

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE AMIDO NA DIETA DE
LEITÕES DESMAMADOS**

Filipe Garcia Telles

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do Título de Mestre.

**Botucatu – SP
Junho de 2017**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE AMIDO NA DIETA DE
LEITÕES DESMAMADOS**

Filipe Garcia Telles
Zootecnista

Orientador: Prof^o Dr^o Dirlei Antonio Berto
Co-orientador: Prof^o Dr^o Marcos Lívio Panhoza Tse

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do Título de Mestre.

**Botucatu – SP
Junho de 2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
- SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

T273a Telles, Filipe Garcia, 1992-
Avaliação de fontes de amido na dieta de leitões desmamados / Filipe Garcia Telles. - Botucatu : [s.n.], 2017
41 f.: grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,
2017

Orientador: Dirlei Antonio Berto
Coorientador: Marcos Lívio Panhoza Tse
Inclui bibliografia

1. Suíno - Desempenho. 2. Amido. 3. Nutrição animal. I. Berto, Dirlei Antonio. II. Tse, Marcos Lívio Panhoza. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

Dedico,

aos meus pais José Garcia Telles Jr. e Márcia Orzari Telles, irmãs Bruna e Beatriz e à minha companheira Talita.

Aos avós José (*in memorian*), Antônia, Guilherme (*in memorian*) e Zoraide (*in memorian*) e às famílias Garcia Telles, Orzari, de Souza e Lucas.

A todos os amigos, especialmente Anália Ribeiro, Anderson Aparecido, Bruno Oliver, Camila de Souza, Cássio Uehara, Célio Carmelin, Clarissa Oliveira, Edmar, Fernanda Altieri, Gabriel Fernandes, Gabriel Martineli, Gabriel Teixeira e Família, Gilson Stanski, Guilherme Aguiar, Guilherme Arruda, Guilherme Pimenta, Henrique Grecco, João Paulo, Junior Decarli, Leir Souza, Leonardo Bertin, Luan e Mônica Ormond, Lucas Kondratovich e Família, Mariana Hyppolito, Maurício (Granja Paraíso) e Família, Marília, Marla Diamante, Maurício Bonfanti, Natália Lemos, Patrícia Versuti, Rafael de Matteis, Rafael Victor,, Ramilos Brito, Renan Zapavigna e sua esposa Cíntia, Ricardo Alexandrino, Rodrigo Garcia, Tiago Sartori, Vinícius Cambito, Vinícius Fernandes e Wêlex Cândido.

Aos professores e amigos Prof^o Antonio Celso Pezzato, Prof^o Claudio Angelo Agostinho, Prof^o Dirlei Antonio Berto, Prof^o Edson Ramos de Siqueira, Prof^o Marcos Lívio Panhoza Tse, Prof^o Nabor Veiga, Prof^o Paulo Roberto de Lima Meirelles, Prof^o Ricardo de Oliveira Orsi, Prof^a Simone Fernandes e Prof^o Stelio Pacca Loureiro Luna.

Aos servidores e amigos José Franco, Adriano, Marcão, Sérgio, Maurício, Paulinho, João, Obedias, Nico, Edvaldo, Sidney, Renato Agostinho, Desiderio, Boca, Dinho, Carmen, Marta e Vanessa.

Ofereço,

à todos os brasileiros especialmente àqueles que têm o agronegócio como fonte de renda e estilo de vida, ao estado de São Paulo, aos paulistas e à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais José Garcia Telles Jr. e Márcia Orzari Telles, irmãs Bruna e Beatriz e à minha futura esposa Talita de Souza, pelo enorme empenho em me manter motivado, focado e feliz. Pela educação e união familiar que me fez um homem digno, honesto e forte.

A toda minha família desde a cidade de Araras, passando por Ibirá, Mirassol, São Paulo até Itatiba.

Aos amigos Junior Decarli e Rodrigo Garcia pela enorme dedicação e amizade eterna, amizade que foi imprescindível para a execução deste trabalho. Aos amigos Cassio Uehara, Henrique Grecco, Guilherme Pimenta pela parceria e amizade eterna. Aos amigos e companheiros de equipe Patrícia Versuti, Vinicius Cambito e Mayra Saleh pela força imensurável.

Ao meu orientador Professor Dirlei Berto pela amizade e parceria ao longo da graduação e pós-graduação, pela sua preocupação e dedicação, e por contribuir tanto para minha formação acadêmica e pessoal. Ao meu co-orientador Professor Marcos Tse por acreditar neste trabalho e confiar a mim esta responsabilidade. Aos servidores da área de produção de suínos José Franco e Sérgio, da fábrica de ração Adriano, Nico, Alexandre, Sandro e Hudson.

Aos colaboradores do trabalho Professora Magali Leonel, Professor Guilherme de Paula Nogueira, Professora Célia Maria Landi Franco e sua orientada Dr^a Flávia, Professor Stelio Pacca Loureiro Luna, Dr^a Natache e Dr^a Carol.

A Universidade Estadual Paulista por me formar e dar amplo suporte na minha capacitação profissional.

Ao Ministério da Educação via CAPES e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (processo 16/00671-0) pela concessão de auxílio financeiro para a pesquisa.

A todos que auxiliaram de alguma maneira.

Agradeço a Deus.

SUMÁRIO

Página

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
1. Estrutura e digestibilidade do amido	2
2. Fontes de amido para suínos	5
3. Composição da dieta e digestibilidade.....	7
4. Perfil amídico dos alimentos e respostas fisiológicas em leitões	8
5. Referências.....	10

CAPÍTULO II

FONTES E PERFIS DE AMIDO EM DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS

Resumo.....	20
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e métodos	23
<i>Determinação das frações de amido nos alimentos</i>	23
<i>Desempenho produtivo</i>	23
<i>Determinação in vivo da resposta glicêmica das dietas e dos níveis séricos de insulina e uréia</i>	24
Resultados.....	25
Discussão	27
Conclusão	29
Referências	29

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES.....	41
------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO I

- Figura 1** - Representação das estruturas químicas da amilose (a) e da amilopectina (b). Adaptado de Zobel (1988).....3
- Figura 2** - Estrutura da amilopectina e os tipos de cristalização A, B ou C. Adaptado de Zobel (1988).....4
- Figura 3** - Representação didática de corte do grânulo de amido em exposição dos anéis de crescimento e o hilo (a). Regiões amorfas e cristalinas no grânulo de amido da estrutura da amilopectina (b). Adaptados de PARKER & RING (2001)4

CAPÍTULO II

- Figura 4** - Valores calculados de amido de digestão rápida (ADR), amido de digestão lenta (ADL) e amido resistente (AR) das dietas Pré-Inicial I (a), Pré-Inicial II (b), Inicial (c).....38
- Figura 5** - Representação das curvas de glicose (a), insulina (b) e ureia (c) sanguínea avaliadas nos tempos 0 (após jejum de 12h) e aos 30, 90, 180 e 360 minutos após a alimentação dos leitões com as dietas a base de milho (M), milho e quirera de arroz39

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Frações de amido de alguns ingredientes (gramas/100g MS)	6
--	---

CAPÍTULO II

Tabela 2 - Composição percentual das dietas experimentais	33
Tabela 3 - Valores nutricionais calculados das dietas experimentais.....	34
Tabela 4 - Proporção das frações amídicas nos alimentos usados nas dietas como fontes ricas em amido	35
Tabela 5 - Efeito das dietas com diferentes fontes e perfis de amido sobre o ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de leitões nos períodos experimentais.	36
Tabela 6 - Níveis de glicose (mg/dL), insulina (mg/dL) e ureia (μ U/mL) avaliadas nos tempos 0 (após jejum de 12h) e aos 30, 90, 180 e 360 minutos após a alimentação dos leitões com as dietas a base de milho grão (M); milho grão e quirera de arroz (MQa);	37

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A alimentação de suínos é o item que mais onera o custo de produção (NOBLET, 2001; TALAMINI et al., 2006), logo, a comunidade científica trabalha na busca por alternativas que aumentem a produtividade e reduzam custos com a alimentação.

Ao longo de anos foram propostos diversos modelos de predição de respostas fisiológicas em nutrição de suínos (WHITTEMORE e FAWCETT, 1974; NOBLET et al., 1994; LOVATTO e SAUVANT, 2003), com o objetivo de facilitar a compreensão das exigências nutricionais e auxiliar na formulação das dietas. O fracionamento da energia bruta da dieta em energia digestível, metabolizável e líquida foi importante porque permitiu ao nutricionista considerar as perdas que ocorrem nos processos de digestão e metabolização. Atualmente estas referências estão disponíveis nas tabelas de exigências nutricionais de suínos (ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 2012) e são utilizadas na formulação de rações.

Dietas de suínos, bem como de outros animais não-ruminantes, têm o amido como principal fonte de carboidratos, devido a alimentação ser rica em cereais, raízes, tubérculos e derivados.

Dada a relevância do amido na nutrição de animais não-ruminantes e humanos, Englyst et al. (1992a) propuseram um método de fracionamento levando-se em conta a sua digestibilidade, subdividindo-o em amido de digestão rápida (ADR), amido de digestão lenta (ADL) e amido resistente (AR). A fração amido resistente é classificada em: AR1: fisicamente inacessível, AR2: Grânulo de Amido Resistente, AR3: porção retrogradada e AR4: amido quimicamente modificado.

A proposta de avaliação do perfil amídico dos alimentos para suínos pode ser mais um passo em direção ao aperfeiçoamento na nutrição de precisão, porque possibilita considerar o conceito de digestibilidade do amido na matriz nutricional de formulação e, conseqüentemente, o ajustar a dieta de modo a alcançar melhores resultados em produtividade (NOAH et al., 2000; LI et al., 2008; VICENTE et al., 2008; ZHANG e HAMAKER, 2009; REGMI et al., 2010; YIN et al. 2010; MENOYO et al., 2011; GIUBERT et al., 2012).

1. Estrutura e digestibilidade do amido

O amido é um polissacarídeo composto por dois polímeros de D-glicose, a amilopectina e a amilose (Figura 1). A amilose é constituída por longas cadeias não ramificada de monômeros de D-glicose conectadas por ligações α -1,4 e com massa molecular de até um milhão de Daltons. A amilopectina tem massa molecular de até cem milhões de

Daltons e possui cadeias ramificadas conectadas por ligações glicosídicas α -1,4 e ligações α -1,6 nos pontos de ramificação da cadeia (NELSON e COX, 2006).

As proporções de amilose e de amilopectina são influenciadas pela origem botânica, pela variedade dentro de uma mesma espécie e pelo estágio de maturação da planta (ELIASSON, 2004; TESTER et al., 2004). Amidos com alta quantidade de amilose apresentam maior resistência à hidrólise, enquanto a fração de amilopectina é de mais fácil digestão, e pode servir como fonte de rápida obtenção de energia (ENGLYST et al., 1996), devido a característica das regiões amorfas da amilopectina, que tornam a estrutura mais permeável à água (Figura 3), que facilita a ação enzimática (BEDFORD e SCHULZE, 1998).

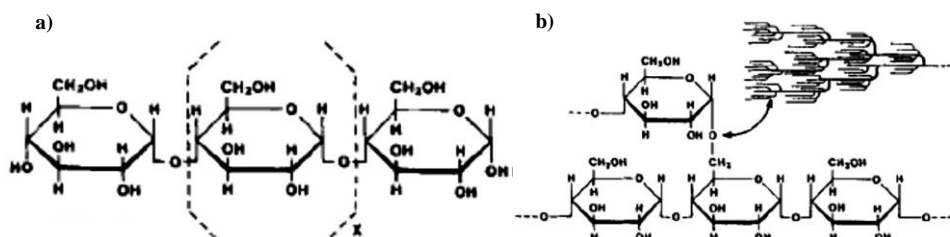


Figura 1 - Representação das estruturas químicas da amilose (a) e da amilopectina (b). Adaptado de Zobel (1988).

Do ponto de vista molecular, o amido é encontrado na forma de grânulos como reserva energética vegetal, apresentando diferentes graus de organização e é caracterizado como estrutura semicristalina, com 20 a 45% de seus grânulos com formações cristalinas (YOUNG, 1984) de cadeias dos tipos A, B ou C (ZOBEL, 1988), representados nas Figuras 2 e 3. As cadeias tipo A são unidas a cadeias externas das moléculas de amilopectina por uma única ligação alfa-1,6, sendo relativamente curtas e presentes em amidos de cereais. As cadeias B são cadeias externas longas da amilopectina e estão presentes em amidos de tubérculos ou amido retrogradado conectadas através de uma ligação alfa-1,6, no entanto podem apresentar uma ou mais formações do tipo A e/ou cadeias B em grupos hidroxila primários. A cadeia C é única e central na molécula e carrega o único grupo redutor (ZOBEL, 1988; IMBERTY et al., 1991) sendo encontrada especialmente em leguminosas (ZOBEL, 1988).

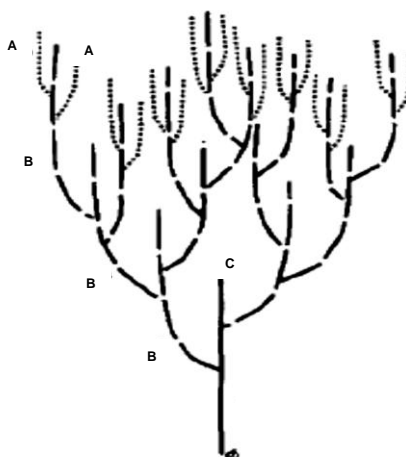


Figura 2 - Estrutura da amilopectina e os tipos de cristalização A, B ou C. Adaptado de Zobel (1988).

A cristalinidade dos grânulos influencia a digestibilidade do amido, pois normalmente os cristais do tipo A são mais susceptíveis a hidrólise em relação aos do tipo B (ZHANG et al., 2006).

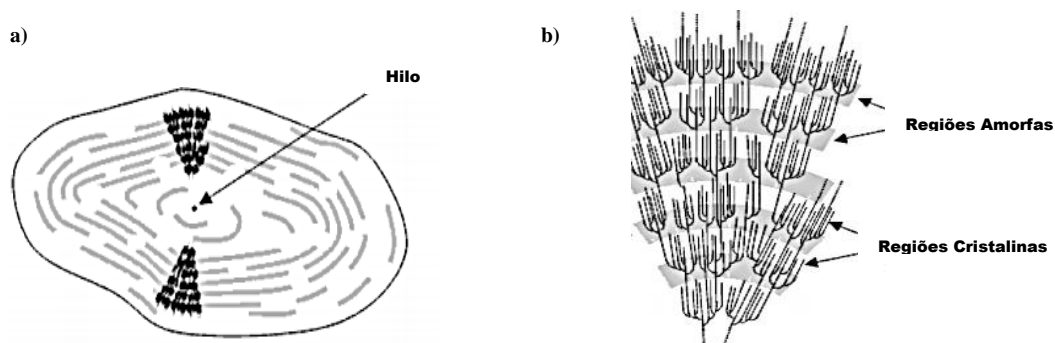


Figura 3 - Representação didática do corte do grânulo de amido em exposição dos anéis de crescimento e o hilo (a). Regiões amorfas e cristalinas no grânulo de amido da estrutura da amilopectina (b). Adaptados de PARKER & RING (2001).

Em seu estudo Englyst et al. (1992a) propuseram o fracionamento do amido, que leva em conta sua cinética de digestão *in vitro* e o categoriza nas três frações descritas anteriormente: ADR, ADL e AR. Esta análise se baseia na taxa de digestão ao longo do tempo, classificando as frações em função da quantidade de glicose que é liberada em determinado intervalo de tempo de digestão (Estágio G0 – hidrólise não catalisada por enzimas amilolíticas; Estágio G20 – glicose liberada sob ação de complexo enzimático em 20 minutos; Estágio G120 – glicose liberada sob ação de complexo enzimático em 120 minutos;

Estágio GTotal – glicose resultante da somatória da digestão nos diferentes estágios e da glicose indisponível liberada quimicamente. As frações são obtidas por subtração e multiplicadas por um fator de conversão à amido de 0,9, de acordo com as seguintes formulas:

$$\text{Fração ADR} = (G20 - G0) * 0,9$$

$$\text{Fração ADL} = (G120 - G20) * 0,9$$

$$\text{Fração AR} = (G\text{Total} - G120) * 0,9$$

Anteriormente Jenkins et al. (1981) haviam proposto o conceito de índice glicêmico para humanos que avalia o quanto o carboidrato digestível do alimento afeta à curva glicêmica de um individuo em relação a uma fonte de glicose controle, geralmente pão branco ou glicose.

A metodologia proposta por Englyst et al. (1992a) não faz distinção quanto a estrutura, dimensão, forma ou cristalinidade do grânulo, relação amilose/amilopectina, ou ainda quanto a outras características da matéria-prima, do processo digestivo que possam interferir na digestibilidade, ou na atividade de enzimas importantes para a digestão do substrato e para liberação de glicose. No entanto, apresenta uma maneira prática e aplicável de quantificar os níveis de digestibilidade do amido, com maior detalhamento do que a apresentada por Jenkins et al. (1981).

2. Fontes de amido para suínos

Em seu estudo Bednar et al. (2001) constataram que as concentrações de ADR e ADL representam a maior parte do amido total presente nos cereais, podendo variar entre 32,5 a 82,5% para ADR e atingir uma proporção máxima de 51,4% para ADL.

Os cereais possuem, predominantemente, a formação cristalina do tipo A, que torna o amido menos resistente à hidrólise (RING et al., 1988). Esta formação cristalina foi associada por Bednar et al. (2001) como determinante para o aumento das proporções das frações digestíveis ADR e ADL na matéria-prima. Contudo, a digestibilidade do amido de cereais pode ser influenciada pelo processamento ineficaz ou incompleto do pericarpo que torna o amido menos acessível à ação de enzimas amilolíticas (ENGLYST et al., 1992b).

Em legumes a proporção das frações amídicas é bastante variável e as concentrações de AR são predominantemente maiores comparado com os cereais (BEDNAR et al., 2001). Possivelmente, isto está relacionado com o que Ring et al. (1988) reportaram sobre as

formações cristalinas do tipo C em leguminosas que geralmente apresentam maior resistência à hidrólise do que as formações do tipo A.

A cinética de digestão do amido pelo leitão para a obtenção de energia pode ser diferente, gerando resposta glicêmica diferenciada. Provavelmente o amido de milho gera resposta glicêmica mais rápida quando comparada, por exemplo, com o amido de batata que têm menor proporção de ADR e ADL (Tabela 1).

Tabela 1: Frações de amido de alguns ingredientes (gramas/100g MS)

Ingrediente	ADR ¹	ADL ¹	AR ¹	AT ¹
Milho, grão	37,10	15,60	25,20	77,90
Arroz branco, grão	32,00	48,90	14,80	95,70
Sorgo, grão	29,20	13,90	36,10	79,20
Farinha de trigo	38,10	29,00	1,70	68,80
Amido de milho	70,00	22,00	7,90	99,90
Amido de batata	27,20	3,30	66,90	97,40

¹ADR = Amido de digestão rápida; ADL = Amido de digestão lenta; AR = Amido resistente; AT = Amido total (Adaptado de Bednar et al., 2001).

Dentre os ingredientes usados na alimentação de suínos o milho é considerado o alimento referência, mas pode ser substituído por outros, como farelo de arroz (GOMES et al., 2012), quirera de arroz (NEPOMUCENO et al., 2011), farinha de trigo (HONGTRAKUL et., 1998), farinha de banana verde (RENAUDEAU et al., 2014), entre outros.

A substituição do milho por arroz nas dietas de suínos resulta em aumento no consumo de ração, no ganho de peso diário e na digestibilidade (PLUSKE e HAMPSON, 2005; MATEOS et al., 2007; VICENTE et al., 2008; VICENTE et al., 2009). De acordo com Vicente et al. (2008) esta substituição tem resultado em melhora no desempenho de leitões, possivelmente devido ao alto índice glicêmico do arroz.

3. Composição da dieta e digestibilidade

As dietas pré-iniciais possuem em sua composição alimentos de origem vegetal, por outro lado, os leitões recém desmamados apresentam o sistema digestório pouco desenvolvido, pois além do limitado espaço físico do trato gastrointestinal a secreção das principais enzimas, como por exemplo as amilolíticas, é inadequada (MOLLY, 2001).

Com o avanço da idade, o leitão aumenta sua capacidade de digerir o amido pela ação da α -amilase, que cliva a ligação entre a segunda e a terceira molécula de D-glicose, resultando, principalmente, na produção de maltose e maltotriose (GRAY, 1992).

Segundo a IUBMB - International Union of Biochemistry and Molecular Biology (1992) a α -amilase (1,4- α -D-glicanohidrolase, EC 3.2.1.1) é responsável pela endo-hidrólise das ligações glicosídicas α -1,4 em polissacarídeos que contenham três ou mais ligações α -1,4 de D-glicose como amido, glicogênio e outros oligossacarídeos. Entretanto, o trigo e leguminosas como feijão e ervilha contêm inibidores de α -amilase como compostos polifenólicos ou ácidos fenólicos, acarbose, iso-acarbose e acarviosina-glicose (FARIAS et al., 2007), que dificultam a digestão do amido.

Inibidores da α -amilase de outra natureza também são responsáveis por dificultar a digestão do amido, como as amilostatinas e a acarbose produzidas a partir de fungos do gênero *Streptomyces* (NAMIKI et al., 1982; VÉRTESY et al., 1984) e bactérias do gênero *Actinoplanaceae* (TRUSCHEIT et al., 1981).

Além disso, a atividade de outras enzimas como a maltase-glucoamilase e sucrase-isomaltase que são importantes na digestão do substrato e na liberação de glicose, pode ser comprometida por determinados produtos da ação da α -amilase luminal (Figura 4), como maltose, maltotriose, maltotetraose, maltopentose e maltohexaose (CHIBA et al., 1976; QUEZADA-CALVILLO et al., 2007).

A moagem (LAURINEN et al., 2000; KIM et al., 2005) e o tratamento térmico (MENOYO et al., 2011) influenciam a digestibilidade dos alimentos pela inativação de inibidores de amido, quebra de ligações glicosídicas mais resistentes ou mesmo pelo controle de microrganismos produtores de substâncias inibidoras, promovendo a liberação de mais substrato para o ataque enzimático.

Compostos associados ao amido também podem comprometer a ação da alfa-amilase, a exemplo das gorduras, fibras e proteínas (PARADA e AGUILERA, 2011) e, conseqüentemente, a digestibilidade do amido.

4. Perfil amídico dos alimentos e respostas fisiológicas em leitões

A glicose é obtida especialmente a partir da digestão do amido e é o principal nutriente que determina e modifica os níveis de glicose pós-prandial (WOLEVER e BOLOGNESI, 1996) e, portanto, é importante regulador da resposta glicêmica e hormonal do indivíduo (O'DEA et al., 1981; ENGLYST et al., 1996; 1999).

A insulina é um hormônio pancreático importante no metabolismo da glicose regulando, por supressão, a produção endógena de glicose nos processos bioquímicos da glicogenólise e gliconeogênese, além disso, afeta indiretamente a secreção de glucagon e a lipólise (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016).

A glicose da dieta é responsável por regular a resposta glicêmica pós-prandial em suínos (BUYSE et al., 2002; HOODA et al., 2010) e sua relação com a ação hormonal da insulina é direta (COX, 1996; YIN et al., 2010; BACH KNUDSEN, 2011).

A taxa de digestão do amido afeta o nível de glicose sanguínea pós-prandial em suínos (VAN DER MEULEN et al., 1997) e a glicose também é importante na regulação dos transportadores de aminoácidos, estimulando a síntese proteica (ROOS et al., 2009).

De acordo com Yin et al. (2010) a presença de amido de digestão rápida na dieta de leitões desmamados, alimentados em intervalos de quatro horas, é importante para manter elevado os níveis sanguíneos de aminoácidos no período entre as refeições.

O pico de liberação de insulina é seguido por um declínio da glicose sanguínea, resultando em um estado de inanição (DREW et al., 2012). Pode-se sugerir, portanto, que alimentos que resultam em maiores índices glicêmicos, proporcionam repostas insulínicas mais rápidas, devido à alta correlação entre índice glicêmico e resposta de secreção de insulina (WOLEVER et al., 2006).

A fração ADR está diretamente relacionada com um pico de absorção de glicose que ocorre concomitantemente ao processo de digestão no intestino delgado e é intensa aos 30 minutos após o início da digestão e depois desse tempo é natural que se desencadeie um quadro hipoglicêmico que se alonga até a refeição subsequente (ENGLYST et al., 1992a; ENGLYST et al., 1999).

Menoyo et al. (2011) concluíram que a utilização de arroz ou milho crus ou termicamente processados nas dietas de leitões influenciaram o nível sérico de insulina. Dieta contendo arroz cru ou termicamente processado manteve o valor de insulina sérica acima do nível basal por 6 horas, enquanto em dieta com milho cru este tempo foi de apenas 3 horas.

Quando as taxas de digestão do amido e absorção de glicose são reduzidas no intestino delgado, principal sítio de absorção de nutrientes do trato gastrointestinal, a resposta pós-

prandial de glicose e insulina decrescem substancialmente (CUMMINGS e ENGLYST, 1995).

Segundo Zhang e Hamaker (2009) a determinação das frações amídicas permite caracterizar a propriedade nutricional dos alimentos, pois tem relação com a digestibilidade e velocidade de absorção dos nutrientes, principalmente a glicose, desse modo, as proporções das frações do amido da dieta, determinam importantes consequências fisiológicas para o organismo.

A fração ADL merece muita atenção e mais esclarecimentos quanto a sua funcionalidade e atuação no metabolismo e fisiologia geral de humanos e animais, uma vez que suas propriedades físico-químicas, capazes de conferir menor velocidade de digestão, podem atuar na regulação glicêmica e produzir padrões desejáveis de manutenção dos níveis séricos de glicose, que se estenda até a próxima refeição (ZHANG e HAMAKER, 2009).

O fornecimento de amido com alto índice glicêmico para ratos por três semanas promoveu no tecido adiposo aumentos na atividade da enzima ácido graxo sintase e na expressão do gene do GLUT 4, porém, diminuiu o RNAm da enzima fosfoenolpiruvato carboxiquinase, que participa na gliconeogênese (CLARKE et al., 1990).

Por outro lado, Kabir et al. (1998) verificaram que a substituição de amido com alto índice glicêmico por amido de baixo índice glicêmico na dieta de ratos, promoveu aumento da oxidação da glicose, diminuição da incorporação de glicose para formação de lipídeos e diminuição do diâmetro dos adipócitos.

Martinez-puig et al. (2006) verificaram que a presença de amido de milho na dieta de suínos na fase de crescimento proporcionou maior concentração de glicose e insulina no sangue e aumento na atividade de enzimas lipogênicas em relação ao amido de batata.

Os perfis amidicos dos alimentos também exercem ação na saúde gastrintestinal de suínos. A inclusão de amido resistente (AR) na dieta de suínos é importante na modulação da microbiota intestinal (HAENEN et al., 2013), pois tem ação prebiótica (BACH KNUDSEN et al., 2012), quando utilizado em níveis adequados, entretanto, a inclusão exagerada de alimentos que contenham alta concentração de AR pode desencadear quadros diarreicos com maior frequência (PLUSKE et al., 1998) .

A fração AR está relacionada com efeitos benéficos a saúde do animal (ANNISON e TOPPING, 1994; FERGUSON et al., 2000), porque aumenta a produção de ácidos graxos de cadeia curta, como o butirato que é importante para a nutrição de enterócitos (PEREIRA, 2007).

Na suinocultura, o desmame é considerado um momento bastante crítico para o leitão, devido a imaturidade dos sistemas imunológico e digestório dos animais e a exposição a agentes estressores tais como, novo ambiente, separação da mãe, alojamento de diversas leitegadas em uma mesma baia e transição de dieta líquida (leite materno) para dieta sólida. Desse modo, na fase pós-desmame é comum a ocorrência de enterotoxemias causadas geralmente por agentes como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens* e/ou *Campylobacter jejuni* (EWING, 2009) pelo fato do trato gastrintestinal estar mais susceptível a colonização por patógenos (WILLIAMS et al., 2001) devido, principalmente, às modificações que ocorrem no epitélio do intestino (LALLÈS et al., 2004).

Considerando que os carboidratos não digestíveis desempenham papel prebiótico importante por terem potencial restaurador da flora gastrintestinal e aumentarem a resistência à colonização por bactérias patogênicas (BINDELS et al., 2015) a inclusão de fontes de amido com proporções diferentes da fração AR nas dietas parece uma boa estratégia para modulação da microbiota entérica e melhorar a saúde do animal (ANNISON e TOPPING, 1994; PEREIRA, 2007; FERGUSON et al., 2000; BACH KNUDSEN et al., 2012; HAENEN et al., 2013).

Estudos sobre a digestão do amido de alimentos são importantes em nutrição de suínos (YIN et al. 2010; MENOYO et al., 2011; GIUBERT et al., 2012) porque podem modificar e estruturar conceitos que viabilizem melhorar a eficiência do metabolismo energético e, por consequência, aumentar a eficiência do metabolismo proteico (LI et al., 2008; YIN et al. 2010; AMARAL et al., 2015).

Desse modo, o Capítulo II, intitulado “*FONTES E PERFIS DE AMIDO EM DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS*” foi redigido de acordo com as normas estabelecidas pelo periódico *Animal*.

5. Referências

AMARAL, N.O.; AMARAL, L.G.M.; CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ZANGERONIMO, M.G.; RODRIGUES, P.B. Influence of maize particle size on the kinetics of starch digestion in the small intestine of growing pigs. **Animal Production Science**, v. 55, n. 10, p. 1250-1254, 2015.

ANNISON, G.; TOPPING, D.L. Nutritional role of resistant starch: chemical structure vs physiological function. **Annual Review of Nutrition**, v. 14, n. 1, p. 297-320, 1994.

BACH KNUDSEN, K. E.; TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM: Effects of polymeric carbohydrates on growth and development in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 1965-1980, 2011.

BACH KNUDSEN, K.E.; HEDEMANN, M.S.; LARKE, H.N. The role of carbohydrates in intestinal health of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 173, n. 1, p. 41-53, 2012.

BEDFORD, M. R.; SCHULZE, H. Exogenous enzymes for pigs and poultry. **Nutrition Research Reviews**, v. 11, n. 01, p. 91-114, 1998.

BEDNAR,G.E.; PATIL, A.R.; MURRAY, S.M. GRIESHOP,C.M.; MERCHEN, N.R.; FAHEY JR, G.C. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. **Journal of Nutrition**, v.131, p. 276–286, 2001.

BINDELS, L.B.; DELZENNE, N.M.; CANI, P.D.; WALTER, J. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 12, n. 5, p. 303-310, 2015.

BUYSE, J.; JANSSENS, K.; VAN DER GEYTEN, S.; VAN AS, P.; DECUYPERE, E.; DARRAS, V.M. Pre-and postprandial changes in plasma hormone and metabolite levels and hepatic deiodinase activities in meal-fed broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 06, p. 641-653, 2002.

CHIBA, S.; HIBI, N.; SHIMOMURA, T. Substrate Specificity of a Neutral α -Glucosidase from Pig Serum. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 40, n. 9, p. 1813-1817, 1976.

CHOCT, M.. Non-starch polysaccharides: Effect on nutritive value. In: Poultry Feedstuffs, p.221-235. McNab, J. M.; Boorman, N.K., ed. CABI Publ., Wallingford, UK, 2002.

CLARKE, S. D.; ARMSTRONG, M.K.; JUMP, D. B. Nutritional control of rat liver fatty acid synthase and S14 mRNA abundance. **Journal of Nutrition**, v.120, p.218–224, 1990.

COX, N.M. Control of follicular development and ovulation rate in pigs. **Journal of Reproduction and Fertility**. Supplement, v. 52, p. 31-46, 1996.

CUMMINGS, J.H.; ENGLYST, H.N. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, n. 4, p. 938S-945S, 1995.

DREW, M.D.; SCHAFER,T.C.; ZIJLSTRA, R.T. Glycemic index of starch affects nitrogen retention in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.90, p.1233-1241, 2012.

EBERT, A.R.; RIBEIRO, A. M.L.; KESSLER, A.M. Desempenho e digestibilidade de leitões recém desmamados recebendo grãos de arroz, milho ou farinha de trigo escura. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 13, n. 2, p. 43-50, 2005.

ELIASSON, A. (Ed.). **Starch in food: Structure, function and applications**. CRC Press, 2004.

ENGLYST, H. N., KINGMAN, S. M. & CUMMINGS, J. H. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography. *Analyst*, v. 117, n. 11, p. 1707-1714, 1992.

ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, p. S33-50, 1992.

ENGLYST, H.N.; VEENSTRA, J.; HUDSON, G.J. Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant food: a potential in vitro predictor of the glycaemic response. **British Journal of Nutrition**, v. 75, p. 327-337, 1996.

ENGLYST, K.N.; ENGLYST, H.N.; HUDSON, G.J.; COLE, T.J.; CUMMINGS, J.H. Rapidly available glucose in foods: an in vitro measurement that reflects the glycemic response. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 3, p. 448-454, 1999.

EWING, W.N. **The living gut**. Nottingham University Press, 2009.

FARIAS, L.R.; COSTA, F.T.; SOUZA, L.A.; PELEGRINI, P.B.; GROSSI-DE-SÁ M.F.; NETO, S.M.; BLOCH JR., C.; LAUMANN, R.A.; NORONHA, E.F.; FRANCO, O.L. Isolation of a novel *Carica papaya* α -amylase inhibitor with deleterious activity toward *Callosobruchus maculatus*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 87, n. 3, p. 255-260, 2007.

FENG, G.H.; RICHARDSON, M.; CHEN, M.S.; KRAMER, K.J.; MORGAN, T.D.; REECK, G.R. α -Amylase inhibitors from wheat: amino acid sequences and patterns of inhibition of insect and human α -amylases. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 26, n. 5, p. 419-426, 1996.

FERGUSON, L.R.; TASMAN-JONES, C.; ENGLYST, H.; HARRIS, P.J. Comparative effects of three resistant starch preparations on transit time and short-chain fatty acid production in rats. **Nutrition and Cancer**, v. 36, n. 2, p. 230-237, 2000.

GIUBERTI, G.; GALLO, A.; CERIOLI, C.; MASOERO, F. In vitro starch digestion and predicted glycemic index of cereal grains commonly utilized in pig nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 174, n. 3, p. 163-173, 2012.

GODDARD, M.S.; YOUNG, G.; MARCUS, R. The effect of amylose content on insulin and glucose response to ingested rice. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 42, p.495–503, 1984.

GOMES, T.R.; CARVALHO, L.E.; FREITAS, E.R.; NEPOMUCENO, R.C.; ELLERY, E.A.C.; RUFINO, R.H.M.. efeito da inclusão de farelo de arroz integral em rações para leitões de 21 a 42 dias de idade. **Archivos de Zootecnia**, v.61, p.129-139, 2012.

GRAY, G.M. Starch digestion and absorption in nonruminants. **The Journal of Nutrition**, v. 122, n. 1, p. 172, 1992.

GRZYBOWSKI, R.A.; DONNELLY, B.J. Starch gelatinization in cooked spaghetti. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 5, p. 1304-1305, 1977.

HAENEN, D.; ZHANG, J.; SILVA, C.S.; BOSCH, G.; VAN DER MEER, I.M.; VAN ARKEL, J.; VAN DEN BORNE, J.J.G.C.; GUTIERREZ, O.P.; SMIDT, H.; KEMP, B.; MÜLLER, M.; HOOIVELD, G.J.E.J. A diet high in resistant starch modulates microbiota composition, SCFA concentrations, and gene expression in pig intestine. **The Journal of Nutrition**, v. 143, n. 3, p. 274-283, 2013.

HANSEN, L.P.; JONES, F.T. A MICROSCOPIC VIEW OF THERMAL-PROCESSED WHEAT FLOUR. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 5, p. 1236-1242, 1977.

HOODA, S.; MATTE, J.J.; VASANTHAN, T.; ZIJLSTRA, R.T. Dietary oat β -glucan reduces peak net glucose flux and insulin production and modulates plasma incretin in portal-vein catheterized grower pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 140, n. 9, p. 1564-1569, 2010.

IMBERTY, A.; BULON, A.; TRAN, V.; PEREZ, S. Recent advances in knowledge of starch structure. **Starch-Stärke**, v. 43, n. 10, p. 375-384, 1991.

IUBMB - INTERNATIONAL UNION OF BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY (Org.). **Enzyme Nomenclature**. 1992. Disponível em: <<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/EC3/0201a.html#001>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

JENKINS, D.J.; WOLEVER, T.M.; TAYLOR, R.H.; BARKER, H.; FIELDEN, H.; BALDWIN, J.M.; BOWLING, A.C.; NEWMAN, H.C.; JENKINS, A.L.; GOFF, D.V. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, n. 3, p. 362-366, 1981.

KABIR, M.; RIZKALLA, S.W.; CHAMP, M.; LUO, J.; BOILLOT, J.; BRUZZO, F.; SLAMA, G. Dietary amylase-amylpectin starch content affects glucose and lipid metabolism in adipocytes of normal and diabetic rats. **Journal of Nutrition**, v.128, p.35-43, 1998.

KIM, T. H.; LEE, Y. Y. Pretreatment and fractionation of corn stover by ammonia recycle percolation process. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 18, p. 2007-2013, 2005.

LALLÈS, J.; BOUDRY, G.; FAVIER, C.; LE FLOC'H, N.; LURON, I.; MONTAGNE, L.; OSWALD, I. P.; PIÉ, S.; PIEL, C.; SÈVE, B. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. **Animal Research**, v. 53, n. 4, p. 301-316, 2004.

LAURINEN, P.; SILJANDER-RASI, H.; KARHUNEN, J.; ALAVIUHKOLA, T.; NÄSI, M.; TUPPI, K. Effects of different grinding methods and particle size of barley and wheat on pig performance and digestibility. **Animal Feed Science And Technology**, v. 83, n. 1, p. 1-16, 2000.

LI, T.J. ; DAI, Q.Z. ; YIN, Y.L. ; ZHANG, J. ; HUANG, R.L.; RUAN, Z.; DENG, Z.; XIE, M. Dietary starch sources affect net portal appearance of amino acids and glucose in growing pigs. **Animal** 2, 723–729, 2008.

LLORCA, E.; HERNANDO, I.; PEREZ-MUNUERA, I.; QUILES, A.; LARREA, V.; LLUCH, M.Á. The structure of starch granules in fried battered products. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 8, p. 1407-1412, 2007.

LOVATTO, P. A.; SAUVANT, D. Modeling homeorhetic and homeostatic controls of pig growth. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 3, p. 683-696, 2003.

MARTINEZ-PUIG, D.; MOUROT, J.; FERCHAUD-ROUCHER, V.; ANGUITA, M.; GARCIA, F.; KREMPF, M.; PÉREZ, J. F. Consumption of resistant starch decreases lipogenesis in adipose tissues but not in muscular tissues of growing pigs. **Livestock Science**, v.99, p.237-247, 2006.

MATEOS, G.G.; MARTÍN, F.; LATORRE, M.A.; VICENTE, B.; LÁZARO, R. The effect of inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, n. 1, p. 100-112, 2007.

MENOYO, D. ; SERRANO, M.P.; BARRIOS, V.; VALENCIA, D.G.; LAZARO, R.; ARGENTE, J.; MATEOS, G.G. Cereal type and heat processing of the cereal affect nutrient digestibility and dynamics of serum insulin and ghrelin in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 9, p. 2793-2800, 2011.

MOLLY, K. Formulating to solve the intestinal puzzle. **Pig Progress**, v. 17, p. 20-22, 2001.

NAMIKI, S.; KANGOURI, K.; NAGATE, T.; HARA, H.; SUGITA, K.; OMURA, S. Studies on the. ALPHA.-glucoside hydrolase inhibitor, adiposin. I. Isolation and physicochemical properties. **The Journal of Antibiotics**, v. 35, n. 9, p. 1234-1236, 1982.

NCR, NRC. Nutrient requirements of swine. 2012.

NELSON, D.L. ; COX, M.M. **Lehninger Princípios de Bioquímica**. Tradução de : Simões, A.A. ; Lodi, W.R.N. Sarvier, 2006.

NEPOMUCENO, R.C; CARVALHO, L.E.; FREITAS, E.R.; GOMES, T.R.; AQUINO, T.M.F.; ELLERY, E.A.C.; MOREIRA, R.H.R.; VIEIRA, J.J.F. Inclusão da quirera de arroz em rações de suínos na fase de creche. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, p.718-728, 2011.

NOAH, L. ; KREMPEL, M. ; LECANNU, G. ; MAUGERE, P. ; CHAMP, M. Bioavailability of starch and postprandial changes in splanchnic glucose metabolism in pigs. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 278, n. 2, p. E181-E188, 2000.

NOBLET, J.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, n. 1, p. 35-52, 2001.

NOBLET, J.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 3, p. 648-657, 1994.

O'DEA, K.; SNOW, P.; NESTEL, P. Rate of starch hydrolysis in vitro as a predictor of metabolic responses to complex carbohydrate in vivo. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, n. 10, p. 1991-1993, 1981.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (Org.). **Descritores em Ciências da Saúde**. Disponível em: <<http://decs.bvs.br/cgi-bin/wxis1660.exe/decsserver/>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

PARADA, J.; AGUILERA, J. M. Review: starch matrices and the glycemic response. **Food Science and Technology International**, p. 1082013210387712, 2011.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PEREIRA, K.D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 88-92, 2007.

PLUSKE, J.R.; DURMIC, Z.; PETHICK, D.W.; MULAAN, B.P.; HAMPSON, D.J. Confirmation of the role of old rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. **Journal of Nutrition**, v.128, p.1737-1744, 1998.

PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. Rice-based Diets in Pigs: For Protection Against Intestinal Bacterial Infections: a Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. **Rural Industries Research and Development Corporation**, 2005.

QUEZADA-CALVILLO, R.; ROBAYO-TORRES, C.C.; AO, Z.; HAMAKER, B.R.; QUARONI, A.; BRAYER, G.D.; STERCHI, E.E.; BAKER, S.S.; NICHOLS, B.L. Luminal substrate “brake” on mucosal maltase-glucoamylase activity regulates total rate of starch digestion to glucose. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, v. 45, n. 1, p. 32-43, 2007.

REGMI, P.R.; MATTE, J.J.; VAN KEMPEN, T.A.T.G.; ZIJLSTRA, R.T. Starch chemistry affects kinetics of glucose absorption and insulin response in swine. **Livestock Science**, v. 134, n. 1, p. 44-46, 2010.

RENAUDEAU, D.; BROCHAIN, J.; GIORGI, M.; BOCAGE, B.; HERY, M.; CRANTOR, E.; MARIE-MAGDELEINE, C.; ARCHIMÈDE, H. Banana meal for feeding pigs: digestive utilization, growth performance and feeding behavior. **Animal**, v. 8, n. 04, p. 565-571, 2014.

RING, S.G.; GEE, J.M.; WHITTAM, M.; ORFORD, P.; JOHNSON, I.T. Resistant starch: its chemical form in foodstuffs and effect on digestibility in vitro. **Food Chemistry**, v. 28, n. 2, p. 97-109, 1988.

ROGEL, A.M.; ANNISON, E.F.; BRYDEN, W.L.; BALNAVE, D. The digestion of wheat starch in broiler chickens. **Crop and Pasture Science**, v. 38, n. 3, p. 639-649, 1987.

ROOS, A. A.; PERSSON, T.; KRAWCZYK, H.; ZACCHI, G.; STÅLBRAND, H. Extraction of water-soluble hemicelluloses from barley husks. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 2, p. 763-769, 2009.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.P.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 2011. 252p.

SUN, T.; LÆRKE, H.N.; JØRGENSEN, H.; KNUDSEN, K.E.B. The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, n. 1, p. 67-86, 2006.

SVIHUS, B.; UHLEN, A.K.; HARSTAD, O.M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, n. 3, p. 303-320, 2005.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M.; ARBOIT, C.; WOLOZSIM, N. Custos agregados da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação. **Custos e@gronegocioonline**, v. 2, 2006.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch structure and digestibility enzyme-substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 02, p. 186-195, 2004.

TRUSCHEIT, E.; FROMMER, W.; JUNGE, B.; MÜLLER, L.; SCHMIDT, D. D.; WINGENDER, W. Chemistry and Biochemistry of Microbial α -Glucosidase Inhibitors. **Angewandte Chemie International Edition in English**, v. 20, n. 9, p. 744-761, 1981.

VAN DER MEULEN, J.; BAKKER, G.C.M.; BAKKER, J.G.M.; DE VISSER, H.; JONGBLOED, A.W.; EVERTS, H. Effect of resistant starch on net portal-drained viscera flux of glucose, volatile fatty acids, urea, and ammonia in growing pigs. **Journal of Animal Science-Menasha then Albany then Champaign Illinois**, v. 75, p. 2697-2704, 1997.

VÉRTESY, L.; OEDING, V.; BENDER, R.; ZEPF, K.; NESEMANN, G. Tendamistat (HOE 467), a tight-binding α -amylase inhibitor from *Streptomyces tendae* 4158. **European Journal of Biochemistry**, v. 141, n. 3, p. 505-512, 1984.

VICENTE, B.; VALENCIA, D.G.; PÉRZ-SERRANO, M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. The effects of feeding rice in substitution of corn and degree of starch gelatinization of rice in the digestibility of dietary components and productive performance of Young pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p.119-126, 2008.

VICENTE, B.; VALENCIA, D.G.; SERRANO, P.M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effects of feeding rice and the degree of starch gelatinisation of rice on nutrient digestibility and ileal morphology of young pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 101, n. 09, p. 1278-1281, 2009.

WHITTEMORE, C. T.; FAWCETT, R. H. Model responses of the growing pig to the dietary intake of energy and protein. **Animal Production**, v. 19, n. 02, p. 221-231, 1974.

WILLIAMS, B. A.; VERSTEGEN, M.W. A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Reviews**, v. 14, n. 02, p. 207-228, 2001.

WOLEVER, T. M. S.; YANG, M.; ZENG, X.Y.; ATKINSON, F.; BRAND-MILLER, J.C. Food glycemic index, as given in Glycemic Index tables, is a significant determinant of glycemic responses elicited by composite meals. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.306-1312, 2006.

WOLEVER, T.M.S.; BOLOGNESI, C. Prediction of glucose and insulin responses of normal subjects after consuming mixed meals varying in energy, protein, fat, carbohydrate and glycemic index. **Journal of Nutrition**, v.126, p.2807-2812, 1996.

YIN, F.; ZHANG, Z.; HUANG, J.; YIN, Y. Digestion rate of dietary starch affects systemic circulation of amino acids in weaned pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 103, n. 10, p. 1404-1412, 2010.

YOUNG, A. H. Fractionation of starch. **Starch: Chemistry and Technology**, v. 2, n. 1, p. 249-283, 1984.

ZHANG, G.; HAMAKER, B.R. Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 49, n. 10, p. 852-867, 2009.

ZHANG, G.; VENKATACHALAM, M.; HAMAKER, B. R. Structural basis for the slow digestion property of native cereal starches. **Biomacromolecules**, v. 7, n. 11, p. 3259-3266, 2006.

ZOBEL, H. F. Starch crystal transformations and their industrial importance. **Starch-Stärke**, v. 40, n. 1, p. 1-7, 1988.

CAPÍTULO II

FONTES E PERFIS DE AMIDO EM DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS

Resumo: Neste estudo foram avaliados os efeitos de fontes com perfis distintos de amido nas dietas de leitões desmamados, sobre o desempenho produtivo e resposta pós-prandial de glicose (G), insulina (I) e ureia (U) sérica. Foram realizados três ensaios: Ensaio I - Determinação *in vitro* das frações de amido de digestão rápida (ADR), amido de digestão lenta (ADL) e amido resistente (AR) no milho grão, quirera do arroz, trigo grão e farinha de banana verde. Ensaio II - Desempenho produtivo de 96 leitões desmamados dos 21 aos 59 dias de idade média; Ensaio III - Determinação *in vivo* da resposta glicêmica às dietas e dos níveis séricos de insulina e ureia em 32 leitões com idade média de 42 dias. Nos ensaios II e III as dietas experimentais avaliadas foram: M = Dieta a base de milho grão como principal fonte de amido; MQa = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz; MQaT = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz e trigo grão; MQaTB= Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde. A fração ADR foi maior no milho grão (31,1%) em relação a quirera de arroz (28,5%), trigo grão (26,1%) e farinha de banana verde (14,8%). Com relação a fração ADL, o maior teor foi verificado na quirera de arroz (39,5%), seguido da farinha de banana verde (20,0%), do milho grão (17,3%) e do trigo grão (8,4%), enquanto a fração AR foi maior na farinha de banana verde (44,7%), seguida do milho grão (21,5%), trigo grão (15,0%) e da quirera de arroz (11,4%). Nos primeiros 15 dias do período experimental a substituição parcial do milho grão por quirera de arroz (dieta MQa) melhorou o GDP dos leitões, comparado com aqueles alimentados com as dietas M e MQaT, bem como a CA em relação aos animais que receberam a dieta M. Não houve efeito significativo nos níveis de G,I e U. Dietas com maior teor de ADL melhoram o GDP e CA de leitões nos primeiros 15 dias da fase de creche.

Palavras-chave: desempenho produtivo; frações de amido; parâmetros sanguíneos; suínos.

STARCH SOURCES AND PROFILES ON WEANED PIGLETS DIETS

Abstract: In this study the effects of different starch sources and profiles in diets of weaned piglets on the productive performance and postprandial response of glucose (G), insulin (I) and serum urea (U) were evaluated. Three trials were carried out: Trial I - *In vitro* determination of the rapidly digestion starch (RDS), slow digestion starch (SDS) and resistant starch (RS) in corn, broken rice, wheat and green banana flour. Trial II - Productive performance of 96 weaned piglets from 21 to 59 days old; Trial III - *In vivo* determination of the glycemic response of diets and serum levels of insulin and urea in 32 piglets with 42 days old. In trials II and III the experimental diets evaluated were: M = Diet based on corn as main source of starch; MQa = Diet with partial replacement of corn per broken rice; MQaT = Diet with partial replacement of corn per broken rice and wheat grain; MQaTB = Diet with partial replacement of corn per broken rice and wheat grain and green banana flour. The RDS fraction was higher in corn grain (31.1%) than in rice (28.5%), wheat (26.1%) and green banana flour (14.8%). In SDS fraction, the highest content was observed in rice (39.5%), followed by green banana (20.0%), corn (17.3%) and wheat, while the RS fraction was higher in green banana flour (44.7%), followed by corn (21.5%), wheat (15.0%) and rice (11.4%). In the first 15 days of the study, the partial replacement of corn by rice (MQa diet) improved piglet ADWG, compared to those fed with the M and MQaT diets, as well as the feed:gain ratio in relation to the animals that received the diet M. There was no significant effect on G, I and U levels. Diets with higher SDS content improved the ADWG and feed:gain ratio of piglets in the first 15 days of the day care phase.

Keywords: productive performance; starch fractions; blood parameters; swine.

Introdução

A alimentação é o item de maior participação percentual no custo total de produção na suinocultura (NOBLET, 2001; TALAMINI et al., 2006). Dessa forma, fazem-se necessários conhecimentos acerca das possíveis alternativas para redução do custo da alimentação, preservando ou mesmo melhorando o retorno econômico da atividade.

As dietas de suínos são ricas em carboidratos, especialmente em amido, que é a principal fonte de energia presente em cereais, raízes, tubérculos e derivados. O amido é um carboidrato complexo composto por dois tipos de polímeros de glicose, a amilopectina e a amilose (NELSON e COX, 2006) cujas proporções influenciam diretamente a sua digestibilidade (ENGLYST et al., 1996).

A glicose, que é obtida no processo de hidrólise do amido, é o principal nutriente que determina e modifica os níveis sanguíneos de glicose pós-prandial (WOLEVER e BOLOGNESI, 1996) sendo importante regulador da resposta glicêmica e hormonal do indivíduo (O'DEA et al., 1981; ENGLYST et al., 1996; 1999), pois, influencia o nível de insulina pós-prandial que, por sua vez, atua na regulação da glicose sanguínea e na modulação da absorção de nutrientes (ZHANG e HAMAKER, 2009).

Quando as taxas de digestão do amido e absorção de glicose são reduzidas no intestino delgado, as respostas pós-prandiais de glicose e insulina decrescem substancialmente (CUMMINGS e ENGLYST, 1995). Diversos fatores, podem influenciar negativamente a digestibilidade do amido por inibirem (NAMIKI et al., 1982; VÉRTESY et al., 1984; FARIAS et al., 2007) ou dificultarem a ação das enzimas amilolíticas, seja devido a aspectos estruturais (YOUNG, 1984; ZOBEL, 1988) ou de processamento do amido (SUN et al., 2006; QUEZADA-CALVILLO et al., 2007; BACH KNUDSEN, 2011; MENOYO et al., 2011). Assim, Englyst et al. (1992a) propuseram um método de fracionamento do amido, levando-se em conta a digestibilidade *in vitro* de suas frações, classificando-as em amido de digestão rápida (ADR), amido de digestão lenta (ADL) e amido resistente (AR).

A otimização do processo digestivo do amido é uma preocupação relevante em nutrição de suínos (YIN et al. 2010; MENOYO et al., 2011; GIUBERT et al., 2012) porque pode aumentar a eficiência do metabolismo energético, refletindo positivamente sobre o metabolismo proteico (LI et al., 2008; YIN et al. 2010; AMARAL et al., 2015).

A utilização de alimentos ricos em amido nas dietas dos suínos é muito mais frequente do que de amidos processados, portanto, o estudo da eficiência da utilização das matérias-primas com diferenças na composição quanto as frações ADR, ADL e AR pode ser importante para auxiliar os nutricionistas na formulação de dietas que atendam de maneira

mais eficiente as exigências nutricionais dos suínos.

Deste modo, o estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos do fornecimento de dietas com diferentes fontes e perfis de amido para leitões desmamados, sobre o desempenho produtivo e resposta pós-prandial de glicose, insulina e ureia no sangue.

Material e métodos

Os experimentos de desempenho produtivo e de determinação *in vivo* da resposta glicêmica das dietas e dos níveis séricos de insulina e uréia foram conduzidos na Unidade Experimental de Suínos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, após aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (FMVZ-UNESP), protocolo nº 111/2015-CEUA.

Ensaio I - Determinação das frações de amido nos alimentos

Os perfis amídicos do milho grão, quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde foram analisados no Centro de Amidos e Raízes Tropicais da Faculdade de Ciências Agronômicas (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) de acordo com o método de Englyst et al. (1992a) que se fundamenta na cinética de digestão *in vitro* do amido.

Ensaio II - Desempenho produtivo

No ensaio de desempenho, com 38 dias de duração, foram utilizados 96 leitões recém-desmamados híbridos comerciais (48 machos castrados e 48 fêmeas) com peso inicial médio de $5,84 \pm 0,219$ kg, distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso com oito repetições e três leitões por unidade experimental. Os critérios para a formação dos blocos foram o peso inicial e sexo.

Os animais foram confinados em baias com piso ripado de plástico, medindo $1,70\text{m}^2$, equipada com comedouro, bebedouro do tipo chupeta e campânula com resistência elétrica para aquecimento. Durante o período experimental, a temperatura mínima e máxima do ar do galpão foram controladas e registradas.

Os leitões foram submetidos a um programa de alimentação de três fases: Fase Pré-Inicial I, Fase Pré- Inicial II e Fase Inicial, com 15, 14 e 9 dias de duração, respectivamente. As dietas experimentais foram formuladas para apresentarem diferenças em relação às frações de amido de digestão rápida, amido de digestão lenta e amido resistente, graças a combinação de diferentes fontes de amido. As dietas avaliadas foram: M = Dieta a base de milho grão

como principal fonte de amido; MQa = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz; MQaT = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz e trigo grão; MQaTB = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde.

Todas as dietas foram formuladas para serem isonutritivas e para atender as exigências nutricionais propostas por Rostagno *et al.* (2011). As informações da composição percentual e nutricional das dietas experimentais são apresentadas nas Tabelas 2 e 3. Durante todo o período experimental, os animais receberam ração e água à vontade.

Na moagem do milho grão, quirera de arroz e do trigo grão foi utilizado moinho de serra com diâmetro de peneiras distintos, no intuito de tornar semelhante a granulometria dos produtos moídos.

Para a determinação de ganho de peso, os animais foram pesados no início e no final das fases pré-inicial I, pré-inicial II e inicial. O consumo de ração foi calculado para cada fase, por diferença entre a quantidade de ração fornecida aos animais em cada parcela e as respectivas sobras. A conversão alimentar foi calculada pela divisão entre o consumo de ração e o ganho de peso dos animais.

As variáveis de desempenho foram submetidas à análise de variância considerando significância quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $0,05 \leq P \leq 0,10$, por meio do procedimento GLM do pacote estatístico SAS 9.2 (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA).

Ensaio III - Determinação in vivo da resposta glicêmica das dietas e dos níveis séricos de insulina e uréia

Neste ensaio foram utilizados 32 leitões (16 machos castrados e 16 fêmeas) híbridos comerciais desmamados com idade média de 21 dias, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (dietas pré-iniciais II) e oito repetições. As dietas foram as mesmas avaliadas no experimento de desempenho (Tabelas 2 e 3).

Aos 35 dias de idade média os leitões foram alojados em gaiolas individuais para estudo de metabolismo e passaram a receber as dietas pré-iniciais II. Aos 40 dias de idade média foram submetidos ao procedimento não cirúrgico descrito por Carroll *et al.* (1999) para a inserção de um cateter na veia cava cranial. Durante o período em que os animais estiveram com os cateteres realizou-se por cinco vezes ao dia limpezas com 2 mL de solução de heparina sódica (4 UI/kg de peso vivo). A pele ao redor do cateter foi tratada diariamente com solução 2% de digliconato de clorexidina com tensoativos.

Após os sete dias de adaptação às gaiolas e dietas e dois dias de adaptação ao cateter foram realizadas as coletas de sangue. Os leitões foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas e na sequência foi realizada a primeira coleta (coleta no tempo 0), em seguida os animais tiveram acesso a ração (200 g/animal) por 25 minutos e ao final deste intervalo iniciou-se a contagem do tempo para as próximas coletas de sangue realizadas após 30, 90, 180 e 360 minutos.

As coletas de sangue foram realizadas usando agulhas hipodérmicas de 40x12 mm e seringas descartáveis de 5 mL que eram usadas na punção através do cateter e, em seguida, o sangue transferido para tubo a vácuo de 4 mL contendo fluoreto de sódio (BD Vacutainer, Franklin Lakes, NJ, USA), para análise de glicose, e para tubo a vácuo de 4 mL somente com ativador de coágulo (BD Vacutainer, Franklin Lakes, NJ, USA), para análise de uréia e insulina.

As amostras de sangue foram submetidas à centrifugação (Centribio, modelo 80-2B, China) a 3000 rpm e 60 Hz por 15 min para obtenção de soro, que foi armazenado em microtubos de 2 mL de fundo cônico (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) e imediatamente congelado em freezer a -18°C para quantificações posteriores.

Para determinação de glicose (método enzimático-colorimétrico) e uréia (método UV cinético de tempo fixo) as amostras foram encaminhadas ao laboratório de bioquímica da UNIPEX (Unidade de Pesquisa Experimental) da Faculdade de Medicina, UNESP, Câmpus de Botucatu. As análises de insulina (método radioimunoensaio) foram realizadas no Laboratório de Endocrinologia Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba, UNESP, Câmpus de Araçatuba.

As variáveis parâmetros sanguíneos foram submetidas à análise de variância atribuindo significância quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $0,05 \leq P \leq 0,10$, por meio do procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA). Posteriormente foi aplicado o comando Repeated considerando-se a estrutura de covariância de Simetria Composta para a avaliação dos efeitos em medidas repetidas no tempo.

Resultados

Ensaio I – Determinação das frações de amido nos alimentos

Os resultados das análises de fracionamento do amido em amido de digestão rápida (ADR), amido de digestão lenta (ADL) e amido resistente (AR) do milho grão, quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde são apresentados na Tabela 3, enquanto na

Tabela 4 são mostrados os valores calculados dessas frações nas dietas pré-inicial I, pré-inicial-II e inicial.

A fração ADR foi maior no milho grão, valores intermediários foram verificados na quirera de arroz e no trigo grão e o menor valor na farinha de banana verde. Com relação a fração ADL, a quirera de arroz apresentou maior teor, seguido da farinha de banana verde, do milho grão e do trigo grão. A fração AR foi maior na farinha de banana verde, seguida do milho grão, trigo grão e da quirera de arroz.

Os teores calculados de Amido Total pelo somatório dos valores das frações de ADR, ADL e AR variaram de 34,38% a 37,00% na dieta pré-inicial I, de 37,28% a 40,12% na dieta pré-inicial II e de 42,37% a 45,59% na dieta inicial.

Nas dietas de cada uma das fases, as quantidades de ADR foram semelhantes, porém decrescentes considerando-se a sequência M, MQa, MQaT e MQaTB. A dieta M foi a que apresentou menor concentração da fração ADL e nas dietas MQaT e MQaTB os teores de ADL foram semelhante, mas inferiores ao verificado na dieta MQa. Em relação a fração AR, as dietas M e MQaTB apresentaram valores semelhantes mas superiores aos das dietas MQa e MQaT, sendo o menor valor verificado na dieta MQaT (Figura 4).

Ensaio II – Desempenho produtivo

Os resultados de desempenho são apresentados na Tabela 5. Os tratamentos utilizados não influenciaram ($P > 0,05$) o consumo diário de ração no período de 0 a 15 dias e para nenhum dos resultados de desempenho nos períodos acumulados de 0 a 29 e de 0 a 38 dias de experimento, entretanto, nos primeiros 15 dias a substituição parcial do milho grão por quirera de arroz (dieta MQa) melhorou o GDP ($P = 0,05$) dos leitões, comparado com aqueles alimentados com as dietas M e MQaT, bem como a CA ($P = 0,03$) em relação aos animais que receberam a dieta M. A dieta MQaTB promoveu GDP intermediário e semelhante às outras dietas, enquanto as dietas MQaT e MQaTB resultaram em CA intermediárias comparado com as dietas M e MQa.

*Ensaio III – Determinação **in vivo** da resposta glicêmica das dietas e dos níveis séricos de insulina e uréia.*

A análise dos parâmetros sanguíneos mostrou que não houve efeito significativo das dietas ao longo do tempo sobre os níveis séricos de glicose, insulina e ureia, contudo, verificou-se tendência ($P = 0,07$) do teor sanguíneo de glicose dos animais que receberam a

dieta MQa ser inferior trinta minutos após a alimentação, comparado com os animais alimentados com as demais dietas (Figura 5 e Tabela 6).

Discussão

O método *in vitro* de fracionamento do amido em ADR, ADL e AR (ENGLYST et al., 1992) mostrou-se aplicável a ingredientes convencionais e não convencionais de dietas de suínos. O milho grão e o trigo grão apresentaram maior concentração de ADR, enquanto a quirera de arroz e a farinha de banana verde foram especialmente ricas em ADL e AR, respectivamente, da mesma maneira que resultados observados por Bednar et al. (2001) para o milho e arroz branco e por Tribess et al. (2009) para a farinha de banana verde.

O fornecimento de dietas com diferentes perfis amídicos alterou o desempenho produtivo dos animais. A dieta MQa, com substituição parcial do milho por quirera de arroz, promoveu maior GDP em relação às dietas M e MQaT e melhor CA comparado com a dieta M nos primeiros 15 dias da fase de creche. Alguns trabalhos demonstraram que a inclusão de arroz nas rações de suínos melhora o desempenho produtivo (PLUSKE e HAMPSON, 2005; MATEOS et al., 2007; VICENTE et al., 2008) devido a sua maior digestibilidade em relação aos ingredientes convencionais (MATEOS et al., 2007; VICENTE et al., 2008).

A fração ADR foi a que apresentou menor variação entre as dietas para uma mesma fase, mas foi decrescente na seguinte ordem M, MQa, MQaT e MQaTB enquanto os percentuais de AR nas dietas M e MQaTB foram semelhantes, mas maiores que aqueles das dietas MQa e MQaT, sendo o menor percentual verificado na dieta MQaT; entretanto, o GDP e a CA nos primeiros quinze dias do experimento não diferiram entre os animais alimentados com as dietas M, MQaT e MQaTB.

O teor de amido digestível (AD), calculado pela soma das frações ADR e ADL, foi maior na dieta pré-inicial I MQa (27,02%) seguido das dietas MQaT (25,40%), M (24,44%) e MQaTB (23,90%). Considerando que a fração ADR foi semelhante nas dietas pré-inicial I M (15,68%) e MQa (15,43%), os melhores resultados de desempenho dos leitões alimentados com a dieta MQa nos primeiros 15 dias pós-desmame, provavelmente, se deve ao fato do teor de ADL na quirera de arroz (39,50%) e na dieta MQa (11,59%) ser superior, comparado com aquele do milho grão (17,30%) e da dieta M (8,72%).

A taxa de digestão e absorção do amido pode influenciar os níveis sanguíneos de glicose e insulina em humanos (CUMMINGS e ENGLYST, 1995). Neste estudo, apesar de não haver diferenças ($P > 0,05$) nos níveis pós-prandiais de glicose e de insulina, houve tendência ($P = 0,07$) do teor sanguíneo de glicose dos animais que receberam as dietas MQa e

MQaT ser inferior 30 minutos após a alimentação, em relação aos leitões alimentados com as dietas M e MQaTB, possivelmente, pelo fato da quífera de arroz e, conseqüentemente, das dietas MQa e MQaT apresentarem maior teor de ADL, comparado com as demais dietas. A fração ADL possui propriedades físico-químicas que conferem menor velocidade de digestão, podendo atuar na regulação glicêmica determinando padrões mais desejáveis de manutenção dos níveis séricos de glicose entre as refeições (ZHANG e HAMAKER, 2009).

Os resultados dos parâmetros sanguíneos, entretanto, nem sempre têm explicado de maneira consistente a relação entre a composição em frações do amido dos alimentos e a digestibilidade e absorção de glicose *in vivo* devido, principalmente, a fatores que atuam inibindo ou dificultando a ação de enzimas amilolíticas (NOAH et al., 2000; REGMI et al., 2010), como compostos polifenólicos ou ácidos fenólicos, acarbose, iso-acarbose e acarviosina-glicose presentes em alguns cereais e leguminosas (FARIAS et al., 2007), como o trigo, feijão e ervilha.

Além disso, a atividade de outras enzimas como a maltase-glucoamilase e sucrase-isomaltase, que são importantes na digestão de carboidratos e na liberação de glicose, pode ser comprometida por determinados produtos da ação da α -amilase luminal, como a maltotriose, maltotetraose e maltopentose (QUEZADA-CALVILLO et al., 2007). A digestibilidade do amido também sofre influência da sua própria estrutura, relacionada com a forma e a dimensão dos grânulos de amido, a granulometria das rações, a matriz proteica e lipídios associados ao amido, além do método de processamento (SUN et al., 2006, BACH KNUDSEN, 2011; MENOYO et al., 2011).

O trigo apresenta inibidores de α -amilase que afetam parcialmente a atividade enzimática (FENG et al., 1995), portanto, a piora na resposta em GDP e o resultado intermediário de CA determinada pela dieta MQaT podem estar associados à estes fatores.

No presente trabalho buscou-se associar os resultados do ensaio de desempenho produtivo (Ensaio II) com os resultados do ensaio para avaliação das variáveis sanguíneas (Ensaio III), à semelhança do que foi realizado por Menoyo et al. (2011) que, apesar de não encontrarem efeitos no desempenho de leitões, verificaram diferenças nos níveis sanguíneos de insulina entre os animais que receberam dietas com milho ou arroz crus ou termicamente processados.

Considerando que a modulação do metabolismo energético influencia o metabolismo proteico (LI et al., 2008, YIN et al., 2010 e AMARAL et al., 2015), neste estudo procurou-se relacionar os resultados de glicose, insulina e ureia séricas, mas não encontrou-se efeitos das dietas para nenhuma dessas variáveis.

É reconhecido que o nível sanguíneo de ureia reflete o balanceamento de aminoácidos da dieta (EGGUM, 1970) conseqüentemente, o fato das dietas avaliadas no presente estudo terem sido balanceadas para apresentarem níveis semelhantes dos aminoácidos limitantes para leitões, contribuiu para que não fosse verificada alteração no nível sérico de ureia em função da dieta fornecida.

Conclusão

O fornecimento de dietas com diferentes perfis de amido, formuladas para apresentarem os mesmos níveis nutricionais, influenciam o desempenho de leitões recém-desmamados.

Dietas com maiores teores de amido de digestão lenta melhoram o ganho diário de peso e a conversão alimentar de leitões nos primeiros 15 dias pós-desmama.

Referências

AMARAL NO, AMARAL LGM, CANTARELLI VS, FIALHO ET, ZANGERONIMO MG, and RODRIGUES PB. 2015. Influence of maize particle size on the kinetics of starch digestion in the small intestine of growing pigs. *Animal Production Science* 55 (suppl.10)1250-1254.

APAR D and ÖZBEK B. 2007. Estimation of kinetic parameters for rice starch hydrolysis inhibited by added materials. *Chemical Engineering Communications* 194 (suppl.3) 334-344.

BACH KNUDSEN KE. 2011. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM: Effects of polymeric carbohydrates on growth and development in pigs. *Journal of Animal Science* 89 (suppl.7) 1965-1980.

CARROLL JA, DANIEL JA, KEISLER DH and MATTERI RL. 1999. Non-surgical catheterization of the jugular vein in young pigs. *Laboratory Animals* 33 (suppl.2) 129-134.

CUMMINGS JH and ENGLYST HN. 1995. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *The American Journal of Clinical Nutrition* 61 (suppl.4) 938S-945S.

EGGUM BO. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *British Journal of Nutrition* 24 (suppl.4) 983-988.

ENGLYST HN, KINGMAN SM and CUMMINGS JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition* 46 S33-50.

ENGLYST HN, VEENSTRA J and HUDSON GJ. 1996. Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant food: a potential in vitro predictor of the glycaemic response. *British Journal of Nutrition* 75 327–337.

ENGLYST KN, ENGLYST HN, HUDSON GJ, COLE TJ and CUMMINGS JH. 1999. Rapidly available glucose in foods: an in vitro measurement that reflects the glycaemic response. *The American Journal of Clinical Nutrition* 69 (suppl.3) 448-454.

FARIAS LR, COSTA FT, SOUZA LA, PELEGRINI PB, GROSSI-DE-SÁ MF, NETO SM, BLOCH JRC, LAUMANN RA, NORONHA EF and FRANCO OL. 2007. Isolation of a novel *Carica papaya* α -amylase inhibitor with deleterious activity toward *Callosobruchus maculatus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 87 (suppl.3) 255-260.

FENG GH, RICHARDSON M, CHEN MS, KRAMER KJ, MORGAN TD and REECK GR. 1996. α -Amylase inhibitors from wheat: amino acid sequences and patterns of inhibition of insect and human α -amylases. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 26 (suppl.5) 419-426.

GIUBERTI G, GALLO A, CERIOLI C and MASOERO F. 2012. In vitro starch digestion and predicted glycaemic index of cereal grains commonly utilized in pig nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 174 (suppl.3) 163-173.

HAENEN D, ZHANG J, SILVA CS, BOSCH G, VAN DER MEER IM, VAN ARKEL J, VAN DEN BORNE JJGC, GUTIERREZ OP, SMIDT H, KEMP B, MÜLLER M and HOOIVELD GJEJ. 2013. A diet high in resistant starch modulates microbiota composition, SCFA concentrations, and gene expression in pig intestine. *The Journal of Nutrition* 143(suppl.3) 274-283.

LI TJ, DAI QZ, YIN YL, ZHANG J, HUANG RL, RUAN Z, DENG Z and XIE M. 2008. Dietary starch sources affect net portal appearance of amino acids and glucose in growing pigs. *Animal* 2 723–729,

MATEOS GG, MARTÍN F, LATORRE MA, VICENTE B and LÁZARO R. 2007. The effect of inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize. *Animal Feed Science and Technology* 135 (suppl.1) 100-112.

MENOYO D, SERRANO MP, BARRIOS V, VALENCIA DG, LAZARO R, ARGENTE J and MATEOS GG. 2011. Cereal type and heat processing of the cereal affect nutrient digestibility and dynamics of serum insulin and ghrelin in weanling pigs. *Journal of Animal Science* 89 (suppl.9) 2793-2800.

MORAND C, LEVRAT A and DEMIG'NE C. 1992. Replacement of Digestible Wheat Starch by Resistant Cornstarch Alters Splanchnic. *Journal of Nutrition* 122 345-354.

NAMIKI S, KANGOURI K, NAGATE T, HARA H, SUGITA K and OMURA S. 1982. Studies on the. ALPHA.-glucoside hydrolase inhibitor, adiposin. I. Isolation and physicochemical properties. *The Journal of Antibiotics* 35 (suppl.9) 1234-1236.

NELSON DL and COX MM. 2006. *Lehninger Principios de Bioquímica*. Tradução de : Simões, A.A. ; Lodi, W.R.N. Sarvier, São Paulo, Brasil.

NOAH L, KREMPF M, LECANNU G, MAUGERE P and CHAMP M. 2000. Bioavailability of starch and postprandial changes in splanchnic glucose metabolism in pigs. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism* 278 (suppl.2) E181-E188.

NOBLET J and LE GOFF G. 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology* 90 (suppl.1) 35-52.

O'DEA K, SNOW P and NESTEL P. 1981. Rate of starch hydrolysis in vitro as a predictor of metabolic responses to complex carbohydrate in vivo. *The American Journal of Clinical Nutrition* 34 (suppl. 10) 1991-1993,

PLUSKE JR and HAMPSON DJ. 2005 : Rice-based diets in pigs-for protection against intestinal bacterial infections. In: RIRDC (ed.), *A report for the Rural Industries Research and Development Corporation*. Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.

QUEZADA-CALVILLO R, ROBAYO-TORRES CC, AO Z, HAMAKER BR, QUARONI A, BRAYER GD, STERCHI EE, BAKER SS and NICHOLS BL. 2007. Luminal substrate “brake” on mucosal maltase-glucoamylase activity regulates total rate of starch digestion to glucose. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 45 (suppl.1) 32-43.

REGMI PR, MATTE JJ, VAN KEMPEN TATG and ZIJLSTRA RT. 2010. Starch chemistry affects kinetics of glucose absorption and insulin response in swine. *Livestock Science* 134 (suppl.1) 44-46.

ROSTAGNO HS, ALBINO LFT, DONZELE JP, GOMES PC, OLIVEIRA RF, LOPES DC, FERREIRA AS, BARRETO SLT and EUCLIDES RF. 2011. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia.

SUN T, LÆRKE HN, JØRGENSEN H and KNUDSEN KEB. 2006. The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 131 (suppl.1) p. 67-86.

TALAMINI DJD, MARTINS FM, ARBOIT C, WOLOZSIM N. 2006. Custos agregados da produção integrada de suínos nas fases de leitões e de terminação. *Custos e@gronegocioonline* 2.

TRIBESS TB, HERNÁNDEZ-URIBE JP, MÉNDEZ-MONTEALVO MGC, MENEZES EW, BELLO-PEREZ LA, TADINI CC. 2009. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 42, (suppl.5), 1022-1025.

TRUSCHEIT E, FROMMER W, JUNGE B, MÜLLER L, SCHMIDT DD and WINGENDER W. 1981. Chemistry and Biochemistry of Microbial α -Glucosidase Inhibitors. *Angewandte Chemie International Edition in English* 20 (suppl.9) 744-761.

VÉRTESY L, OEDING V, BENDER R, ZEPF K and NESEMANN G. 1984. Tendamistat (HOE 467), a tight-binding α -amylase inhibitor from *Streptomyces tendae* 4158. *European Journal of Biochemistry* 141 (suppl.3) 505-512.

VICENTE B, VALENCIA DG, PÉRZ-SERRANO M, LÁZARO R and MATEOS GG. 2008. The effects of feeding rice in substitution of corn and degree of starch gelatinization of rice in the digestibility of dietary components and productive performance of Young pigs. *Journal of Animal Science* 86 119-126.

WOOD RD. 2004. Veterinary Laboratory Medicine, Interpretation and Diagnosis. *Veterinary Clinical Pathology* 33 (suppl. 3) 182-182.

WOLEVER TMS and BOLOGNESI C. 1996. Prediction of glucose and insulin responses of normal subjects after consuming mixed meals varying in energy, protein, fat, carbohydrate and glycemic index. *Journal of Nutrition* 126 2807-2812.

YIN F, ZHANG Z, HUANG J and YIN Y. 2010. Digestion rate of dietary starch affects systemic circulation of amino acids in weaned pigs. *British Journal of Nutrition* 103 (suppl.10) 1404-1412.

YOUNG AH. 1984. Fractionation of starch. *Starch: Chemistry and Technology* 2 (suppl.1) 249-283.

ZHANG G and HAMAKER BR. 2009. Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. *Critical reviews in food science and nutrition* 49 (suppl.10) 852-867.

ZOBEL HF. Starch crystal transformations and their industrial importance. 1988. *Starch-Stärke* 40 (suppl.2) 1-7.

Tabela 2. Composição percentual das dietas experimentais

	Dietas Pré-Iniciais I (0-15 dias)				Dietas Pré-Iniciais II (16-29 dias)				Dietas Iniciais (30-38 dias)			
	M	MQa	MQaT	MQaTB	M	MQa	MQaT	MQaTB	M	MQa	MQaT	MQaTB
Milho, Grão	50,420	38,000	25,580	22,560	54,615	41,000	27,215	24,520	61,546	46,330	31,075	27,625
Quirera de Arroz	-	12,700	12,700	10,100	-	13,700	13,700	10,920	-	15,400	15,400	12,300
Trigo, grão	-	-	12,700	10,100	-	-	13,700	10,920	-	-	15,400	12,300
Farinha de Banana	-	-	-	7,560	-	-	-	8,200	-	-	-	9,250
Soja, Farelo 45	20,000	20,000	20,000	20,000	24,000	24,000	24,000	24,000	29,000	29,000	29,000	29,000
Plasma sanguíneo	4,000	4,000	4,000	4,000	2,500	2,500	2,500	2,500	-	-	-	-
Soro de leite	5,400	5,450	5,450	5,500	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-
Permeado	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-	-	-	-
Açúcar	4,000	4,000	4,000	4,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,500	2,500	2,500	2,500
Maltodextrina	4,000	4,000	4,000	4,100	3,000	3,000	3,000	3,000	-	-	-	-
Óleo de soja	2,970	2,630	2,520	3,000	2,890	2,620	2,640	3,000	2,400	2,100	2,000	2,530
Farelo de glúten 60	2,500	2,500	2,500	2,500	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	-	-
Calcário	0,880	0,880	0,840	0,820	0,940	0,940	0,900	0,910	0,850	0,840	0,830	0,790
Fosfato Bicálcico	1,680	1,700	1,720	1,700	1,580	1,600	1,620	1,580	1,555	1,550	1,550	1,550
Cloreto de sódio	0,570	0,570	0,570	0,570	0,520	0,520	0,530	0,530	0,520	0,520	0,515	0,530
L-Lisina HCl	0,690	0,670	0,650	0,680	0,550	0,540	0,525	0,550	0,455	0,440	0,420	0,450
DL-Metionina	0,240	0,240	0,220	0,250	0,180	0,180	0,160	0,190	0,131	0,130	0,100	0,140
L-Treonina	0,240	0,240	0,230	0,260	0,180	0,180	0,180	0,200	0,148	0,140	0,130	0,160
L-Triptofano	0,050	0,050	0,040	0,050	0,040	0,030	0,025	0,035	0,040	0,010	-	0,010
L-Isoleucina	0,130	0,120	0,090	0,120	0,040	0,030	0,000	0,030	-	-	-	-
L-Valina	0,170	0,160	0,140	0,175	0,090	0,090	0,070	0,100	0,040	0,030	0,010	0,050
Tiamulina	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Óxido de Zinco	0,340	0,340	0,340	0,340	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cloreto de colina	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Adsorvente Notox	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Quantidades supridas por kg de ração: vit. A, 8000UI ; vit. D₃=2000UI; vit. E=10mg; =0,5mg; vit. B₁=1,5mg; vit. B₂=5mg; vit. B₆=2mg; vit. B₁₂=20mcg; ác. fólico=0,8mg; ác. pantotênico=12,00mg; niacina=25mg; biotina=0,05mg; selênio = 0,28mg; Fe=100mg; Cu=30mg; Mn=70mg; Zn=100mg; I=1,9mg; promotor do crescimento = 120mg.

Tabela 3 - Valores nutricionais calculados das dietas experimentais

	Dietas Pré-Iniciais I (0-14 dias)				Dietas Pré-Iniciais II (15-28 dias)				Dietas Iniciais (29-42 dias)			
	M	MQa	MQaT	MQaTB	M	MQa	MQaT	MQaTB	M	MQa	MQaT	MQaTB
EM (kcal/kg)	3400	3400	3400	3401	3370	3370	3370	3372	3301	3302	3301	3301
Proteína Bruta (%)	19,24	19,31	19,81	19,73	19,26	19,33	19,86	19,79	18,61	18,67	19,29	19,18
Fibra Bruta (%)	1,96	1,81	1,59	1,87	2,24	2,07	1,83	2,14	2,60	2,42	2,15	2,49
Cálcio (%)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,83	0,83	0,83	0,83	0,77	0,77	0,77	0,77
Fósforo Disponível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,41	0,41	0,42	0,41	0,39	0,38	0,38	0,39
Lisina Digestível (%)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,33	1,33	1,33	1,33	1,20	1,20	1,20	1,20
Metionina+Cistina Dig. (%)	0,81	0,81	0,81	0,82	0,74	0,74	0,75	0,75	0,64	0,65	0,65	0,65
Treonina Digestível (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,84	0,84	0,84	0,84	0,75	0,74	0,74	0,74
Triptofano Digestível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,21	0,21	0,22
Amido de Digestão Rápida (%)	15,68	15,43	14,89	13,65	16,99	16,66	15,94	14,80	19,14	18,80	18,07	16,66
Amido de Digestão Lenta (%)	8,72	11,59	10,51	10,25	9,45	12,50	11,28	11,11	10,65	14,09	12,75	12,52
Amido Resistente (%)	10,87	9,67	8,87	10,91	11,78	10,40	9,48	11,84	13,27	11,74	10,76	13,34

¹ Os valores calculados foram obtidos a partir dos valores das exigências nutricionais de suínos (ROSTAGNO et al., 2011). M = Dieta a base de milho grão como principal fonte de amido; MQa = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz; MQaT = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz e trigo grão; MQaTB= Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde.

Tabela 4 - Proporção das frações amídicas nos alimentos usados nas dietas como fontes ricas em amido

Frações	Alimentos ¹			
	<i>Milho, grão</i>	<i>Quirera de Arroz</i>	<i>Trigo, Grão</i>	<i>F. de Banana Verde</i>
<i>ADR</i>	31,10	28,50	26,10	14,80
<i>ADL</i>	17,30	39,50	8,40	20,00
<i>AR</i>	21,56	11,40	15,00	44,70

¹ % das frações de amido na matéria natural dos alimentos utilizadas nas rações. ADR - Amido de digestão rápida; ADL – Amido de digestão lenta; AR – Amido resistente.

Tabela 5: Efeito das dietas com diferentes fontes e perfis de amido sobre o ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de leitões nos períodos experimentais.

Período	Dietas ²				Erro Padrão da Média	Valor P
	<i>M</i>	<i>MQa</i>	<i>MQaT</i>	<i>MQaTB</i>		
<i>GDP (g)</i>						
<i>0-15 dias</i>	234 ^b	280 ^a	233 ^b	247 ^{ab}	36	0,05*
<i>0-29 dias</i>	367	405	375	377	32	0,14
<i>0-38 dias</i>	384	421	391	402	28	0,08
<i>CDR (g)</i>						
<i>0-15 dias</i>	275	304	263	282	38	0,20
<i>0-29 dias</i>	540	572	541	542	49	0,51
<i>0-38 dias</i>	623	673	622	630	55	0,23
<i>CA</i>						
<i>0-15 dias</i> ¹	1,18 ^b	1,08 ^a	1,12 ^{ab}	1,14 ^{ab}	0,06	0,03*
<i>0-29 dias</i>	1,47	1,41	1,44	1,44	0,06	0,38
<i>0-38 dias</i>	1,63	1,60	1,59	1,57	0,08	0,58

¹ Médias nas linhas com letras distintas para GDP e CA diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

² M = Dieta a base de milho grão como principal fonte de amido; MQa = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz; MQaT = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz e trigo grão; MQaTB = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde.

* $P \leq 0,05$.

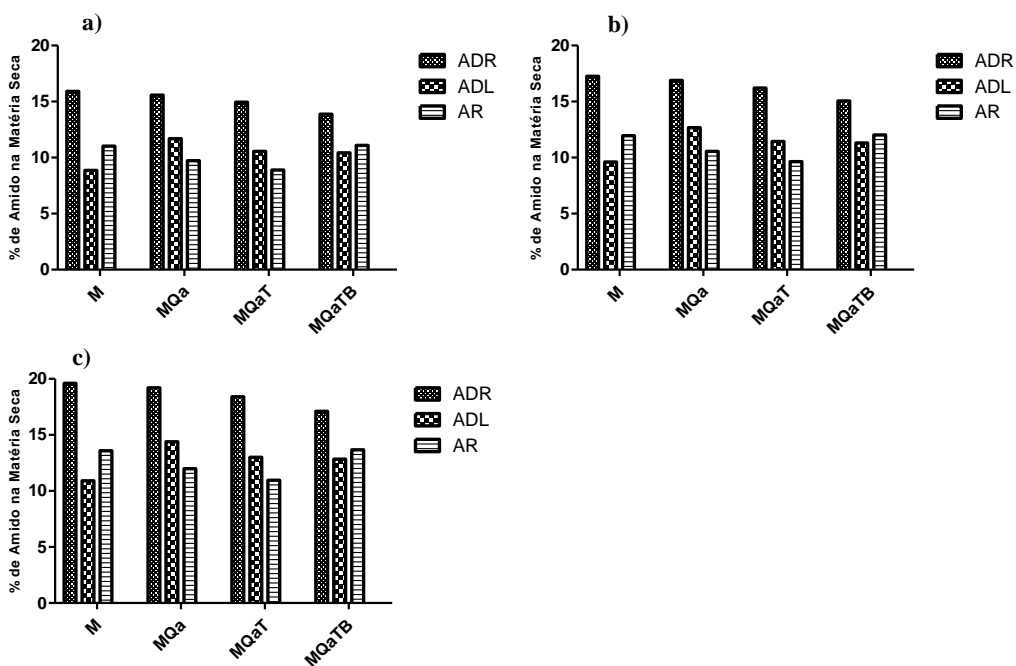
Tabela 6 - Níveis de glicose (mg/dL), insulina (mg/dL) e ureia (μ U/mL) avaliadas nos tempos 0 (após jejum de 12h) e aos 30, 90, 180 e 360 minutos após a alimentação dos leitões com as dietas experimentais.

Parâmetros Sanguíneos															
Dietas ¹	Glicose					Insulina					Uréia				
	0	30	90	180	360	0	30	90	180	360	0	30	90	180	360
M	102	143	126	114	108	3,50	59,20	17,80	6,10	3,40	14	15	18	20	17
MQa	100	130	128	119	108	2,10	48,50	16,20	7,50	2,20	16	17	19	21	18
MQaT	104	130	124	118	108	5,00	36,80	15,70	8,60	3,10	18	19	21	22	19
MQaTB	100	149	126	116	108	2,00	60,50	19,20	5,80	3,40	17	19	23	24	21
EPM ²	1,00	8,43	2,57	1,70	1,13	1,00	8,43	2,57	1,70	0,83	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93
Efeitos															
Dieta (D)	<i>P</i> =0,93					<i>P</i> =0,77					<i>P</i> =0,46				
Coleta (C)	<i>P</i> <0,001					<i>P</i> <0,001					<i>P</i> <0,001				
D x C	<i>P</i> =0,07					<i>P</i> =0,30					<i>P</i> =0,41				

¹ M = Dieta a base de milho grão como principal fonte de amido; MQa = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz; MQaT = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz e trigo grão; MQaTB = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde;

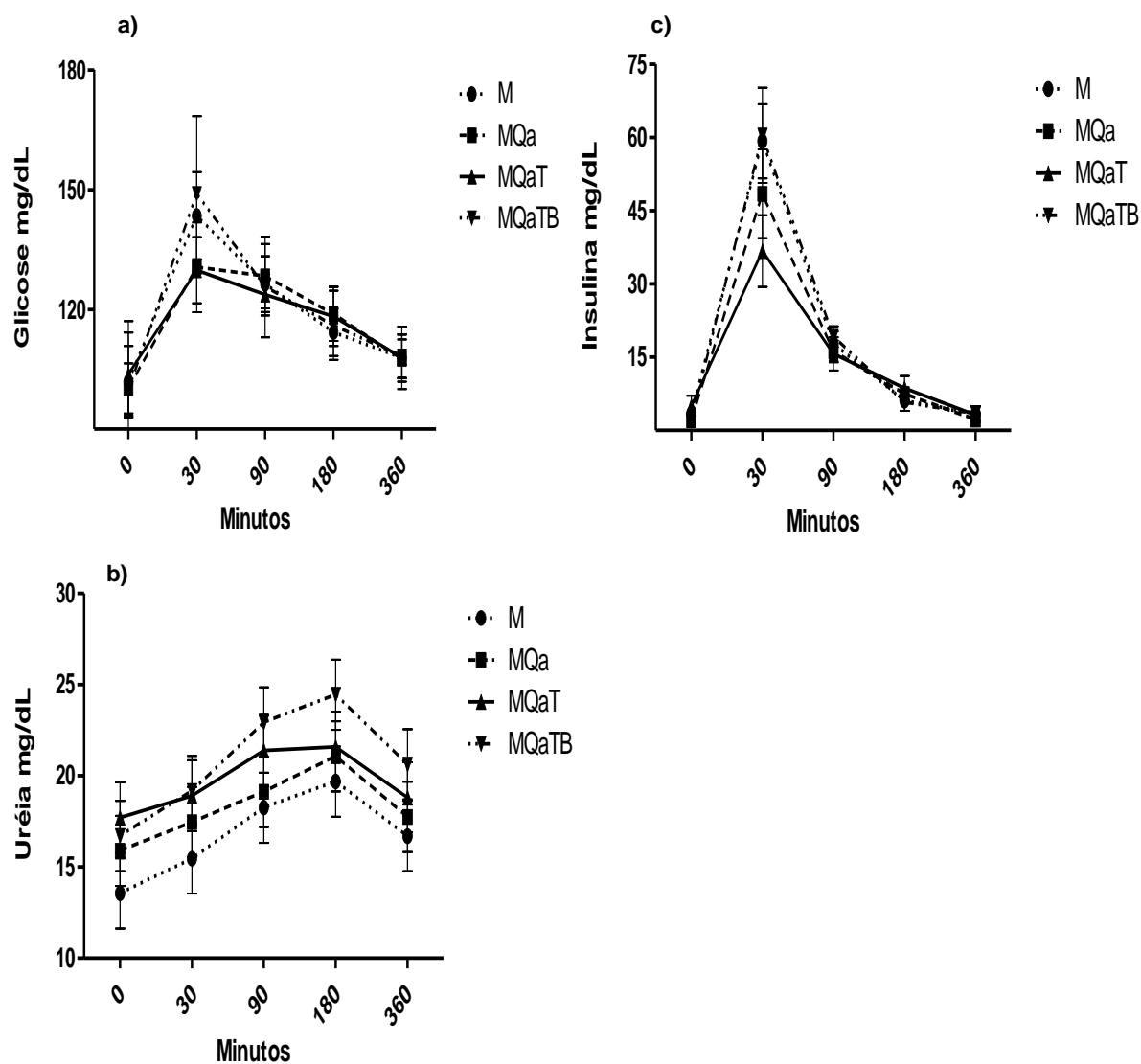
² Erro Padrão da Média.

Figura 4 - Valores calculados de amido de digestão rápida (ADR), amido de digestão lenta (ADL) e amido resistente (AR) das dietas Pré-Inicial I (a), Pré-Inicial II (b), Inicial (c).



¹ Valores calculados com base na composição percentual das dietas e nas análises realizadas dos teores das frações de amido do milho grão, quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde. M = Dieta a base de milho grão como principal fonte de amido; MQa = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz; MQaT = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz e trigo grão; MQaTB = Dieta com substituição parcial do milho grão por quirera de arroz, trigo grão e farinha de banana verde.

Figura 5 - Representação das curvas de glicose (a), insulina (b) e ureia (c) sanguínea avaliadas nos tempos 0 (após jejum de 12h) e aos 30, 90, 180 e 360 minutos após a alimentação dos leitões com as dietas a base de milho (M), milho e quirera de arroz (MQa), milho, quirera de arroz e trigo (MQaT) e milho, quirera de arroz, trigo e farinha de banana verde (MQaTB).



CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES

O fornecimento de dietas com diferentes perfis amídicos formuladas para serem isonutritivas influenciaram o desempenho produtivo de leitões na fase de creche nos primeiros 15 dias. Os maiores benefícios estão relacionados a dietas com perfis de amido digeridos mais lentamente, entretanto, os parâmetros sanguíneos não foram afetados pelas dietas.

Novos estudos deverão ser realizados para avaliar perfis amídicos de dietas com alimentos ricos em amido e mesmo fontes exclusivas de amido para suínos de modo a melhor avaliar as respostas que auxiliem na compreensão de como a variação de composição das frações do amido influenciam o metabolismo energético e proteico e, conseqüentemente, o desempenho animal. Nesses futuros estudos é importante que as dietas avaliadas sejam formuladas para apresentarem grande variação quanto a composição nas frações de amido de digestão rápida, amido de digestão lenta e amido resistente, e que se estabeleça uma padronização da frequência de alimentação dos leitões nos diferentes ensaios, devido ao efeito que exerce sobre a glicemia, insulinemia e teor de ureia sanguínea.

Contudo, este estudo demonstrou que o ajuste das dietas com base no perfil amídico dos alimentos é uma técnica promissora em nutrição de precisão de suínos.