

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**DIGESTIBILIDADE PRÉ-CECAL DO AMIDO DE MILHO (*Zea mays*)
E MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) EM EQUINOS (*Equus
caballus*)**

CARLOS SÉRGIO SARDINHA DOS SANTOS

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
AGOSTO – 2013**

**DIGESTIBILIDADE PRÉ-CECAL DO AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) EM EQUINOS (*Equus caballus*)**

CARLOS SÉRGIO SARDINHA DOS SANTOS

Médico Veterinário

Universidade Federal da Bahia – Escola de Medicina Veterinária - 2003

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Jorge C. de Oliveira

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Soraya M. P. Luz Jaeger

CRUZ DAS ALMAS – BA

AGOSTO – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

S237

Santos, Carlos Sérgio Sardinha dos.

Digestibilidade pré-cecal do amido de milho (*Zea mays*) e de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em eqüinos (*Equus caballus*) / Carlos Sérgio Sardinha dos Santos. – Cruz das Almas, BA, 2013.

54f.; il.

Orientador: Gabriel Jorge de Oliveira Carneiro.

Coorientadora: Soraya Maria Palma Luz Jaeger.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

I.Equino - Nutrição animal. 2.Equino – Digestibilidade – Alimentação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.
II.Título

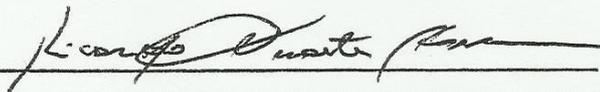
CDD: 636.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO

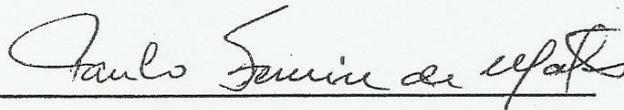
COMISSÃO ORGANIZADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
CARLOS SÉRGIO SARDINHA DOS SANTOS



Prof. Dr. GABRIEL JORGE C. DE OLIVEIRA
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientador)



Prof. Dr. RICARDO DUARTE ABREU
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



Prof. Dr. PAULO FERREIRA MATOS
Universidade Federal da Bahia

CRUZ DAS ALMAS – BA
AGOSTO – 2013

“Ontem, eu fiquei horas esquecidas assistindo ao trabalho das formigas, indiferentes a tudo, na sua meta de construir. E aprendi o quanto é importante fazer... Fazer sempre e de tudo para alcançar os galhos mais altos da árvore da vida e melhor se alimentar do fruto ali quase esquecido: a paz.

Oh, Deus! Torna-me indiferente a tudo que não seja construir com meu trabalho um mundo novo, onde só pessoas, bichos e coisas existam porque amam e entendem o amor como único sentido da vida.”

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO..... 1

REVISÃO DE LITERATURA..... 3

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 10

Capítulo 1

ÍNDICES GLICÊMICOS EM EQUINOS (*Equus caballus*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)..... 14

Capítulo 2

INDIVIDUALIDADE DA RESPOSTA GLICÊMICA E pH FECAL EM EQUINOS (*Equus caballus*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz).....30

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 45

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Descrição das dietas experimentais contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	19
Tabela 2. Glicemia em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca em função do tempo de coleta de sangue.....	21
Tabela 3. Pico de glicemia em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	24
Tabela 4. Incremento glicêmico em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	25
Tabela 5. Descrição das dietas experimentais contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	35
Tabela 6. Glicemia de equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	37
Tabela 7. Efeito da individualidade sobre o pico de glicemia de equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	38
Tabela 8. Efeito da individualidade sobre o incremento glicêmico de equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	39
Tabela 9. pH fecal de equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	40

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Curvas de glicemia em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca.....	23
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

DIGESTIBILIDADE PRÉ-CECAL DO AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) EM EQUINOS (*Equus caballus*)

Autor: Carlos Sérgio Sardinha dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

RESUMO:

Objetivou-se comparar a digestibilidade pré-cecal de dietas contendo níveis de inclusão (0,4, 0,6 ou 0,8% do PV) de amido (milho ou mandioca) na alimentação de equinos. Foram utilizados sete equinos, sem raça definida, em quadrado latino (7x7) em esquema de parcelas subdivididas no tempo (sete equinos, sete tratamentos). O experimento foi realizado na Fazenda Coronel Antídio, sede do Pelotão de Cavalaria da Polícia Militar da Bahia, distrito de Maria Quitéria, Feira de Santana – Bahia. As variáveis estudadas foram a glicemia, o pico de glicemia e o incremento glicêmico, o efeito da individualidade sobre a glicemia, pico de glicemia e incremento glicêmico, além do pH Fecal. O amido de mandioca no nível de 0,4% do PV na dieta induziu ($p < 0,05$) maiores índices glicêmicos em relação ao amido de milho com mesmo nível de inclusão. O amido de milho no nível de 0,6% do PV, comparado ao amido de mandioca em nível correspondente, demandou maior tempo para o retorno da glicemia dos equinos aos valores normais. Os animais 3 e 6 apresentaram ($p < 0,05$) as menores respostas glicêmicas, em ordem crescente, respectivamente. Os níveis de amido de milho e de mandioca não promoveram variações no pH fecal.

Palavras-chave: cavalos, carboidratos solúveis, glicemia, pH fecal.

DIGESTIBILITY PRECAECAL STARCH CORN (*Zea mays*) AND CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) IN EQUINE (*Equus caballus*)

Author: Carlos Sérgio Sardinha dos Santos

Adviser: Prof. Dr. Gabriel Jorge Carneiro de Oliveira

ABSTRACT:

This study aimed to compare the pre-cecal digestibility of diets with inclusion levels (0.4, 0.6 or 0.8% of BW) of starch (corn or cassava) for horse feeding. Were used seven mongrel horses, on Latin square (7x7) in a split-plot in time (seven horses, seven treatments). The experiment was conducted at Fazenda Antidio Colonel, Cavalry Platoon headquarters of the Military Police of Bahia, Brasil, Maria Quitéria district, Feira de Santana - Bahia. The variables assessed were glucose, peak glucose and increased glucose, the effect of individuality on blood glucose, peak glucose and glycemic increment, beyond Fecal pH. Cassava starch in 0.4% of BW in the diet, had induced ($p < 0.05$) higher glycemic index in relation to the cornstarch with the same level of inclusion. The cornstarch in the level of 0.6% of BW, compared to cassava starch in the corresponding level, required more time for the return of blood glucose to normal horses. The animals 3 and 6 exhibited ($p < 0.05$) the lowest glycemic responses, in ascending order, respectively. The levels of corn starch and cassava did not cause variations in faecal pH.

Key-words: horses, fecal pH, glycemia, soluble carbohydrates.

INTRODUÇÃO GERAL

A alimentação dos equinos (*Equus caballus*) vem sendo artificializada pelo homem, em detrimento da saúde e bem estar da espécie equina. A intensificação do manejo nutricional, às vezes equivocada, é resultado de uma maior popularização dos esportes e atividades equestres nos últimos anos, em todas as classes sociais, nas suas diversas modalidades.

Os equinos são herbívoros monogástricos, de grande porte, cuja principal utilidade fundamenta-se na atividade física. Portanto, quanto maior a intensidade do trabalho a que forem submetidos, maiores serão seus requerimentos em energia. Daí, 80 a 90% de toda sua ingesta ser destinada a suprir suas necessidades energéticas (Lewis, 2000).

A digestibilidade da fibra vegetal, disponível nas pastagens e alimentos volumosos, apesar de baixa, é suficiente para atender as exigências dos equinos em regime de manutenção (Meyer, 1995), mas esta fonte de energia não supre as exigências energéticas de animais de alto desempenho, sendo necessário aumentar a densidade energética da dieta, o que tradicionalmente é feito com a adição de grãos ou cereais, que contêm grandes quantidades de açúcares e amido (NRC, 2007).

O advento dos esportes equestres de alto desempenho, e consequente estabulação e frequente traslado de animais atletas, levou o homem a alimentá-los como monogástricos não herbívoros (Leite Filho, 2004), arraçoando-os com dietas a base de grãos ricos em amido e deficientes em fibra vegetal (Meyer, 1995).

O incremento nos níveis de energia da dieta é fator preponderante na alimentação de cavalos atletas. O alimento utilizado como fonte de energia

prontamente metabolizável, quase que exclusivamente, tem sido o amido. Diferentes fontes e níveis de amidos na composição da dieta podem ocasionar diferentes respostas nos níveis de glicemia e no pH fecal destes animais.

Objetivou-se comparar a digestibilidade pré-cecal de diferentes fontes e níveis de amido na dieta do cavalo, através dos índices glicêmicos e do pH fecal.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Peculiaridades digestivas nos equinos

Os equinos, enquanto animais herbívoros, não ruminantes, de grande porte, possuem peculiaridades que os tornam diferentes dos demais monogástricos, bem como características que os assemelham aos ruminantes (Leite Filho, 2004).

A apreensão dos alimentos é realizada com o auxílio dos lábios, língua e dentes. A grande mobilidade dos lábios permite ao equino selecionar os alimentos mais palatáveis. A duração da mastigação varia com a natureza dos alimentos, produzindo de 10 a 50 litros de saliva (Meyer, 1995). A saliva, nos herbívoros, apesar da presença da amilase salivar em sua composição, possui funções mais mecânicas, transformando os alimentos, em geral secos, em algo facilmente deglutível (Gürtler et al, 1987).

O estômago dos equinos é considerado, relativamente, pequeno para receber sobrecargas de alimentos concentrados em curtos espaços de tempo, tal como geralmente ocorre nos manejos mais artificializados. O compartimento gástrico corresponde de 8 a 10% do total do trato digestório, contendo uma recepção contínua de pequenas quantidades de alimento (Cunha, 1991). Segundo Meyer (1995), a taxa de passagem no estômago é de 1 a 5 horas.

Os processos digestórios no estômago são realizados por uma atividade simultânea de enzimas alimentares e suco gástrico (pepsina + ácido clorídrico). Após a ação do suco gástrico sobre os alimentos, decompondo-os em frações mais simples, o estômago, através de seus movimentos peristálticos, conduz o alimento em direção ao esfíncter pilórico (Meyer, 1995).

No intestino delgado ocorre a digestão enzimática (proteases, lipases e amilases), promovida pela ação do suco entérico, produzido pelas glândulas de

sua parede; pelas enzimas do suco pancreático, e pela bile, cuja atividade é emulsionar a gordura dos alimentos. Os equinos não possuem vesícula biliar, mas a secreção da bile e do suco pancreático é contínua (Morgado, 2007).

O intestino grosso dos equinos é bastante desenvolvido, correspondendo a 60% do volume de todo trato gastrintestinal (Meyer, 1995). O ceco é a câmara fermentadora do cavalo, sendo que a população microbiana assemelha-se a do rúmen. Neste compartimento os carboidratos estruturais dos alimentos volumosos são desdobrados pela ação dos microrganismos e absorvidos na forma de ácidos graxos voláteis, principalmente acetato, propionato e butirato (Hintz et al, 1971).

O maior tempo de retenção do alimento ocorre no ceco e no cólon, correspondendo a 35 horas, em média (Weynberg, Sales e Janssens, 2006). Segundo Meyer (1995) a anatomia e motilidade do ceco e do cólon favorecem uma taxa de passagem mais lenta em relação às demais porções do trato gastrintestinal. Esse período mais longo de permanência da digesta no ceco-colón favorece uma melhor ação das pectina-metilesterases e poli-galacturonases, enzimas bacterianas que atuam na degradação dos componentes da parede celular (Berchielli, Pires e Oliveira, 2006).

No trecho final do intestino grosso a maior parte da fração líquida da digesta é absorvida, promovendo assim o formato, consistência e o odor característicos das fezes. A defecação é um ato reflexo fisiológico, desencadeado pela repleção da ampola retal, ocorrendo de 7 a 12 vezes por dia a depender da quantidade e qualidade da ingesta (Thomassian, 1996).

2. Características da molécula do amido

O amido é um polímero de moléculas de glicose que se deposita como reserva energética nas sementes, raízes, tubérculo ou caules dos vegetais superiores (Zeoula e Caldas Neto, 2001). Sua molécula é composta de átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio de acordo com a seguinte fórmula básica: $(C_6H_{10}O_6)_n$. Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), suas unidades monoméricas estão unidas através de ligações glicosídicas, formando um composto de dois

tipos principais de moléculas, basicamente, com perfis bioquímicos distintos, bem como proporções, entre si, variáveis nas suas fontes diversas: A amilose e a amilopectina

A amilose é um polímero linear contendo até 6000 unidades monoméricas de D-glicose ligadas por ligações do tipo α 1-4. Em geral, os grãos e cereais contêm na composição da molécula de amido uma maior quantidade de amilose em relação ao amido presente nos tubérculos como mandioca e batata (Zeoula e Caldas Neto, 2001).

A amilopectina é um polímero ramificado de moléculas de glicose, e geralmente é encontrada em maior proporção nas moléculas de amido em relação à amilose. Sua estrutura consiste de 10 a 60 unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas tipo α 1-4, com ramificações inseridas através de ligações do tipo α 1-6. As moléculas de amilose e amilopectina do amido são mantidas juntas através de formação de pontes de hidrogênio entre os grupamentos hidroxila das moléculas de glicose (Stryer, 1996).

Swinkels (1985) constatou que o amido de mandioca possui 17% de amilose e 83% de amilopectina, enquanto que o amido de milho possui 28% e 72%, respectivamente.

3. Digestibilidade pré-cecal do amido em equinos

A digestão nos equinos pode ser dividida em pré-cecal, onde ocorre intensa produção enzimática, e pós-ileal, onde o processo de digestão é fundamentalmente microbiano, semelhante ao que ocorre nos ruminantes. O amido e açúcares são digeridos e absorvidos no intestino delgado (Meyer, 1995).

Segundo Pagan (2001) os equinos digerem mais de 95% dos carboidratos não estruturais. Afirma ainda que os monossacarídeos são os únicos carboidratos absorvidos no intestino delgado.

Frações maiores do amido que escapam à digestão pré-cecal são fermentadas anaerobicamente na porção ceco-cólica, juntamente com os

carboidratos estruturais da parede celular, produzindo ácidos graxos voláteis (Meyer, 1995).

Dietas contendo grandes quantidades de amido comprometem a digestão no intestino delgado dos equinos, aumentando a quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis no ceco-cólon, o que pode causar alterações metabólicas como endotoxemia, cólicas e laminite. A capacidade crítica para a sobrecarga de amido na dieta foi estimada por Potter et al (1992) em 0,4% do peso vivo dos equinos.

Em um estudo de digestibilidade pré-cecal, comparando fontes de amido e níveis de inclusão de 0,2, 0,3, 0,4 e 0,5% do peso vivo (PV) na dieta de pôneis, Leite Filho (2004) recomendou que níveis de inclusão superiores a 0,5% do PV podem ser oferecidos aos animais, sendo necessário, entretanto, o estudo dos níveis seguros de adição deste alimento, já que o aumento no escape pré-cecal pode acarretar diversos distúrbios digestivos e metabólicos.

A estrutura do amido (amilose + amilopectina) é clivada na cavidade duodenal pelas enzimas α -amilases, endoglicosidases, secretadas pelo pâncreas. Tais enzimas hidrolisam as ligações α -1-4 glicosídicas da molécula do amido, originando dissacarídeos, trissacarídeos e α -dextrinas, que posteriormente sofrem hidrólise pela ação complementar de outras enzimas (Gray, 1992).

Swenson e Reece (1988) citam que a α -amilase pancreática não origina nenhuma glicose livre. As frações dos carboidratos formadas pela amilase precisam ainda ser degradadas em monossacarídeos para que possam ser absorvidas pela mucosa intestinal. Essa degradação é realizada por sacaridases específicas.

As ligações α 1- 4 glicosídicas localizadas no interior da molécula de amido são hidrolisadas pela α -amilase (endoamilase), formando maltose e dextrina ramificada e linear. A glicoamilase (exoamilases) atuam nos resíduos de glicose terminais, produzindo maltose e glicose, respectivamente. No final deste processo, as amiloglicosidases intestinais hidrolisam as dextrinas, formando glicose (Moreira, 1993).

Apesar da digestibilidade total do amido ser alta, podendo variar de 87 a 100%, os equinos possuem baixa atividade da enzima α -amilase pancreática, o que pode comprometer a digestibilidade pré-cecal de dietas com altas

quantidades ou fontes morfológicamente complexas deste alimento (Meyer, 1995).

Fontes de amido com maior percentual de amilopectina, em geral, apresentam maior digestibilidade em relação às fontes com menor teor deste componente (Rooney e Pflugfelder, 1986). Isso se deve ao fato das enzimas de degradação localizadas no intestino delgado que agem exclusivamente sobre os terminais não-redutores, isto é, sobre os pontos de ramificação da molécula de amilopectina, conseguirem hidrolisar simultaneamente várias ligações do tipo α 1-6, presentes em tais ramificações, acelerando a conversão do polímero em monossacarídeo (Lehninger, Nelson e Cox, 2002).

Um maior percentual de amilose na composição do amido permite uma maior formação de pontes de hidrogênio. As moléculas de amilose se inserem no interior das moléculas de amilopectina aumentando ainda mais a quantidade de pontes de hidrogênio no interior da molécula de amido, o que dificulta a atividade enzimática (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Leite Filho (2004) constatou que o amido de mandioca proporcionou picos de glicemia em equinos superiores aos valores obtidos pelo amido de milho. O mesmo autor salientou ainda que à medida que se eleva o nível de inclusão de amido na dieta ocorre uma maior resposta glicêmica, o que vem a indicar uma maior disponibilidade de glicose a nível pré-cecal.

4. Glicemia pós-prandial em equinos

Após o período de jejum, quando da ingestão de amido e açúcares pelo equino, a glicemia torna-se dependente do equilíbrio entre a concentração de glicose sanguínea (absorvida da dieta + glicose endógena) e a concentração de insulina (Argenzio e Hintz, 1970).

O tempo de resposta e o conseqüente incremento na curva de glicemia são determinados pela quantidade de amido presente na alimentação (Torral, Furlan e Scapinello 2002). Contudo, Loeb, Mckenzie e Hoffsis (1971) afirmam que a concentração glicêmica varia em função da velocidade de ação das α -amilases e

da absorção da glicose gerada através da hidrólise do amido. Ainda segundo Loeb, Mckenzie e Hoffsis (1971) observou-se que o crescimento da curva glicêmica ocorre após 15 minutos da ingestão do amido, atingindo o pico máximo entre 45 a 60 minutos, decrescendo em seguida pela ação da insulina até atingir os níveis anteriores ao fornecimento da dieta.

Alguns autores encontraram um tempo médio de pico de glicose sanguínea em equinos entre 2 a 3 horas após a ingestão de amido (Stull e Rodiek, 1988; Witham e Stull, 1998).

Segundo Hintz (1983), após 3 a 4 horas da ingestão do amido, em equinos, a concentração de glicose sanguínea se eleva induzindo uma resposta insulínica. A insulina reduz prontamente a glicemia.

Dietas ricas em amido elevam abruptamente a concentração da glicose sanguínea, porém, ao estimular forte e imediata resposta insulínica, causam grandes flutuações na curva glicêmica, o que pode resultar em algumas alterações metabólicas nos equinos (Williams, Krinfeld e Staniar, 2001).

Variações observadas nos níveis plasmáticos de insulina após a digestão pré-cecal de diferentes fontes de amido na dieta de equinos são indicativas de que um manejo alimentar apropriado pode influenciar tanto os níveis basais como os picos deste hormônio, moderando seus efeitos indesejáveis (Gobesso, Etchichury e Tosi, 2009).

5. Escape pré-cecal e pH fecal em equinos

Parte da dieta com alto nível de carboidrato solúvel pode sofrer escape da digestão pré-cecal indo direto para o intestino grosso, provocando alteração na população bacteriana e aumentando a multiplicação de bactérias produtoras de ácido láctico, o que pode levar a quadros de abdômen agudo, pododermatite asséptica difusa ou acidose láctica (Leite Filho, 2004).

Araújo (2004) concluiu que a quantidade de amido consumida por refeição pode afetar a digestibilidade pré-cecal. O mesmo autor verificou que equinos arraçados com altos níveis de amido (3 a 4 g/Kg do PV) tiveram a capacidade de

digestão deste alimento no intestino delgado excedida, resultando em uma acentuada redução do pH cecal, o que sugere escape do amido para o ceco.

Richards, Hinch e Rowe (2006), propuseram a mensuração do pH fecal como método satisfatório e não invasivo para quantificação indireta de acidose no intestino grosso de equinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, K. V. **Nutrição do cavalo atleta**. In: Ronaldo Lopes de Oliveira, Gumercindo Lorian Franco, Marco Aurélio Alves de Freitas Barbosa. (Org.). Zootec - A Zootecnia e o Agronegócio. Brasília: UPIS-ABZ-ZOODF, 2004.

ARGENZIO, R. A; HINTZ, H. F. Glucose tolerance and effect of volatile fatty acid on plasma glucose concentration in ponies. **Journal Animal Science**. v. 30, n. 4, p. 514-518, 1970.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

CUNHA, T. J. **Horse feeding and nutrition**. Londres: Academy Press, 2^a ed, 1991. 445p.

GOBESSO, A. O; ETCHICHURY, M; TOSI, H. Resposta plasmática de glicose e insulina em eqüinos alimentados com diferentes fontes de amido. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v. 46, n. 4, p. 324-331, 2009.

GRAY, G. M. Starch Digestion and Absorption in Nonruminants. **Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 172-177, 1992.

GÜRTLER, H; KOLB, E; SCHRÖDER, L; SEIDEL, H. **Fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 4^a ed. 1987. 611p.

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

HINTZ, H. F. **Horse nutrition: a practical guide**. New York: Arco Publishing, 1983. 228p.

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

LEITE FILHO, A. O. **Resposta e incremento glicêmico em equinos submetidos a diferentes fontes e níveis de amido na dieta**. Cruz das Almas, BA. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, 2004.

LEWIS, L. D. **Nutrição clínica equina: alimentação e cuidados**. São Paulo: Roca, 1ª ed. 2000. 710p.

LOEB, W. F.; MCKENZIE, L. D. & HOFFSIS, G. F. The carbohydrate digestion absorption test in the horse. Technic and normal values. **Cornell Vet.** n.62, p. 524-531, 1971.

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

MOREIRA, I. **Valor nutritivo e utilização do milho e da soja integral processados a calor na alimentação de leitões**. Viçosa, MG. 145p. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1993.

MORGADO, E. S. **Digestão dos carboidratos de alimentos e dietas em equinos**. Seropédica, RJ, 51p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL . **Nutrients requirements of domestic horse**. Washington, D. C.: National Academy of Science, 6ª ed. 2007. 200 p.

PAGAN, J. D. **Carbohydrates in equine nutrition**. *In*: Advance on equine nutrition I. Kentucky Equine Research, Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2011.

POTTER, G. D; ARNOLD, F. F; HOUSEHOLDER, D. D; HANSEN, D. H; BROWN, K. M. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde**, v.1, p.107-111, 1992.

RICHARDS, N; HINCH, G. N; ROWE, J. B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing Thoroughbred. **Australian Veterinary Journal**, v.84, n.11, p.402-407, 2006.

ROONEY, L.W; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.5, p.1607 – 1623, 1986.

STRYER, L. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 3ª ed. 1996. 1000p.

STULL, C. L.; RODIEK, A. V. Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. **American Institute of Nutrition**, v.118, n.2, p. 206-213, 1988.

SWENSON, M. J; REECE, W. O. **Dukes. Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 856p.

SWINKELS, J. J. M. Sources of starch, its chemistry and physics *In*: VANBEYNUM, G. M. A; ROELS, J. A. **Starch Conversion Technology**. New York: Marcel Dekker, p.15-46, 1985.

THOMASSIAM, A. **Enfermidades dos cavalos**. São Paulo: Livraria Varela, 3ª ed, 1996. 643p.

TORAL, F. L. B; FURLAN, A. C; SCAPINELLO, C. Digestibilidade de duas fontes de amido e atividade enzimática em coelho de 35 e 45 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.3, p. 1411-1433, 2002.

WILLIAMS, C. A; KRINFELD, D. S; STANIAR, W. B. Plasma glucose and insulin responses of thoroughbred mares fed a meal high in starch an sugar or fat and fiber. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 8, p. 2196 – 2201, 2001.

WITHAN, C. L; STULL, C. L. Metabolic responses of chronically starved horses to reffeding withn three isoenergetic diets. **Journal of American Veterinary Medicine Association**, v. 212, n. 5, p. 691-696, 1998.

WEYNBERG, S. V; SALES, J; JANSSENS, G. P. J. Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: a review. **Livestock Science**, v. 99, p. 3-13, 2006.

ZEOULA, L. M; CALDAS NETO, S.F. **Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras**. *In: Il Sinleite*. Lavras, MG. p.249-283, 2001.

CAPÍTULO 1

**INDICES GLICÊMICOS EM EQUINOS (*Equus caballus*) ALIMENTADOS COM
DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

INDICES GLICÊMICOS EM EQUINOS (*Equus caballus*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

RESUMO:

Objetivou-se comparar a digestibilidade pré-cecal de duas fontes de amido (milho e mandioca) em três níveis de inclusão (0,4, 0,6 e 0,8% do PV) na dieta de equinos. Foram utilizados sete equinos, sem raça definida, em quadrado latino (7x7) em esquema de parcelas subdivididas no tempo (sete equinos, sete tratamentos). O experimento foi realizado na Fazenda Coronel Antídio, sede do Pelotão de Cavalaria da Polícia Militar da Bahia, localizada no distrito de Maria Quitéria, Feira de Santana – Bahia. As variáveis estudadas foram glicemia, pico de glicemia e incremento glicêmico. O amido de mandioca no nível de 0,4% do PV na dieta de equinos induziu maior índice glicêmico em relação ao amido de milho com o mesmo nível de inclusão. O amido de milho no nível de 0,6% do PV na dieta, comparado ao amido de mandioca em nível correspondente, demandou maior tempo para o retorno da glicemia dos equinos aos níveis normais.

Palavras-chaves: carboidratos solúveis, cavalos, glicemia.

INDICES GLYCEMIC IN EQUINE (*Equus caballus*) FED DIETS CONTAINING LEVELS OF CORN (*Zea mays*) STARCH AND CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz)

ABSTRACT:

Objective to compare the digestibility precaecal of two sources of starch (maize and cassava) at three levels of inclusion (0.4, 0.6 and 0.8% of BW) in equine diet. Seven horses were used, without race set, in latin square (7 x 7) in plots subdivided in time (seven horses, seven treatments). The experiment was conducted at Fazenda Coronel Antídio, in the headquarters cavalry of the military police of Bahia, in Maria Quitéria district, Feira de Santana – Bahia – Brazil. The variables studied were glycemia, glycemic peak and Glycemic increment. Cassava starch in the level of 0.4% of BW in the equine diet induced higher glycemic index in relation to corn starch with the same level of inclusion. The Corn starch on the level of 0.6% of BW in the diet, compared to the corresponding level cassava starch, demanded more time for the return of the equine glycemia to normal levels.

Key-words: horses, glycemia, soluble carbohydrates.

INTRODUÇÃO

A popularização dos esportes hípicos e das diversas atividades equestres de lazer tem intensificado à prática de manejos nutricionais, muitas vezes, equivocada e prejudicial ao bem estar dos equinos.

Os alimentos concentrados, ricos em energia, que deveriam ser utilizados apenas como complemento, contudo, podem ser o principal alimento, visto que os equinos de genética superior tem demandas energéticas elevadas.

Um importante desafio para a nutrição e alimentação dos equinos é a busca por uma fonte de amido de alta digestibilidade pré-cecal que, mesmo em altos níveis de inclusão na dieta, minimize o escape de frações da ingesta, da digestão no intestino delgado para o intestino grosso, e, conseqüentemente, previna a redução do pH intestinal e patologias metabólicas diversas.

A avaliação da digestibilidade pré-cecal nos equinos, através da glicemia, do pico de glicemia e do incremento glicêmico, permite a comparação entre distintas fontes e níveis de amido na dieta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Coronel Antídio, sede do Pelotão de Cavalaria da PMBA, localizado no Distrito de Maria Quitéria, Feira de Santana – BA.

Foram utilizados 07 (sete) equinos, machos castrados, sem raça definida, com peso e idade médios de aproximadamente 425 Kg (± 25) e 10 anos (± 2).

Os animais foram distribuídos de forma aleatória em baias individuais de alvenaria com piso de concreto, desverminados com ivermectina (EQUIZOL[®]) antes do período de adaptação, utilizando protocolo usual (dose inicial + repetição após 15 dias) e tratados com banho contra ectoparasitas a base de deltametrina (BUTOX CE 25[®]).

Os equinos passaram por um período de adaptação de cinco dias, no qual receberam feno de tifton (*Cynodon dactylon*) oferecidos em redes apropriadas na proporção de 1,5% de matéria seca (MS) por quilograma do peso vivo (PV) por dia, em duas refeições. Durante todo o experimento foram disponibilizados sal mineral e água à vontade para os animais.

Foram sete períodos de dois dias de arraçoamento com a dieta contendo ou não contendo amido, onde cada animal foi submetido, alternadamente, a cada um dos sete tratamentos. Durante os dois dias de arraçoamento, a cada período, foi fornecido amido de milho ou de mandioca, *in natura*, nas proporções de 0, 0,4, 0,6 e 0,8% do PV. A quantidade de alimento necessária para atingir 1,5% de MS/Kg do PV foi sempre completada com feno de tifton.

Durante o experimento houve, entre cada período de coleta de dados, um intervalo de cinco dias para eliminar o efeito residual da dieta anterior, quando os animais retornavam à dieta com apenas feno de tifton, água e sal mineral.

No segundo dia de arraçoamento e em cada período de coleta de dados, as amostras (gota) de sangue foram coletadas através de punção de veia periférica na orelha com o auxílio de uma agulha 25 x 8, sendo colocadas no ponto de teste das fitas reagentes próprias para glucômetro padrão (método da fita rápida), utilizando-se um aparelho de medição portátil (Accu-Check Advantage, Roche[®]) nos seguintes intervalos de tempo: Tempo 0 (imediatamente anterior ao fornecimento da dieta) e 60, 120, 180, 240 e 300 minutos após o fornecimento da dieta.

Na Tabela 1 são apresentadas as composições dos tratamentos utilizados no experimento:

Tabela 1. Descrição das dietas experimentais contendo níveis de amido de milho e de mandioca

Tratamentos	Proporção dos ingredientes na dieta
Amido de milho 0,4% PV	0,4% PV amido milho + 1,1 % PV feno de tifton
Amido de milho 0,6% PV	0,6% PV amido milho + 0,9 % PV feno de tifton
Amido de milho 0,8% PV	0,8% PV amido milho + 0,7% PV feno de tifton
Amido de mandioca 0,4% PV	0,4% PV amido mandioca + 1,1% PV feno de tifton
Amido de mandioca 0,6% PV	0,6% PV amido mandioca + 0,9% PV feno de tifton
Amido de mandioca 0,8% PV	0,8% PV amido mandioca + 0,7% PV feno de tifton
Testemunha	0% PV amido + 1,5% PV feno de tifton

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando o delineamento em quadrado latino com sete tratamentos (Tabela 1) em esquema de parcelas subdivididas no tempo segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + A_j + P_k + T_i + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado no animal j ($j = 1, 2, \dots, 7$), no período k ($k = 1, 2, \dots, 7$), que recebeu o tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 7$);

m : média geral;

A_j : efeito do animal j ;

P_k : efeito do período k ;

T_i : efeito do tratamento i ;

e_{ijk} : erro experimental associado ao animal j , no período k , que recebeu o tratamento i , suposto normal e i.i.d., com média zero e variância σ_e^2 .

Foram realizadas avaliações da glicemia aos 0, 60, 120, 180, 240 e 300 minutos. As médias dos tratamentos em função do tempo foram avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (Tabela 2). Para as médias dos tempos

de aferição da glicemia ajustaram-se modelos de regressão polinomial (Figura 1). Os valores médios para pico de glicemia (Tabela 3) e incremento glicêmico (Tabela 4) foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico SAS – *Statistical Analysis System* (SAS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca promoveram ($p < 0,05$) variações na glicemia em função do tempo (Tabela 2).

Tabela 2. Glicemia em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca em função do tempo de coleta de sangue

Tratamentos	Tempos de avaliação (minutos)					
	0	60	120	180	240	300
Amido milho 0,4%PV	79,71 a	113,71 b	113,00 b	110,43 a	112,43 a	104,43 a
Amido milho 0,6%PV	83,86 a	139,86 b	166,00 c	168,57 b	147,43 b	123,57 b
Amido milho 0,8%PV	80,00 a	128,57 b	149,57 c	152,71 b	144,43 b	139,71 b
Amido mandioca 0,4%PV	77,00 a	137,71 b	128,86 b	116,71 a	111,57 a	106,14 a
Amido mandioca 0,6%PV	74,57 a	137,29 b	150,71 c	136,57 b	126,29 b	107,86 a
Amido mandioca 0,8%PV	75,00 a	132,14 b	161,57 c	152,43 b	136,57 b	123,29 b
Testemunha	81,29 a	85,86 a	89,71 a	97,86 a	92,71 a	92,14 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Após 60 minutos de ingestão da dieta, todos os tratamentos, exceto o controle, elevaram significativamente ($p < 0,05$) a glicemia. Este fato indica que quando houve a inclusão de amido na dieta ocorreu uma maior resposta glicêmica, por conta da maior disponibilidade de glicose a nível pré-cecal devido a digestibilidade pré-cecal do amido.

Observou-se redução nos valores de glicemia para os tratamentos com menor nível (0,4% do PV) de amido, a partir de 120 minutos da ingestão do alimento, apesar de ainda se apresentarem superiores ao valor de glicemia do tratamento controle.

Após 180 minutos, os tratamentos com apenas 0,4% do PV de amido reduziram os valores glicêmicos, tornando-os semelhantes aos do tratamento controle. Isto indica que baixos níveis de amido na dieta são rapidamente digeridos, disponibilizando glicose que é rapidamente absorvida pela mucosa intestinal sendo em seguida metabolizada de forma a ter a glicemia semelhante à promovida por alimentos com baixo teor de amido.

Para Frape (2004), o aumento da glicemia é perceptível logo após a alimentação, ocorrendo o retorno aos níveis basais por volta de cinco horas, aproximadamente.

Para Jones (2003), a resposta glicêmica depende do nível de carboidratos solúveis na dieta, composição do alimento, quantidade ingerida, preenchimento gástrico, absorção e utilização da glicose.

A glicemia para o tratamento com nível de 0,6% do PV de amido de milho permaneceu mais elevada por um maior período de tempo (300 minutos) em relação ao nível de 0,6% do PV de amido de mandioca. Isto indica que o amido de mandioca no nível de 0,6% do PV teve a redução da glicemia mais rápida devido a uma mais rápida digestibilidade pré-cecal deste alimento.

Como o amido de mandioca, quando comparado ao amido de milho é mais rico em amilopectina (Swinkels, 1985), a ação das amilases pancreáticas, simultaneamente, sobre vários terminais não redutores (ramificações) presentes nessa molécula, acelera o processo de conversão do polímero em unidades monoméricas de glicose (Lehninger, Nelson e Cox, 2002).

Entretanto, para o nível de 0,8% do PV de ambas as fontes de amido, mesmo após 300 minutos do fornecimento da dieta, os valores da glicemia continuaram superiores aos dos demais tratamentos. Isto permite afirmar que o amido, independente da fonte, quando nos níveis de 0,8% do PV na dieta promovem elevação da glicemia por um maior período de tempo. Segundo Leite Filho (2004), a capacidade de digestão do amido no intestino delgado pode estar relacionada com a quantidade de amilases produzidas frente a maior quantidade de amido ingerida.

A digestibilidade do amido de milho e do amido de mandioca, representadas pelos respectivos níveis de glicemia em função do tempo após a ingestão das dietas, estão apresentadas pelas curvas glicêmicas na Figura 1.

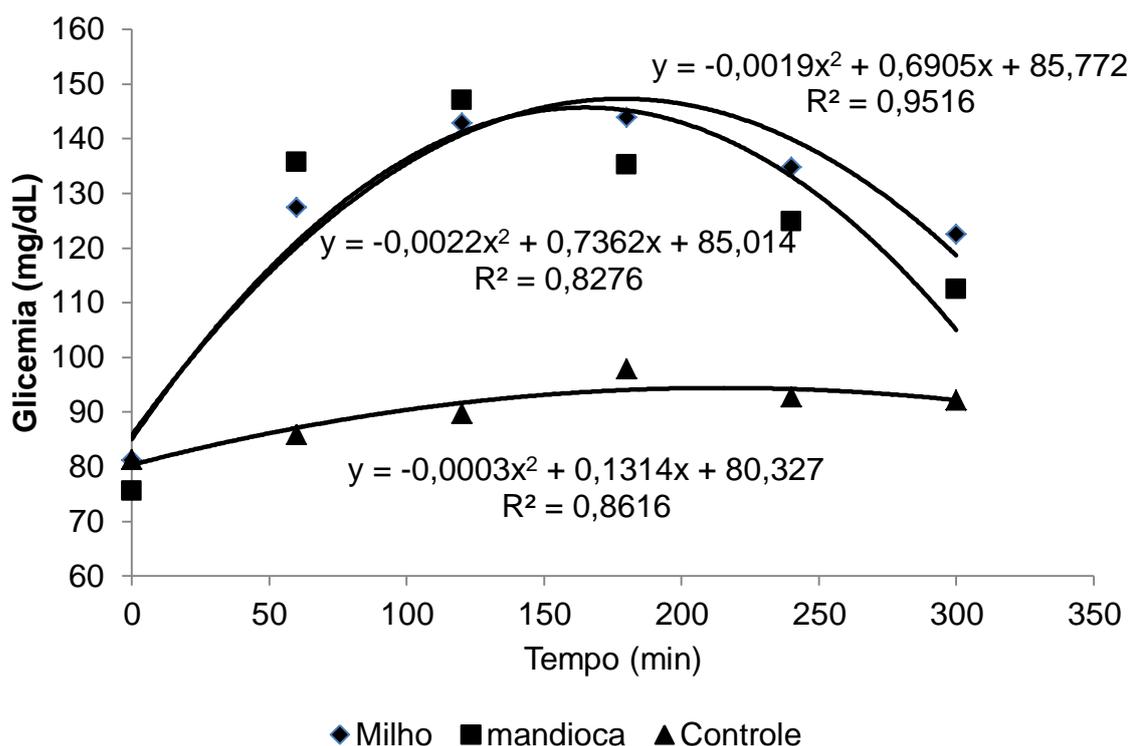


Figura 1. Curvas de glicemia em equinos alimentados com dietas contendo níveis do amido de milho e de mandioca

Através do gráfico de curvas glicêmicas nota-se que a glicemia aumentada pela ingestão de amido de milho diminui mais lentamente que a glicemia aumentada pela ingestão do amido de mandioca. Este resultado está de acordo com o fato de, por ser o amido de milho mais rico em amilose, quando comparado ao amido de mandioca (Swinkels, 1985), por ser a amilose mais rica em pontes de hidrogênio que a amilopectina, o amido de milho ter, segundo Rooney e Pflugfelder (1986), uma digestão enzimática dificultada.

A glicemia obtida pela equação geral das dietas contendo níveis de inclusão de amido de milho foi máxima de 148,51 mg/dL, no tempo ótimo de 182 minutos. A glicemia obtida através da equação geral das dietas contendo níveis de inclusão de amido de mandioca foi máxima de 146,60 mg/dL, no tempo ótimo de 167 minutos (Figura 1). Ou seja, 15 minutos após a glicemia máxima obtida pela ingestão de amido de mandioca, a glicemia obtida pela ingestão do amido de milho atingiu seu pico evidenciando uma digestibilidade pré-cecal mais lenta do amido de milho em relação ao amido de mandioca. Estes resultados de glicemia

máxima nos tempos de 182 e 167 minutos, para amido de milho e mandioca, respectivamente, estão de acordo com Withan e Stull (1998) que encontram um tempo médio de pico de glicose sanguínea em equinos entre 120 a 180 minutos após a ingestão de amido.

O pico de glicemia, representado pela glicemia máxima obtida, é um índice glicêmico útil na comparação da digestibilidade pré-cecal entre fontes e níveis de amido utilizadas na alimentação de equinos.

Tabela 3. Pico de glicemia em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca

Tratamentos	Pico de glicemia (mg/dL)
Amido milho 0,4% PV	127,4286 a
Amido milho 0,6% PV	178,5714 b
Amido milho 0,8% PV	170,5714 b
Amido mandioca 0,4% PV	152,7143 b
Amido mandioca 0,6% PV	160,0000 b
Amido mandioca 0,8% PV	167,7143 b
Testemunha	102,5714 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O amido de milho no nível de 0,4% do PV apresentou um comportamento do pico de glicemia semelhante ao obtido com o tratamento testemunha, onde apenas o feno de tifton foi utilizado na alimentação dos animais (Tabela 3). Isto indica que devido à baixa velocidade da digestão do amido de milho, quando o mesmo é fornecido no nível de 0,4% do PV na dieta de equinos, a glicose é disponibilizada de forma mais lenta em relação aos demais níveis de amido de milho estudados, assim como em relação ao amido de mandioca.

O amido de mandioca, mesmo quando fornecido no menor nível (0,4% do PV), promoveu pico de glicemia semelhante às maiores inclusões (0,6 e 0,8% do PV) de amido de milho na dieta (Tabela 3). Este fato demonstra a maior velocidade de digestão pré-cecal do amido de mandioca em relação ao amido de milho, uma vez que o amido de milho no nível de 0,4% do PV, devido a sua lenta

digestibilidade, não elevou o pico de glicemia quando comparado ao tratamento testemunha.

Os resultados encontrados neste trabalho são semelhantes aos observados por Leite Filho (2004) que encontrou picos de glicemia para o amido de mandioca significativamente ($p < 0,05$) superiores aos picos de glicemia obtidos para o amido de milho, em equinos.

O incremento glicêmico foi obtido pela diferença entre a glicemia máxima e a concentração inicial de glicose sanguínea (glicemia no tempo zero).

As dietas contendo amido de mandioca proporcionaram maiores incrementos glicêmicos ($p < 0,05$) em relação à dieta contendo amido de milho no nível de 0,4% do PV (Tabela 4). Desse modo, o incremento na concentração da glicose sanguínea foi significativamente maior pela ingestão da dieta contendo amido de mandioca quando comparado ao discreto incremento glicêmico provocado pela ingestão da dieta contendo amido de milho no nível de 0,4% do PV.

Apenas as dietas com elevados níveis de inclusão de amido de milho (0,6 e 0,8% do PV) apresentaram incrementos glicêmicos semelhantes aos apresentados pelas dietas contendo amido de mandioca.

Comparando a digestibilidade pré-cecal entre amido de mandioca e de milho na alimentação de equinos da raça piquira, Leite Filho (2004) constatou que o amido de mandioca é mais digerível a nível pré-cecal que o amido de milho.

Tabela 4. Incremento glicêmico em equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca

Tratamentos	Incremento glicêmico (mg/dL)
Amido milho 0,4% PV	47,7143 b
Amido milho 0,6% PV	94,7143 c
Amido milho 0,8% PV	90,5714 c
Amido mandioca 0,4% PV	75,7143 c
Amido mandioca 0,6% PV	85,4286 c
Amido mandioca 0,8% PV	92,7143 c
Testemunha	21,2857 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Apesar da digestibilidade total do amido ser alta, podendo variar de 87 a 100%, os equinos possuem baixa atividade da enzima α -amilase pancreática, o que pode comprometer a digestibilidade pré-cecal de dietas com altas quantidades ou fontes morfológicamente complexas deste alimento (KIENZLE, 1994; MEYER, 1995).

CONCLUSÃO

A digestibilidade pré-cecal do amido de mandioca em equinos é superior a do amido de milho, uma vez que as dietas contendo amido de mandioca, quando comparadas ao amido de milho, determinaram maior ou mais rápida disponibilidade de glicose sanguínea, mensurada através da glicemia, do pico de glicemia e do incremento glicêmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRAPE, D. L. **Equine nutrition and feeding**. Boston: Blackwell Publishing, 4^a ed, 2004. 664p.

JONES, E. W. Equine nutrition, glucose clearance. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 23, n.9, p. 412-413, 2003.

KIENZLE, E. Small intestinal digestion of starch in the horse. **Research Medicine Veterinary**, v. 145, n. 3, p. 199-204, 1994.

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

LEITE FILHO, A. O. **Resposta e incremento glicêmico em equinos submetidos a diferentes fontes e níveis de amido na dieta**. Cruz das Almas, BA. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, 44p, 2004.

MEYER. H. **Alimentação de Cavalos**. São Paulo: Livraria Varela, 2^a ed. 1995, 303p.

ROONEY, L.W; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.5, p.1607 – 1623, 1986.

SAS – STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. User's guide: Statistics, ver 9.2. Cary: SAS Institute Inc., 2010.

SWINKELS, J. J. M. Sources of starch, its chemistry and physics *In*: VANBEYNUM, G. M. A; ROELS, J. A. **Starch conversion technology**. New York: Marcel Dekker, 1985. 362 p.

WILLIAMS, C. A; KRINFELD, D. S; STANIAR, W. B. Plasma glucose and insulin responses of thoroughbred mares fed a meal high in starch an sugar or fat and fiber. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 8, p. 2196 – 2201, 2001.

WITHAN, C. L; STULL, C. L. Metabolic responses of chronically starved horses to reffeding withn three isoenergetic diets. **Journal of American Veterinary Medicine Association**, v. 212, n. 5, p. 691-696, 1998.

CAPÍTULO 2

**INDIVIDUALIDADE DA RESPOSTA GLICÊMICA E pH FECAL DE EQUINOS
(*Equus caballus*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE
AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)**

INDIVIDUALIDADE DA RESPOSTA GLICÊMICA E pH FECAL EM EQUINOS (*Equus caballus*) ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO NÍVEIS DE AMIDO DE MILHO (*Zea mays*) E DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

RESUMO:

O efeito da individualidade na glicemia, no pico de glicemia e no incremento glicêmico e o pH fecal foram comparados a partir da digestão pré-cecal de duas fontes de amido (milho e mandioca) em três níveis de inclusão (0,4, 0,6 e 0,8% do PV) na dieta de equinos. Foram utilizados sete equinos, sem raça definida, em quadrado latino (7x7) em esquema de parcelas subdivididas no tempo (sete equinos, sete tratamentos). O experimento foi realizado na Fazenda Coronel Antídio, sede do Pelotão de Cavalaria da Polícia Militar da Bahia, localizada no distrito de Maria Quitéria, Feira de Santana – Bahia. As variáveis estudadas foram o efeito da individualidade na glicemia, no pico de glicemia e no incremento glicêmico, além do pH fecal. Os animais 3 e 6 apresentaram ($p < 0,05$) as menores respostas glicêmicas, em ordem crescente, respectivamente. Os tratamentos não promoveram variações no pH fecal.

Palavras-chaves: carboidratos solúveis, cavalos, glicemia, pH fecal.

INDIVIDUALITY GLICEMIC RESPONSE AND Ph FECAL IN EQUINE (*Equus caballus*) FED CONTAINING LEVELS OF CORN (*Zea mays*) STARCH AND CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz)

ABSTRACT:

The individually effect of glycemia on the glycemia peak and the glycemiac increase and fecal pH was compared from the digestion precaecal from two sources of starch (maize and cassava) in three levels of inclusion (0.4, 0.6 and 0.8% of BW) in the equine diet. They used seven horses, without race set, in latin square (7 x 7) in plots subdivided in time (seven horses, seven treatments). The experiment was conducted in Fazenda Coronel Antídio, in the headquarters cavalry of the military police of Bahia, in the district of Maria Quitéria, Feira de Santana – Bahia – Brazil. The variables studied were the effect of individually on the glycemia, glycemia peak and the glycemiac increase and the fecal pH. Three and six animals presented ($p < 0.05$) the smallest glucose responses, in ascending order, respectively. The treatments didn't promoted variations in fecal pH.

Key-words: horses, fecal pH, glycemia, soluble carbohydrates.

INTRODUÇÃO

Os cavalos atletas utilizados nas diversas modalidades esportivas são submetidos a manejos nutricionais muitas vezes prejudiciais à saúde.

Requerimentos de níveis de energia cada vez maiores resultam geralmente no aumento da quantidade de amido na dieta dos equinos de alto desempenho.

A capacidade de digestão do amido no intestino delgado dos equinos é limitada, e a sobrecarga deste alimento ocasiona o seu escape da digestão pré-cecal sendo direcionado para o intestino grosso, podendo alterar a população microbiana, ou seja, promovendo o crescimento de bactérias eficientes na degradação do amido (amilolíticas) o que resulta em produção de lactato e consequente seleção e crescimento de lactobacilos que reduzem ainda mais o pH intestinal em detrimento das bactérias anteriormente existentes (celulolíticas), consumidoras da fibra vegetal.

Logo, parte da dieta rica em carboidratos solúveis, indesejavelmente, poderá fermentar no ceco, reduzindo o pH cecal, devido ao maior crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico, o que poderá levar a quadros de distúrbios entéricos e metabólicos diversos como abdome agudo e laminite.

O fenômeno da individualidade é muito relevante na espécie equina, podendo influenciar na capacidade de digestão pré-cecal de carboidratos e, conseqüentemente, na resposta glicêmica.

Cavalos de alto desempenho devem ser avaliados para determinar a capacidade de utilização do amido, uma vez que, sendo diferentes quanto ao aproveitamento deste alimento, poderão ter atendidas suas demandas energéticas, a partir da digestão pré-cecal e posterior metabolização da glicose, ajustando-se a composição e o manejo da dieta ao perfil glicêmico do animal.

A avaliação do pH fecal, proposta por Richards, Hinch e Rowe (2006), representa um método experimental e não invasivo para quantificação indireta da acidose no intestino grosso de equinos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Coronel Antídio, sede do Pelotão de Cavalaria da PMBA, localizado no Distrito de Maria Quitéria, Feira de Santana – BA.

Foram utilizados 07 (sete) equinos, machos castrados, sem raça definida, com peso e idade médios de aproximadamente 425 Kg (± 25) e 10 anos (± 2).

Os animais foram distribuídos de forma aleatória em baias individuais de alvenaria com piso de concreto, desverminados com ivermectina (EQUIZOL[®]) antes do período de adaptação, utilizando protocolo usual (dose inicial + repetição após 15 dias) e tratados com banho contra ectoparasitas a base de deltametrina (BUTOX CE 25[®]).

Os equinos passaram por um período de adaptação de cinco dias, no qual receberam feno de tifton (*Cynodon dactylon*) oferecidos em redes apropriadas na proporção de 1,5% de matéria seca (MS) por quilograma do peso vivo (PV) por dia, em duas refeições. Durante todo o experimento foram disponibilizados sal mineral e água à vontade para os animais.

Foram sete períodos de dois dias de arraçoamento com a dieta contendo ou não contendo amido, onde cada animal foi submetido, alternadamente, a cada um dos sete tratamentos. Durante os dois dias de arraçoamento, a cada período, foi fornecido amido de milho ou de mandioca, *in natura*, nas proporções de 0, 0,4, 0,6 e 0,8% do PV. A quantidade de alimento necessária para atingir 1,5% de MS/Kg do PV foi sempre completada com feno de tifton.

Durante o experimento houve, entre cada período de coleta de dados, um intervalo de cinco dias para eliminar o efeito residual da dieta anterior, quando os animais retornavam à dieta com apenas feno de tifton, água e sal mineral.

No segundo dia de arraçoamento e em cada período de coleta de dados, as amostras (gota) de sangue foram coletadas através de punção de veia periférica na orelha com o auxílio de uma agulha 25 x 8, sendo colocadas no ponto de teste das fitas reagentes próprias para glucômetro padrão (método da fita rápida), utilizando-se um aparelho de medição portátil (Accu-Check Advantage, Roche[®]) nos seguintes intervalos de tempo: Tempo 0 (imediatamente anterior ao fornecimento da dieta) e 60, 120, 180, 240 e 300 minutos após o fornecimento da dieta.

Para mensuração do pH fecal, uma amostra das fezes foi coletada diretamente da ampola retal, 24 horas após o segundo dia de arraçoamento, ou seja, do fornecimento das dietas. Uma alíquota de 20g foi diluída em 100 ml de água destilada, homogeneizada e filtrada para análise do pH em potenciômetro digital portátil (pH – 100, Phtek®).

Na Tabela 5 são apresentados às composições dos tratamentos utilizados no experimento:

Tabela 5. Descrição das dietas experimentais contendo níveis de amido de milho e de mandioca

Tratamentos	Proporção dos ingredientes na dieta
Amido de milho 0,4% PV	0,4% PV amido milho + 1,1 % PV feno de tifton
Amido de milho 0,6% PV	0,6% PV amido milho + 0,9 % PV feno de tifton
Amido de milho 0,8% PV	0,8% PV amido milho + 0,7% PV feno de tifton
Amido de mandioca 0,4% PV	0,4% PV amido mandioca + 1,1% PV feno de tifton
Amido de mandioca 0,6% PV	0,6% PV amido mandioca + 0,9% PV feno de tifton
Amido de mandioca 0,8% PV	0,8% PV amido mandioca + 0,7% PV feno de tifton
Testemunha	0% PV amido + 1,5% PV feno de tifton

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando o delineamento em quadrado latino com sete tratamentos (Tabela 5) em esquema de parcelas subdivididas no tempo segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + A_j + P_k + T_i + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado no animal j ($j = 1, 2, \dots, 7$), no período k ($k = 1, 2, \dots, 7$), que recebeu o tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 7$);

m : média geral;

A_j : efeito do animal j ;

P_k : efeito do período k ;

T_i : efeito do tratamento i ;

e_{ijk} : erro experimental associado ao animal j , no período k , que recebeu o tratamento i , suposto normal e i.i.d., com média zero e variância σ_e^2 .

Foram realizadas avaliações da glicemia aos 0, 60, 120, 180, 240 e 300 minutos. Os valores de glicemia, do pico de glicemia e do incremento glicêmico foram avaliados pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. Os valores de pH fecal foram avaliados pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico SAS – *Statistical Analysis System* (SAS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 6 evidencia o efeito da individualidade sobre a glicemia. Os animais 3 e 6 apresentaram valores de glicemia inferiores aos demais, sendo que o animal 3 apresentou os menores valores.

Tabela 6. Glicemia de equinos alimentados com níveis de amido de milho e de mandioca

Animal	Glicemia (mg/dL)
1	131,02 c
2	125,79 c
3	89,69 a
4	122,86 c
5	126,45 c
6	109,29 b
7	126,55 c

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Esses resultados estão de acordo com Leite Filho (2004) que relaciona o desempenho individual dos equinos, a respeito da capacidade de digerir carboidratos hidrolisáveis, com a eficiência da ação das amilases pancreáticas sobre a quebra das moléculas de amido.

Oliveira (2003) também considera a individualidade dos equinos como um dos principais fatores envolvidos na digestibilidade do amido.

O pico de glicemia representa a glicemia máxima obtida. Os animais 3 e 6 apresentaram valores de pico de glicemia inferiores ($p > 0,05$) aos demais animais (Tabela 7).

De acordo com Leite Filho (2004), equinos alimentados com a mesma dieta apresentam índices glicêmicos diferentes, daí a necessidade de manejo nutricional específico para cada animal, principalmente para aqueles de elevado desempenho atlético.

Tabela 7. Efeito da individualidade sobre o pico de glicemia de equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca

Animal	Pico de glicemia (mg/dL)
1	159,4286 c
2	166,0000 c
3	106,4286 a
4	167,1429 c
5	162,0000 c
6	137,8571 b
7	160,7143 c

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A exemplo dos cavalos atletas, estes devem ser avaliados quanto ao seu perfil glicêmico, e a depender da necessidade individual, quer sejam provas de curta duração e de alta intensidade como o turfe e o salto, quer sejam provas de longa duração como o enduro, pode-se ajustar a composição da dieta utilizando-se de fontes e níveis de amido que atinjam picos de glicemia em menor ou maior tempo, conforme for a demanda energética do animal.

Apesar da digestibilidade total do amido ser alta, podendo variar de 87 a 100%, os equinos possuem baixa atividade da enzima α -amilase pancreática, o que pode comprometer a digestibilidade pré-cecal de dietas com altas quantidades ou fontes morfológicamente complexas deste alimento (Kienzle, 1994; Meyer, 1995).

O maior percentual de amilopectina na composição do amido de mandioca em relação ao amido de milho (Swinkels, 1985), permite uma maior ação enzimática da amilase endógena e, conseqüentemente, maior a digestibilidade pré-cecal (Rooney & Pflugfelder, 1986). Isso se deve ao fato das enzimas de degradação localizadas no intestino delgado que agem exclusivamente sobre os terminais não-redutores, isto é, sobre os pontos de ramificação da molécula de amilopectina, conseguirem hidrolisar simultaneamente várias ligações do tipo α 1-6, presentes em tais ramificações, acelerando a conversão do polímero em monossacarídeo (Lehninger; Nelson & Cox, 2002).

Um maior percentual de amilose na composição do amido resulta numa maior formação de pontes de hidrogênio. As moléculas de amilose se inserem no

interior das moléculas de amilopectina aumentando ainda mais a quantidade de pontes de hidrogênio no interior da molécula de amido, o que dificulta a atividade enzimática (Rooney & Pflugfelder, 1986).

O ajuste da composição da dieta contendo fontes e níveis de amido ao perfil glicêmico do animal pode direcionar a digestão pré-cecal deste alimento, e a consequente metabolização da glicose ao atendimento das demandas energéticas individuais.

O incremento glicêmico foi obtido pela diferença entre a glicemia máxima e a concentração inicial de glicose sanguínea (glicemia no tempo zero). O animal 3 apresentou o menor ($p < 0,05$) incremento glicêmico em relação aos demais animais (Tabela 8).

O efeito da individualidade sobre a capacidade de digestão do amido foi também demonstrado através deste índice. Isto indica que, na espécie equina, o incremento na disponibilidade de glicose sanguínea a partir da digestão pré-cecal do amido sofre influência da capacidade individual, o que justifica o manejo nutricional apropriado não apenas às diversas categorias de animais, mas também ao indivíduo, principalmente ao cavalo de alto desempenho atlético.

Tabela 8. Efeito da individualidade sobre o incremento glicêmico de equinos alimentados com dietas contendo níveis de amido de milho e de mandioca

Animal	Incremento glicêmico (mg/dL)
1	71,0000 b
2	93,2857 b
3	30,5714 a
4	93,4286 b
5	80,2857 b
6	62,8571 b
7	76,7143 b

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Os níveis do amido de milho e mandiococa não promoveram variações no pH fecal, ficando os valores encontrados próximos da neutralidade (Tabela 9).

Tabela 9. pH fecal de equinos alimentados com dietas contendo níveis do amido de milho e de mandioca

Tratamento	pH fecal
Amido de milho 0,4% do PV	6,9429
Amido de milho 0,6% do PV	6,9857
Amido de milho 0,8% do PV	6,8857
Amido de mandioca 0,4% do PV	6,9571
Amido de mandioca 0,6% do PV	7,1000
Amido de mandioca 0,8% do PV	6,9429
Feno de tifton 1,5% do PV	7,1429

Os resultados observados no presente estudo divergem daqueles encontrados no trabalho de Pollitt & Davies (1998), no qual houve redução de pH fecal de 7,4 para 5,23, 24 horas após o início da sobrecarga de amido em equinos, via sonda nasogástrica, e dos resultados citados por Santos et al (2009), que obtiveram redução significativa ($p < 0,05$) no pH fecal de equinos entre 16 a 36 horas após infundirem amido de milho via sonda nasogástrica, com valores médios variando de 6,09 a 4,46.

Tais resultados podem estar relacionados à alta variação individual característica nos equinos em relação à capacidade de tamponamento fecal citada por Casalecchi (2003). É possível, também, que os níveis de inclusão do amido na dieta não tenham sido suficientes para causar uma sobrecarga intestinal, não tendo ocasionado o escape pré-cecal e, conseqüentemente, nenhuma alteração de pH nas fezes.

Essa possibilidade contraria as recomendações percentuais máximas de amido na dieta de equinos existentes na literatura. Potter et al. (1992) citaram que a capacidade crítica para a sobrecarga da digestão dos carboidratos hidrolisáveis é de, aproximadamente, 0,4% do peso vivo dos equinos. Já Brandini e Furtado (2009), consideram que a adição de amido a cada refeição não deve ultrapassar 0,2% do PV por refeição.

O amido quando em nível excessivo na dieta de equinos pode escapar da digestão no intestino delgado para o ceco e cólon, promovendo crescimento de forma acentuada da população bacteriana eficiente na degradação do amido, ou seja, de bactérias amilolíticas que se caracterizam, entre outros fatores, por

promoverem a fermentação láctica. A produção de ácido láctico originada da fermentação microbiana poderá causar irritação da mucosa intestinal e alteração do pH do conteúdo, promovendo a morte das bactérias anteriormente existentes com liberação de endotoxinas no intestino e na circulação sanguínea, podendo levar a um quadro clínico de laminite (Pagan, 2001).

CONCLUSÃO

A variação individual entre os equinos é um fator de relevância que deve ser levado em consideração no manejo alimentar e na composição da dieta contendo amido, garantindo assim um melhor atendimento das necessidades energéticas de cada animal conforme seu perfil glicêmico.

O nível de amido na dieta em até 0,8% do PV não promove sobrecarga intestinal capaz de alterar o pH fecal e conseqüentemente provocar manifestações clínicas nos equinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASALECCHI, F. M. L. **Digestibilidade aparente total de dietas com milho submetido a diferentes processamentos e resposta glicêmicas em equinos.** Pirassununga, São Paulo. 48 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade de São Paulo, 2003.

BRANDINI, R. A.; FURTADO C. E. Importância Nutricional e Metabólica da fibra na dieta de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.spe, 2009.

KIENZLE, E. Small intestinal digestion of starch in the horse. **Research Medicine Veterinary**, v. 145, n. 3, p. 199-204, 1994.

LEITE FILHO, A. O. **Resposta e incremento glicêmico em equinos submetidos a diferentes fontes e níveis de amido na dieta.** Cruz das Almas, BA. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, 44p, 2004.

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

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

OLIVEIRA, G.J.C. **Uso de carboidratos na alimentação de equinos.** In: Nutrição animal – Tópicos avançados. Itapetinga, Bahia. UESB. 157– 176, 2003.

PAGAN, J. D. **Carbohydrates in equine nutrition.** In: Advance on equine nutrition I. Kentucky Equine Research, Versailles, Kentucky, USA, p.13-28, 2001.

POLLITT, C. C.; DAVIES, C. T. Equine laminitis: its development coincides with increased sublamellar blood flow. **Equine Veterinary Journal**, v.28, n.26, p.125-132, 1998.

POTTER, G. D; ARNOLD, F. F; HOUSEHOLDER, D. D; HANSEN, D. H; BROWN, K. M. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. **Pferdeheilkunde**, v.1, p.107-111, 1992.

RICHARDS, N.; HINCH, G. N.; ROWE, J. B. The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing Thoroughbred. **Australian Veterinary Journal**, v.84, n.11, p.402-407, 2006.

ROONEY, L.W; PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.5, p.1607 – 1623, 1986.

SANTOS, T. M; ALMEIDA, F. Q; GODOI, F. N; SILVA, V. P; FRANÇA A. B; SANTIAGO J. M; SANTOS, C. S. Capacidade tamponante, pH e consistência das fezes em equinos submetidos à sobrecarga dietética com amido. **Ciência Rural**, v.39, n.6, 2009.

SAS – STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. User's guide: Statistics, ver 9.2. Cary: SAS Institute Inc., 2010.

SWINKELS, J. J. M. Sources of starch, its chemistry and physics *In*: VANBEYNUM, G. M. A; ROELS, J. A. **Starch conversion technology**. New York: Marcel Dekker, p.15-46, 1985.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A digestibilidade pré-cecal de amido de mandioca em equinos é superior a do amido de milho, uma vez que as dietas contendo amido de mandioca, quando comparadas às dietas contendo amido de milho, determinam maior ou mais rápida disponibilidade de glicose sanguínea, mensurada através da resposta glicêmica.

A variação individual entre os equinos é um fator de relevância que deve ser levado em consideração no manejo alimentar e na composição da dieta contendo amido, garantindo assim um melhor atendimento das necessidades energéticas de cada animal conforme seu perfil glicêmico.

O nível de amido na dieta em até 0,8% do PV não promove sobrecarga intestinal capaz de alterar o pH fecal e conseqüentemente provocar manifestações clínicas nos equinos.