E. et al. Seasonal influence on insulin and cortisol results from overnight dexamethasone suppression tests (DST) in normal and previously laminitic ponies. **J. Vet. Intern. Med.** n.24 p.779, 2010.
- BORGIA, L. et al. Glycaemic and insulinaemic responses to feeding hay with different non-structural carbohydrate content in control and polysaccharide storage myopathy-affected horses. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v., 95, n. 6, p. 798–807, Dec. 2011.
- BURGI, R. Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p.101-117.
- CARCIOFI, A. C. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. **R. Bras. Zootec.**, v.37, supl. esp., p.28-41, 2008.
- CARVALHEIRA, J. B. et al. Vias de sinalização da insulina. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, v.46, n.4, p.419-425, 2002.
- CARVALHO, P. M. Citrus. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS E BENEFICIAMENTO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS, 6., 1995, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.171-214.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalos**. 2011.

- CUNILLERAS, J. E. Glicemia e metabolismo dei carboidrati nel cavallo atleta. **Proceedings of the annual meeting of the Italian Association of Equine Veterinarians**, Bologna, Italy, 2009.
- DILL, A. F. **Resposta Glicêmica de éguas mantidas em repouso e alimentadas com grãos energéticos**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.
- DUREN, S. Delivering essential nutrients to Young, growing horses. In: PAGAN, J. D. (ed.) **Advances in Equine Nutrition: Proceedings of the Kentucky Equine Research Nutrition Conferences**. Nottingham: Nottingham University Press, 1998. 566p.
- ESTEVES, S. N. Concentrados protéico-energéticos mais utilizados na formulação de rações para bovinos. In: **Semana do Estudante: Alimentação de Bovinos na Seca nos Sistemas Intensivos de Produção**, 14., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx#ancor>> Acesso em: 29/11/11.
- FORD, E. J. H.; SIMMONS, H. A. Gluconeogenesis from caecal propionate in the horse. **British Journal of Nutrition**, v.53, p.55-60, 1985.
- FRANK, N. Equine Metabolic Syndrome. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.29, n.5, p.259-267, 2009.
- FRAPE, D. Ingredients of horse feeding. In: FRAPE, D. (Ed.) **Equine nutrition and feeding**. Essex: Longman Scientific and Technical, 2007. 376p.
- GEORGE, L. A. et al. Evaluation of the effects of pregnancy on insulin sensitivity, insulin secretion, and glucose dynamics in Thoroughbred mares. **Am J. Vet. Res.**, n.72, p.666-674, 2011.
- GEORGE, L. A. et al. Insulin sensitivity and glucose dynamics during pre-weaning foal development and in response to maternal diet composition. **Domest. Anim, Endocrinol.**, n.37, p.23-29, 2009.
- GLINSKY, M. J. et al. Measurement of volatile fatty acid production rates in the cecum of the pony. **J. Anim. Sci.**, v.42, p.1465-1470, 1976.
- GOBESSO, A. A. O. **Digestibilidade total e parcial do amido de diferentes fontes energéticas em equinos fistulados no íleo**. 2001. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pirassununga, 2001.
- GOBESSO, A. A. O. et al. Resposta plasmática de glicose e insulina em equinos alimentados com diferentes fontes de amido. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, v.46, n.4, p.324-331, 2009.
- GONÇALVES, M. B. F. et al. **Nutrição Animal**. 2. versão. Santa Maria: UFSM, 2005. (Apostila).

- GORDON, M. E. et al. The effects of feed form on consumption time and glucose and insulin response to a concentrate meal in equine. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.28, n.5, p.289-294, 2008.
- HARRIS, P. et al. Counter measures for pasture associated laminitis in ponies and horses. **J. Nutr.**, v.136, p.2114S-2121S, 2006.
- HARRIS JUNIOR, B.; STAPLES, C. R. **Feeding by-product feedstuffs to dairy cattle**. Gainesville: University of Florida, 1993. 6p.
- HINEY, K. M., POTTER, G. D. A review of recent research on nutrition and metabolism in the athletic horse. **Nutr. Res.**, v.9, p.149-173, 1996.
- HINTZ, H. F. et al. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies fed diets with varying roughage-grain ratios. **Journal of Animal Science**, n.32, p.245-248, 1971.
- HOFFMAN, R. M. et al. Hydrolyzable carbohydrates in pasture, hay, and horses feeds: direct assay and seasonal variation. **Journal of Animal Science**, v.79, p.500-506, 2001.
- HOFFMAN, R. M. et al. Obesity and diet affect glucose dynamics and insulin sensitivity in thoroughbred geldings. **Journal of Animal Science**, v.81, n.9, p.2333-2342, 2003.
- HOUSEHOLDER, D. D. **Prececal, postileal and total tract digestion and growth performance in horses fed concentrate rations containing oats or sorghum grain processed by crimping or micronizing**. 1978. Dissertação (PhD) - Texas A & M University, College Station, Estados Unidos, 1978.
- KANEKO, J. J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. San Diego: California: Elsevier, 2008.
- KIENZLE, E. Small intestinal digestion of starch in the horse. **Revue Méd. Vét.**, n. 145, p.199-204, 1994.
- KIENZLE, E. et al. Praeileale Starkeverdauung in Abhängigkeit von Starkeart und -zubereitung (Pre-ileal starch digestion in relation to source and preparation of starch). In: EUROPAISCHE KONFERENZ UBER DIE ERNAHRUNG DES PFERDES, 1. 1992, Hannover. **Annales...** Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover, 1992. p.103-106.
- KRONFELD, D. A practical method for ration evaluation and diet formulation: an introduction to sensitivity analysis In: PAGAN, J. D. (ed.) **Advance on equine nutrition II**. Versailles, Kentucky: Kentucky Equine Research, 2001. p.13-28.
- LAWRENCE, L. et al. Feeding status affects glucose metabolism in exercising horses. **J. Nutr.**, n.123, p.2152-2157, 1993.
- LEMONS, C. M. **Efeito do pd 153035, um inibidor da tirosina quinase, na sinalização da insulina e metabolismo da glicose**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, 2006.

- LINDBERG, J. Use of non-starch carbohydrate energy sources in performance horse feeds In: PAGAN, J. D. (ed.) **Advances in Equine Nutrition III**. Nottingham: Nottingham University Press, 2005. p.249-264.
- LONGLAND, A. C.; BYRD, B. M. Pasture nonstructural carbohydrates and equine laminitis. **Journal Nutrition**, v.136, p.2099S-2102S, 2006.
- MANZANO, A. et al. Polpa de Citros Peletizada na Alimentação de Equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.6, p.1327-1332, 1999.
- MCMENIMAN, N. P. et al. Synthesis and absorption of cysteine from the hindgut of the horse. **Equine Vet. J.**, n.19, p.192-194, 1987.
- MEYER, H. **Alimentação de Cavalos**. São Paulo: Livraria Varela, 1995. 303 p.
- MEYER, H. et al. Investigations on preileal digestion of oats, corn and barley starch in relation to grain processing. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 13., 1993, Florida, Estados Unidos. **Proceedings...** Florida, Estados Unidos, 1993. p. 92-97.
- MORGADO, E. S. et al. Digestão de carboidratos em equinos alimentados com dietas compostas de volumoso ou volumoso suplementado com concentrado e/ou óleo de soja. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.5, p.1112-1119, 2009.
- MURPHY, D. et al. The effect of age and diet on the oral glucose tolerance test in ponies. **Equine Vet. J.**, v.29, n.6, p.467-470, 1997.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of horses**. 6. ed. rev. Whashington DC, 2007.
- NIELSEN, B. D. et al. Glycemic and Insulinemic responses are affected by age of horse and method of feed processing. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.30, n.5, 2010.
- OLIVEIRA, M. D. S. et al. Composição bromatológica e digestibilidade ruminal in vitro de concentrados contendo diferentes níveis de torta de girassol. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.629-638, out/dez, 2007.
- OLIVEIRA, M. D. S.; CÁRCERES, D. R. **Girassol na alimentação de bovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 2005. 20p.
- PAGAN, J. D. et al. Feed type and intake affect glycemic response in thoroughbred horses. **Proc. Equine Nutr. Physiol. Soc.** n.16, p.149-150, 1999.
- PASSINI, R. et al. Efeitos da substituição parcial do milho na dieta pelo resíduo de panificação sobre o desempenho de novilhos da raça Holandesa. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.36; n.4; p.689-694, abr. 2001.
- PERALI, C. et al. Valores nutricionais de alimentos para equinos. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.25, n.5, p.1216-1224, set/out., 2001.

- PEREIRA, L. G. R. et al. **Aproveitamento dos co-produtos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. (Documentos Embrapa)
- PESTANA, V. R. et al. Farelo de Arroz: Características, Benefícios à Saúde e Aplicações. **B. CEPPA**, Curitiba, v.26, n.1, p.29-40, 2008.
- PICOLLI, L. S.; CIOCCA, M. L. S. Métodos para avaliação de fibra alimentar. In: **Tópicos em produção animal I**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.307-320.
- POTTER, G. D. et al. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. In: EUROPEAN CONFERENCE ON HORSE NUTRITION, 1., 1992, Pferdeheilkunde. **Proceedings...** Pferdeheilkunde, 1992. p.107-111.
- QUADROS, J. B. S. 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. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.3, p.564-574, 2004.
- QUEIROZ, J. F. de. **Secreção e sensibilidade periférica à insulina e hormônios contra-regulatórios do morcego hematófago *Desmodus rotundus***. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- RADICKE, S. et al. Preileal apparent digestibility of oats and corn starch and consequences for cecal metabolism. In: EQUINE NUTRITION AND PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 12., 1991, Calgary. **Proceedings...** Calgary, Canada, 1991. p. 43.
- RALSTON, S. L. Factors affecting glucose and insulin metabolism in young horses. **Pferdeheilkunde**, v.21, p.83-86, 2005.
- RANKIN, J. W. Glycemic index and exercise metabolism. **Sports Science Exchange**, v.10, n.1, 1997.
- ROBINSON, E. **Current Therapy in Equine Medicine**. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1992. 847 p.
- RODIEK, A. V.; STULL, C. L. Glycemic Index of ten common horse feeds. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 27, n.5, p.205-211, 2007.
- SILVA, C. A.; AGOSTINI, P. S. Utilização da torta de girassol em suínos. **Pubvet**, v.1, n.11, 2007.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA JÚNIOR, J. W. et al. S. Digestibilidade de dietas com diferentes fontes de carboidratos e sua influência na glicemia e insulinemia de cães. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 436-443, mar./abr.,2005.

- SILVA, Z. F. **Torta de girassol na alimentação de vacas em lactação**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2004.
- SILVEIRA, G. B. et al. Avaliação dietética de amidos pelas respostas glicêmica e insulinêmica em cães. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n.5, p.595-601, 2004.
- STANIAR, W. B. et al. Glucose and insulin responses to different dietary energy sources in Thoroughbred broodmares grazing cool season pasture. **Livest. Sci.**, v. 111, p.164-171, 2007.
- STULL, C. L.; RODIEK, a. V. Stress and glycemic responses to postprandial interval and feed components in exercising horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.15, p.382-386, 1995.
- SWENSON, M. J. et al. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.
- TREIBER, K. H. et al. Seasonal change in energy metabolism of ponies coincides with changes in pasture carbohydrates: Implications for laminitis. **J. Vet. Intern. Med.**, v.22, n.3, p.735-736, 2008.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VERVUERT, I. et al. Effects of oat processing on the glycaemic and insulin responses in horses. **J. Anim. Physiol. a Anim. Nutr.**, n.87, p.96-104, 2003.
- VERVUERT, I. et al. Effects of corn processing on the glycaemic and insulinaemic responses in horses. **J. Anim. Physiol. a Anim. Nutr.**, n.88, p.348-355, 2004.
- VERVUERT, I.; et al. Effects of feeding state on glycaemic and insulinaemic responses to a starchy meal in horses: a methodological approach. **The Animal Consortium**, v.3:9, p.1246-1253, 2009.
- VERVUERT, I. et al. Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. **Veterinary Journal**, n. 182, p.67–72, 2009.
- VERVUERT, I. et al. Glycaemic and insulinaemic responses to mechanical or thermal processed barley in horses. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, n. 91, p.263-268, 2007.
- WILLARD, J. G. et al. Effect of diet on cecal pH and feeding behavior of horses. **J. Anim. Sci.**, n.45, p.87-93, 1977.
- WITHAN, C. L.; STULL, C. L. Metabolic responses of chronically starved horses to refeeding three isoenergetic diets. **Journal of America Veterinary Medicine Association**, v.212, n.5, p.691-696, 1998.
- ZEYNER, A. et al. Effect of feeding exercised horses on high-starch or high-fat diets for 390 days. **Equine Vet. J. Suppl.**, n.34, p.50-57, 2002.

ZEYNER, A. et al. Glycemic and insulinaemic response of Quarter Horses to concentrates high in fat and low in soluble carbohydrates. **Equine Vet. J. Suppl.**, n.36, p.643–647, 2006.

ANEXO

Equações Quadráticas de Regressão

Equações para Glicose

Aveia

$$\hat{y} = 85,85823 + 0,53499x - 0,00169x^2$$

Farelo de Arroz

$$\hat{y} = 89,84529 + 0,43726x - 0,00154x^2$$

Farelo de Biscoito

$$\hat{y} = 87,27381 + 0,42171x - 0,00131x^2$$

Polpa Cítrica

$$\hat{y} = 85,97708$$

Casca de Soja

$$\hat{y} = 90,02083$$

Torta de Girassol

$$\hat{y} = 91,4477 + 0,14120x - 0,000497x^2$$

Equações para Insulina

Aveia

$$\hat{y} = 2,74804 + 0,37243x - 0,00110x^2$$

Farelo de Arroz

$$\hat{y} = 3,67938 + 0,16671x - 0,00059434x^2$$

Farelo de Biscoito

$$\hat{y} = 5,82554 + 0,26185x - 0,00085331x^2$$

Casca de Soja

$$\hat{y} = 3,22917$$

Torta de Girassol

$$\hat{y} = 7,30583$$