

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

FONTES DE FIBRA PARA LEITÕES RECÉM DESMAMADOS

Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

FONTES DE FIBRA PARA LEITÕES RECÉM DESMAMADOS

Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz

Co-orientadora: Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

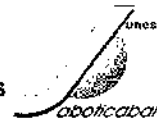
JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Outubro de 2009

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PONTE DE FIBRA PARA DILÕES RÁPIDA DESENVOLVIDA.

AUTOR: LEONARDO AUGUSTO FONSECA PASCOAL

ORIENTADORA: Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

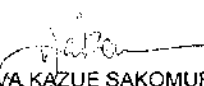
Co-Orientador(a): Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL

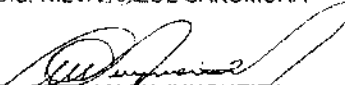
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em ZOOTECNIA pela Comissão Examinadora:


Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

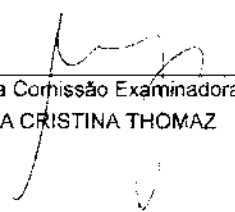

Dra. JACINTA DIVA FERRUGEM GOMES


Dr. FÁBIO ENRIQUE LEMOS BUDIÑO


Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA


Dr. OTTO MACK JUNQUEIRA

Data da realização: 19 de outubro de 2009.


Presidente da Comissão Examinadora
Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Leonardo Augusto Fonseca Pascoal – nascido em 05 de março de 1979, na cidade de Teixeira –PB, filho de Jorge Luis da Silva Pascoal e Maria de Fátima Fonseca Pascoal, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas/UFAL em março de 1998, graduando – se em maio de 2002. Em março de 2003, ingressou no curso de mestrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2005. No ano de 2005 iniciou sua carreira de professor de ensino superior no curso de Zootecnia da Faculdade de Imperatriz/FACIMP. Em março de 2006 iniciou o curso de doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Câmpus de Jaboticabal, onde foi bolsista pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq, obtendo o título de doutor em 19 de outubro de 2009, e neste mesmo ano foi admitido como professor efetivo da Universidade Federal da Paraíba/UFPB.

Dedico

*Aos meus pais Jorge e Maria de Fátima e meu irmão Jorge Augusto e sobrinhos Arthur
e Alice pelo incentivo, ajuda e amor incondicional;
A minha noiva Ana Patrícia com quem compartilho todos os momentos da minha vida;
Sem vocês não teria alcançado esta vitória na minha vida.*

Ofereço

*Aos professores que passaram por toda minha vida acadêmica que
contribuíram para minha formação profissional.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter permanecido sempre ao meu lado iluminando, dando força e a sabedoria necessária para que eu obtivesse esta grande vitória de minha vida.

À professora Dra. Maria Cristina Thomaz, pela orientação e pelas oportunidades proporcionadas e, principalmente por todo carinho e respeito durante este tempo de convivência.

À professora Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel, pela co-orientação, pelos conselhos e toda a atenção dispensada à este trabalho e por sempre estar disposta a ajudar.

Aos Professores que participaram das bancas de qualificação e defesa, Euclides Braga Malheiros, Silvana Martinez Beraldi Artoni, Nilva Kazue Sakomura, Otto Mack Junqueira, Jacinta Diva Ferrugem Gomes e Fábio Enrique Budiño, pela enorme contribuição concedida.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp – Câmpus de Jaboticabal e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP pelo auxílio a pesquisa concedido.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura/FCAV-Unesp, Sr. Wilson e José pela ajuda e amizade.

Aos participantes do Grupo de Estudos Suinesp, Fabrício, Manuela, Juliana, Alessandro, Urbano, Everton, Guido e Pedro.

À Ana Paula Sader, muito obrigada pela ajuda, ensinamentos, confiança e amizade.

Aos amigos de Pós-graduação, Pedro, Leilane, Josemir, Maria Fernanda, Giovane, Everton, Urbano, Rizal, Guido, Alessandro, Simara, Juliana, Daphine, Jefferson, Sandra, Márcia Stech, Janaina, Vanessa, Iris, Roberta Canesin, André

(Murote), Eliane, Leandro e Viviane, enfim todos os amigos que participaram deste trabalho e de minha vida neste período.

Aos grandes amigos que fiz, Josemir, Leilane, Pedro e Susana que sempre guardarei no meu coração.

À todos os profissionais que contribuíram para minha formação antes e quando estive aqui, em especial às professoras Edma Carvalho de Miranda (UFAL), Ludmila da Paz Gomes da Silva (UFPB) e Maria Cristina Thomaz (UNESP).

À toda a minha família, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões e me guiaram pelos melhores caminhos. Obrigada pela confiança, orações e pelo amor que sempre tiveram.

À Ana Patrícia, amor da minha vida, e que pretendo ter pelo resto da minha vida.

Aos todos os funcionários e professores da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, colegas e amigos que contribuíram para conclusão de mais uma etapa importante na minha vida.

À todos aqueles que contribuíram com uma ajuda, um sorriso ou uma palavra amiga.

Muito Obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
<i>Impacto do desmame sobre a morfofisiologia e microbiologia do trato digestório de leitões.....</i>	2
<i>Fibra dietética e seus efeitos funcionais nas dietas de leitões desmamados.....</i>	4
REFERÊNCIAS.....	9
CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÕES BIOLÓGICA E METABÓLICA DE FONTES DE FIBRA PARA LEITÕES.....	15
RESUMO.....	15
SUMMARY.....	16
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 3 - FONTES DE FIBRA NAS DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS SOBRE: DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO, INCIDÊNCIA DE DIARRÉIA E IMUNIDADE HUMORAL.....	30
RESUMO.....	30
SUMMARY.....	31
INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
<i>Avaliação biológica das dietas contendo as diferentes fontes de</i>	

<i>fibra – Experimento I.....</i>	33
<i>Desempenho produtivo, incidência de diarreia, tempo de trânsito gastrintestinal e imunidade humoral de leitões alimentados com diferentes fontes de fibra – Experimento II.....</i>	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
<i>Avaliação biológica das dietas contendo diferentes fontes de fibra para leitões – Experimento I.....</i>	44
<i>Desempenho produtivo, incidência de diarreia, tempo de trânsito gastrintestinal e imunidade humoral de leitões alimentados com diferentes fontes de fibra – Experimento II.....</i>	47
CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	53
CAPITULO 4 – FONTES DE FIBRA NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS SOBRE: CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E MICROBIOLÓGICAS DO TRATO DIGESTÓRIO.....	58
RESUMO.....	58
SUMMARY.....	59
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAL E MÉTODOS.....	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	83
CAPITULO 5 – IMPLICAÇÕES.....	89

FONTES DE FIBRA PARA LEITÕES RECÉM DESMAMADOS

RESUMO - Com o objetivo de avaliar os efeitos das inclusões de celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica, como fontes de fibra nas dietas para leitões desmamados, foram realizados 4 ensaios. No ensaio I determinou-se as digestibilidades dos nutrientes e da energia das fontes de fibra e no II, as digestibilidades das dietas contendo esses ingredientes, utilizando-se o método de coleta total de fezes. No ensaio III avaliou-se o desempenho, o tempo de trânsito, a incidência de diarreia e a imunidade humoral e no IV, as características morfofisiológicas e microbiológicas do sistema digestório. As dietas experimentais utilizadas nos ensaios II, III e IV foram: DC - dieta controle – composta principalmente por milho, farelo de soja e fonte de lactose; CEL - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 1,5% de celulose purificada; CS - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 3% de casca de soja e PC - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 9% de polpa cítrica. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial. Com base nos resultados do ensaio I, verifica-se que a polpa cítrica apresenta melhor valor nutricional, e que as fontes de fibra podem ser utilizadas com o objetivo de modular a microbiota intestinal. Nos ensaios II e III, observa-se que as inclusões de celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica, como fontes de fibra nas dietas de leitões desmamados, não afetam a digestibilidade da maioria dos nutrientes e da energia, o desempenho e o tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal. Entretanto, a utilização de celulose purificada promove efeito benéfico no controle da diarreia e melhora alguns parâmetros imunológicos. No ensaio IV, nota-se que a adição de fontes de fibras solúveis, como casca de soja e polpa cítrica, provoca mudanças na morfofisiologia e microbiologia, o que sugere adaptação do sistema digestório dos leitões desmamados, à presença da fibra nas dietas.

Palavras-chave: desmame, fibra dietética, imunidade, microbiota, saúde intestinal

FIBER SOURCES IN DIETS FOR WEANED PIGS

SUMMARY – A total of 4 assays were conducted to evaluate the effect of purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as fiber sources in diets for weaned pigs. In assay 1 it was determined the nutrient and energy digestibilities for each source of fiber. At assay 2 it was determined the digestibilities of diets added by fibrous ingredients using total feces collection method. In assay 3 It was evaluated the performance, transit time, diarrhea incidence and humoral immunity and in assay 4 the morphophysiological and microbiological characteristics of digestive tract. The experimental diets used in the assays 2, 3 and 4 were: DC – control diet, based on corn, soybean meal and lactose source; CEL – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 1,5% of purified cellulose; CS – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 3% of soybean hulls; PC – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 9% of citrus pulp. It was used a randomized block a design according to control the differences of body weight of piglets. The results of assay I citrus pulp has higher nutritional values and than those fiber sources can be used to modulate intestinal microbiota. According to results of assays II and III, purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as fiber sources in diets for weaned pigs do not affect nutrients and energy digestibility, performance and gastrointestinal transit time. The use of purified cellulose can reduce diarrhea incidence and promotes better results in some immunological parameters. According to assay IV, the result indicates that soluble fiber sources, as soybean hulls and citrus pulp, promote a modification on morphophysiology and microbiology of tract, suggesting an adaptation on digestive system of weaned pigs by the presence of the fiber in diets.

Keywords: dietary fiber, immunity, intestinal health, microbiota, weaning

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O desmame é um momento crítico na produção de suínos, por reunir diversos fatores que podem prejudicar o desenvolvimento dos animais. O leitão tem seus sistemas imunológico e digestório ainda em desenvolvimento, produção insatisfatória de enzimas específicas para digestão de ingredientes de origem vegetal e alta demanda por nutrientes (BERTOL, 2000). Tais circunstâncias resultam em baixo consumo e aproveitamento de alimentos, com alta susceptibilidade à ocorrência de infecções entéricas nas primeiras semanas após o desmame, ocasionando baixo desempenho e muitas vezes, altas taxas de morbidade e de mortalidade dos animais.

Neste contexto, a manutenção da saúde intestinal é um importante fator para minimizar ou prevenir o baixo desempenho, a morbidade e a mortalidade dos leitões. Assim, os ingredientes da dieta devem ser selecionados para criar e estabelecer equilíbrio no trato digestório, prevenindo distúrbios em suas estrutura e função (MONTAGNE et al., 2003).

Os ingredientes alimentares, geralmente utilizados para favorecer o estabelecimento da saúde intestinal em leitões, como os derivados do leite e outros de origem animal, têm custo elevado e o uso de antibióticos, como promotores de crescimento, tem sido restringido na produção animal. Desta maneira, torna-se importante a busca por novas tecnologias ou ingredientes alimentares, capazes de contribuir para o funcionamento eficaz do trato gastrintestinal dos animais, favorecendo o bom desempenho.

Certos tipos de fibra dietética podem ser utilizados visando proporcionar saúde intestinal aos leitões. As pesquisas realizadas com uso de ingredientes fibrosos para suínos sugerem que existem efeitos associativos do nível de incorporação da fibra sobre o animal, desde o consumo dos alimentos até os vários processos digestivos (EGGUM, 1995; WENK, 2001).

Assim, a adição de fontes de fibra nas dietas pós desmame, pode favorecer a saúde intestinal e conseqüentemente, melhorar o desempenho do animal, sendo, porém, necessário conhecer detalhadamente estas fontes, devido às diferenças em seus constituintes.

O Brasil possui muitos produtos que podem ser utilizados com esta finalidade, como por exemplo, a polpa cítrica e a casca de soja, que são fontes ricas em fibra, tornando-se pertinente o estudo destas fontes para leitões, visando identificar os fatores que podem tornar as dietas mais eficientes, sem o uso de antibióticos utilizados como promotores de crescimento, reduzindo os transtornos digestivos e maximizando a produtividade.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da celulose purificada, da polpa cítrica e da casca de soja como fontes de fibra, sobre as digestibilidades dos nutrientes e da energia, o desempenho e morfofisiologia e microbiologia do trato gastrintestinal dos leitões recém desmamados.

REVISÃO DE LITERATURA

Impacto do desmame sobre a morfofisiologia e microbiologia do trato digestório de leitões

Normalmente após o desmame, ocorre queda de desempenho dos leitões, principalmente devido à perda de contato com a mãe, adaptação à dieta sólida, mudança de ambiente e maior desafio imunológico (MOLLY, 2001). A retirada do leite materno, altamente digestível e rico em gordura, lactose e caseína, e somente o consumo de uma ração seca contendo amido, óleos e proteínas de origem vegetal, pode trazer consequências negativas ao animal (VIOLA & VIEIRA, 2003). O sistema digestório dos leitões, do nascimento ao desmame, é adaptado para secretar as enzimas digestivas que digerem o leite, mas não outros ingredientes, principalmente aqueles de origem vegetal (MAXWELL & CARTER, 2001).

Assim, o trato digestório de leitões passa por modificações fisiológicas até que esteja preparado para a digestão de ingredientes de origem vegetal. A primeira delas é o aumento na produção das enzimas pelo pâncreas e por outros órgãos auxiliares da digestão (MAKKINK et al., 1994). Porém, a produção das enzimas endógenas pelos leitões recém desmamados, está condicionada à idade e exposição aos substratos específicos (AUMAITRE, 2000).

O estômago, primeiro sítio da digestão protéica, deve apresentar pH de 2,0 a 3,5. A acidez estomacal tem a função de estabelecer uma barreira, para proteger o intestino delgado contra a entrada de microrganismos patogênicos e proporcionar pH adequado à ação da pepsina (AUMAITRE, 2000). Entretanto, o desmame provoca redução na quantidade de ácido láctico no estômago, devido à ausência ou redução no consumo de lactose para manutenção dos lactobacilos, além da produção insuficiente de ácido clorídrico, que leva a um quadro de pH elevado (VIOLA & VIEIRA, 2003).

Modificações no epitélio intestinal ocorrem em apenas 24 horas após o desmame, com encurtamento das vilosidades e aprofundamento das criptas em todos os segmentos do intestino delgado, pela maior descamação dos enterócitos (ROURA, 2004). A rápida renovação celular nas criptas faz com que enterócitos imaturos estejam insuficientemente diferenciados, para máxima expressão da atividade enzimática (CERA et al., 1988).

As alterações na estrutura do intestino delgado dos leitões, evidenciadas pela redução na altura das vilosidades e aumento na profundidade das criptas, levam ao menor número de células absorptivas e maior de secretoras, o que está associado às diminuições do consumo voluntário e da capacidade de absorção dos nutrientes, e do aumento na ocorrência de problemas entéricos (CERA et al., 1988; NABUURS, 1995).

Além da redução na absorção de nutrientes, ocorre também, queda na absorção de líquidos e minerais, promovendo a ocorrência de diarreia osmótica (NABUURS et al., 2003). O trato gastrointestinal do suíno é dinâmico, já que a população de microrganismos é muito grande e se altera ao longo do tempo, à medida em que o trato aumenta de tamanho e que as dietas e os substratos mudam (VAREL & YEN, 1997).

A piora nos processos digestivos observada ao desmame, pode proporcionar meio rico em substratos para bactérias nos intestinos delgado e grosso, provocando

desequilíbrio e favorecendo a proliferação de microrganismos patogênicos, os quais podem aderir-se à mucosa intestinal e, durante o processo de fermentação, produzirem toxinas que danificam a mucosa intestinal (MOLLY, 2001).

Desta forma, apesar dos prováveis prejuízos que as dietas pós-desmame possam trazer, estas é que fornecem os nutrientes necessários para o bom funcionamento, desenvolvimento e manutenção do organismo, o que justifica a busca incessante por ingredientes e novas tecnologias, que possam minimizar tais danos ao trato digestório de leitões desmamados.

Existem ingredientes que possuem efeitos fisiológicos ativos, que podem melhorar a saúde e o desempenho de leitões ao desmame, indo além de apenas fornecer nutrientes biodisponíveis. Os principais mecanismos de ação destes ingredientes são: modular a microbiota e influenciar o sistema imunológico. Dentre estes, os cereais alternativos e ingredientes fibrosos têm sido estudados com o intuito de promover saúde intestinal e conseqüentemente, melhorar os parâmetros de desempenho produtivo (PETTIGREW, 2008).

Fibra dietética e seus efeitos funcionais nas dietas de leitões desmamados

Os efeitos nutricionais e fisiológicos da fibra, dependem não só da quantidade de parede celular adicionada à dieta, mas também de suas composições química e estrutural, e da forma de associação física com outros nutrientes, além de estarem relacionados ao estado fisiológico do animal e ao local do trato digestório em que ocorrem os processos digestivos (EGGUM, 1995).

A fibra dietética é considerada como sendo os polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e a lignina (HETLAND et al., 2004). De acordo com CHOCT (2001), os PNA's são divididos em três grandes grupos: a celulose (insolúvel em água, álcool ou ácidos diluídos), os polissacarídeos não celulósicos (arabinoxilanas, ligações mistas de beta-glucanas, mananas, galactanas, xiloglucanas e fructanas, que são parcialmente solúveis em água) e os polissacarídeos pectínicos (ácidos poligalacturônicos, os quais podem ser

substituídos por arabinanas, galactanas e arabinogalactanas, que são parcialmente solúveis em água).

Os PNA's são os principais componentes da fibra presentes em cereais, e suas unidades formadoras são unidas por ligações do tipo beta, o que os torna indigestíveis para monogástricos. Além disso, estes polissacarídeos prejudicam potencialmente a digestão e a absorção dos demais nutrientes dietéticos oferecidos aos suínos. A magnitude e as maneiras pelas quais se processam esses eventos, dependem de vários fatores, dentre os quais se destacam a origem botânica dos PNA's, as proporções relativas dos tecidos que recobrem o endosperma no cereal, a solubilidade destes polissacarídeos, suas propriedades físico-químicas, a concentração na dieta, a espécie e a idade do animal (SOUFFRANT, 2001; WENK, 2001; MONTAGNE et al., 2003).

Os PNA's podem ser classificados como solúveis e insolúveis, e independentemente dessa denominação, por não serem digeridos pelas enzimas endógenas produzidas pelos monogástricos, mantêm dentro das células vegetais, compostos ricos em energia, como carboidratos solúveis, lipídeos e proteínas (BEDFORD, 1995; GRAHAM, 1996; SOTO-SALANOVA, 1996; BEDFORD, 2000), que são parcialmente degradados e aproveitados apenas no ceco (LIU & BAIDOO, 1997).

Apesar do baixo aproveitamento nutricional dos polissacarídeos não amiláceos, é possível observar propriedades benéficas para leitões desmamados, sendo uma delas o estímulo ao desenvolvimento do trato digestório (LONGLAND et al., 1994), associado à melhoria no estado de saúde dos animais (AUMAITRE, 1969), possivelmente devido aos produtos finais da fermentação (JOSEFIK et al., 2004). A fibra dietética é substrato para fermentação microbiana no intestino, produzindo ácidos graxos de cadeia curta que podem ser nocivos aos microrganismos patogênicos (WENK, 2001). Além disso, a fibra dietética possui propriedades físico-químicas, que podem acelerar a passagem da digesta e reduzir a atividade bacteriana (SMITS & ANNISON, 1996).

A principal diferença entre os efeitos das fibras solúvel e insolúvel, é que a primeira afeta consideravelmente a microbiota, por aumentar a viscosidade da digesta, propiciando ambiente favorável à proliferação de bactérias patogênicas. E as fibra insolúveis podem irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, levando a aumentos

nas secreções endógenas de muco e água. (MONTAGNE et al., 2003; HETLAND et al., 2004).

CUMMINGS (1981) relatou que a fermentação da fibra dietética causada pelas bactérias no ceco, resulta em produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), predominantemente acetato, propionato e butirato, assim como lactato e succinato, além de água e vários gases, dependendo do tipo de carboidrato degradado. Estes AGCC são utilizados de diferentes formas pelo organismo. Acetato é carregado para o fígado e atua como fonte de energia para os músculos. Propionato é convertido em glicose no fígado, além de inibir certos enteropatógenos, como as *Salmonelas*. Butirato é a maior fonte de energia para as atividades metabólicas, estimulando o crescimento das células epiteliais dos intestinos delgado e grosso (ROEDIGER, 1982).

Os ácidos graxos de cadeia curta podem inibir o crescimento de muitos patógenos, visto que a maioria prefere ambientes neutros ou ligeiramente alcalinos para seu desenvolvimento (GIBSON & WANG, 1994), havendo correlação negativa entre pH e desenvolvimento de *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* (WANG & GIBSON, 1993). No intestino grosso, os AGCC estimulam as reabsorções de água e sódio, diminuindo o risco de diarreia (ROEDIGER & MOORE, 1981). Resultados de pesquisas demonstraram que estes ácidos foram capazes de inibir o crescimento de algumas bactérias intestinais patogênicas, como *Escherichia coli* em coelhos (PROHASKA, 1980), *Salmonella* e *Clostridium* em ratos (HENTGES, 1992), *Escherichia coli* e *Clostridium difficile* em suínos (MAY et al., 1994) e desta forma proporcionando uma menor ocorrência destas bactérias nos intestinos delgado e grosso.

A saúde intestinal é essencial para o bom aproveitamento dos nutrientes da dieta, sendo os conhecimentos da composição e da quantidade de ácidos graxos de cadeia curta produzidos no trato digestório, de fundamental importância para o entendimento das alterações digestivas e microbiológicas. Além disso, os AGCC podem influenciar positivamente as estruturas, funções e a produção de mucina no intestino. Assim, a inclusão de fibra não lignificadas em dietas para leitões, pode reduzir a incidência e duração de diarreias infecciosas e favorecer a reidratação dos animais (MONTAGNE et al., 2003).

Em relação à melhoria do estado de saúde dos leitões, o mecanismo de atuação da fibra dietética sobre o sistema imune, não está bem estabelecido e inúmeras hipóteses têm sido propostas e discutidas. Uma delas é que a fibra não é hidrolisada e nem absorvida na parte superior do trato gastrointestinal, tornando-se substrato para uma ou um número limitado de bactérias benéficas, que irão colonizar o trato, alterando a microbiota (GIBSON & ROBERFROID, 1995; SCHLEY & FIELD, 2002). Estudos demonstraram, que alguns tipos de fibra dietética aumentam o número de linfócitos e leucócitos no sangue e das imunoglobulinas (IgA) no tecido linfóide associado ao intestino (SCHLEY & FIELD, 2002).

Várias estratégias vêm sendo estudadas com o objetivo de utilizar a fibra dietética dos alimentos, seja ela de natureza solúvel ou insolúvel, na tentativa de manipular a microbiota intestinal e reduzir a colonização por patógenos. Neste sentido, SCHIAVON et al. (2004) avaliaram a inclusão de 12% de polpa de beterraba, como fonte de fibra solúvel em dietas sem antibióticos, sobre o desempenho e a saúde de leitões desmamados aos 21 dias, e verificaram que esta inclusão promoveu desenvolvimento do trato digestório, causou mudanças benéficas na microbiota e melhorou o estado de saúde dos leitões.

A utilização de carboidratos fermentáveis, como amido, polpa de beterraba, farelo de trigo, casca de soja, casca de cevada, entre outros, nas dietas, tem sido uma estratégia efetiva para controlar a proteólise microbiana (SHI & NOBLET, 1993; PIVA et al., 1996; AWATI et al., 2006). O excesso de fermentação de proteína no intestino grosso, resulta em aumento na concentração de amônia no cólon, predispondo o leitão à diarreia no período pós-desmame (DONG et al., 1996). Neste contexto, AWATI et al. (2006) avaliaram a inclusão de carboidratos fermentáveis nas dietas de leitões desmamados, e observaram redução na fermentação da proteína ao longo do trato gastrointestinal, diminuindo a concentração de amônia nas fezes.

A fibra insolúvel, quando em pequenas quantidades, não interfere significativamente na viscosidade intestinal (SMITS & ANNISON, 1996), mas atua no sentido de regular o consumo ou de melhorar a digestibilidade de alguns nutrientes (HETLAND et al., 2004), ao passar pelo trato digestório sem sofrer alterações químicas.

Além disso, possui propriedades físico-químicas, que podem acelerar a passagem da digesta e reduzir a atividade bacteriana (SMITS & ANNISON, 1996). HAN et al. (2005) testando quatro concentrações (0; 0,3; 0,6 e 0,9%) de inclusão de uma fonte purificada de fibra insolúvel (Vitacel®), em dietas para leitões desmamados, concluíram que o nível de 0,3% melhorou as digestibilidades dos nutrientes e da energia, e o desempenho produtivo.

Pelos diferentes modos de atuação dos componentes da fibra, alguns trabalhos têm sido realizados utilizando-se ingredientes fibrosos, sendo eles subprodutos ou fontes purificadas. FREIRE et al. (2000) avaliaram quatro fontes de fibra (farelo de trigo, polpa de beterraba, casca de soja e farelo de alfafa), em dietas para leitões desmamados, sobre a digestibilidade, a produção de ácidos graxos de cadeia curta e o tempo de trânsito, e verificaram que dependendo da fonte de fibra presente na dieta, houve redução da digestibilidade, maior tempo de trânsito e elevação na produção de ácidos graxos de cadeia curta. Das quatro fontes estudadas, o farelo de alfafa demonstrou ser o mais efetivo na regulação do trânsito digestivo.

Neste sentido, HÖGBERG & LINDBERG (2004) estudaram dietas para leitões desmamados, baseadas em cereais e seus subprodutos, com concentrações altas e baixas de PNA's, e notaram que aquelas com altas concentrações proporcionaram incrementos no ganho de peso, porém reduziram as digestibilidades da matéria orgânica e dos constituintes da fibra. Observaram ainda, que estas dietas aumentaram a produção de ácidos graxos de cadeia curta totais no estômago e íleo, e as proporções dos ácidos propiônico e butírico no íleo, sendo o ambiente intestinal alterado em relação ao pH e à população microbiana total.

HEDEMANN et al. (2006) avaliaram o efeito da fonte (pectina purificada e casca de cevada), e da concentração de fibra nas dietas de leitões desmamados, sobre a morfologia intestinal, a concentração de mucina e a atividade enzimática, e verificaram que nos animais que receberam a dieta contendo pectina purificada, houve reduções do consumo de ração e do ganho de peso, apresentaram menores alturas das vilosidades e profundidades das criptas e menor produção de mucina. Já nos animais que consumiram a dieta com alto teor de fibra insolúvel (casca de cevada), houve melhoria

na morfologia intestinal, com maiores alturas das vilosidades e aumento da atividade enzimática.

Com a proibição do uso de antibióticos como promotores de crescimento em dietas para animais, tem se buscado alternativas para a suinocultura e o uso de fontes de fibras nas dietas pós-desmame, pode se tornar uma solução viável, já que existem muitos subprodutos da agroindústria disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS

AUMAITRE, L. A. Valeur alimmentaire du manioc et de différentes céréales dans les régimes de sevrage précoce du porcelet: utilisation digestive de l'aliment et effet sur la croissance des animaux. **Animal Zootechnique**, v.18, p.385-398, 1969.

AUMAITRE, L. A. Adptation and efficiency of the digestive process in the gut of the young piglet: Consequences for the formulation of a weaning diet. In: Special Issue, Swine Nutrition Session, **Journal of Animal Science**, v.13, p.227-242, 2000.

AWATI, A.; WILLIAMS, B. A.; BOSCH, M. W.; GERRITS, W. J. J.; VERSTEGEN, M. W. A. Effect of inclusion of fermentable carbohydrates in the diet on fermentation end-product profile in feces of weanling piglets. **Journal of Animal Science**, v.84, p.2133–2140, 2006.

BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.145-155, 1995.

BEDFORD, M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.

BERTOL, T. M. **Nutrição e alimentação dos leitões em programas convencionais e no desmame precoce**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000, 44 p.

CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; CROSS, R. F. Effect of age, weaning and post weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, v.66, p.574-584, 1988.

CHOCT, M. Carbohydrate and fibre digestion in monogastric animals. **ASA Technical Bulletin**, AN34, 2001.

CUMMINGS, J. H. Short-chain fatty acids in the human colon. **Gut**, v.22, p.763-779, 1981.

DONG, G. Z.; ZHOU, A. G.; YANG, F.; CHEN, K. R.; WANG, K. Y.; DAO, D. M. Effect of dietary protein levels on the bacterial breakdown of protein in the large intestine and diarrhea in early weaned pigs. **Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica**, v.27, n.4, p.293-302, 1996.

EGGUM, B. O. The influence of dietary fiber on protein digestion and utilization in monogastrics. **Archives of Animal Nutrition**, v.48, p.89-95, 1995.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fiber source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, p.71-83, 2000.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, p.1401-1412, 1995.

GIBSON, G. R.; WANG, X. Regulatory effects of bifidobacteria on the growth of other colonic bacteria. **Journal of Applied Bacteriology**, v.77, p.412-420, 1994.

GRAHAM, H. Mode of action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES. Campinas. **Anais...** CBNA, p.60-69, 1996.

HAN, Y. K.; HAN K. Y.; LEE, J. H. Effects of insoluble dietary fiber supplementation on the performance and digestibility of weaning pigs. **Journal of Animal Science and Technology**, v.47, n.4, p.565-572, 2005.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSEN, M.; LAERKE, H. N.; PEDERSEN, C.; LINDBERG, J. E.; LAURINEN, P.; BACH KNUDSEN, K. E. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1375-1386, 2006.

HENTGES, D. J. Gut flora and disease resistance. In: Fuller, R. (Ed.), **Probiotics: The Scientific Basis**. Chapman and Hall, London, p.87–110, 1992.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble no-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.415-422, 2004.

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J. E. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.113-128, 2004.

JOSEFIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S. A. Carbohydrate fermentation in the avian ceco: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.1-15, 2004.

LIU, Y.; BAIDOO, S. K. Exogenous enzymes for pig diets: an overview. In: Enzymes in poultry and swine nutrition. 1997. Disponível em: <http://web.idrc.ca/en/ev-30967-201-1-DO_TOPIC.html> Acesso em 19 out. 2009.

LONGLAND, A. C.; CARRUTHERS, J.; LOW, A. G. The ability of piglets 4 to 8 weeks old to digest and perform on diets containing two contrasting sources of non-starch polysaccharide. **Animal Production**, v.58, p.405-410, 1994.

MAY, T.; MACKIE, R. I.; FAHEY, G. C. Effect of fiber source on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production by *Clostridium difficile*. **Scandinava Journal Gastroenterology**, v.29, p.916-922, 1994.

MAKKINK, C. A.; NEGULESCU, G. P.; GUIXIN, Q. Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. **British Journal of Nutrition**, v.72, p.353-368, 1994.

MAXWELL, C. V.; CARTER, S. D. Feeding the weaned pig. In: **Swine nutrition**, Lewis, A.J.; Southern L.L. Ed. CRC Press, Florida, p.691-723, 2001.

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

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003.

NABUURS, M. J. A. Microbiological, structural and functional changes of the small intestine of pigs at weaning. **Pigs News and Information**, v.16, p.93-97, 1995.

NABUURS, M. J. A.; ZIJDERVELD, F. G.; DE LEEUW, P. W. Villus height and criph depth in weaned and unweaned pigs, reared under various circumstances in the Netherlands. **Research in Veterinary Science**, v.55, p.78-84, 2003.

PETTIGREW, J. E. Ingredientes alimentares que melhoram a saúde. **Porkworld**, v.46, p.280-284, 2008.

PIVA, A.; PANCIROLI, A.; MEOLA, E.; FORMIGONI, A. Lactitol enhances short-chain fatty acid and gas production by swine cecal microflora to a greater extent when fermenting low rather than high fiber diets. **Journal of Nutrition**, v.126, p.280-289, 1996.

PROHASKA, L. Antibacterial effect of volatile fatty acids in enteric *E. coli* infections of rabbits. **Zentralblatt Für Veterinärmedizin**, v.27, p.631-639, 1980.

ROEDIGER, W. E. W. Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon. **Gastroenterology**, v.83, p.424-429, 1982.

ROEDIGER, W. E. W.; MOORE, A. Effect of short chain fatty acids on sodium absorption in isolated human colon perturbed through the vascular bed. **Digestion Disease Science**, v.26, p.100-106, 1981.

ROURA, E. Changes in piglet feeding behaviour at weaning: digestive development and dietary factors. In: II CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2004, Fóz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu, p.115-124, 2004.

SCHIAVON, S.; TAGLIAPIETRA, F.; BAILONI, L.; BORTOLOZZO, A. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science**, v.3, p.337-351, 2004.

SCHLEY, P. D.; FIELD, C. J. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. **British Journal of Nutrition**, v.87, Suppl. 2, p.221-230, 2002.

SHI, X. S.; NOBLET, J. Contribution of the hindgut to digestion of diets in growing pigs and adult sows: Effect of diet composition. **Livestock Production Science**, v.34, p.237-252, 1993.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v.52, p.203-221, 1996.

SOTO-SALANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine. In: SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas, **Anais...** CBNA, p.1-13, 1996.

SOUFFRANT, W. B. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.93-102, 2001.

VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2715-2722, 1997.

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS. Campinas, 2003. **Anais...** CBNA, p.255-284, 2003.

WANG, X.; GIBSON, G. R. Effects of the in-vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large-intestine. **Journal Applied Bacteriology**, v.75, p.373-380, 1993.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.21-33. 2001.

CAPITULO 2 – AVALIAÇÕES BIOLÓGICA E METABÓLICA DE FONTES DE FIBRA PARA LEITÕES

RESUMO – Com o objetivo de avaliar as digestibilidades da celulose purificada, da casca de soja e da polpa cítrica, foi conduzido um experimento, utilizando-se o método de coleta total de fezes, com 16 leitões machos castrados, com peso inicial de $12,38 \pm 0,96$ kg, os quais foram distribuídos entre as seguintes dietas: dieta referência, composta principalmente por milho, farelo de soja e fonte de lactose, e dietas testes obtidas pela substituição de 10, 15 e 15% da dieta referência por celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica, respectivamente. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro dietas e quatro repetições. A polpa cítrica apresentou maiores ($P < 0,05$) coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, com exceção da proteína bruta, extrato etéreo, amido, hemicelulose e fibra insolúvel, quando comparada às outras duas fontes. A casca de soja apresentou maiores ($P < 0,05$) coeficientes de digestibilidade para a hemicelulose e a fibra insolúvel em relação à dieta contendo polpa cítrica. As fontes de fibra apresentam variações em sua composição química, que resultam em diferenças no valor nutricional. Entre as fontes testadas, a polpa cítrica é a que apresenta melhor valor nutricional, seguida da casca de soja e da celulose purificada. As fontes de fibra avaliadas, não apresentam qualquer efeito adverso, que limite seu uso em dietas de leitões, com a função de modular a microbiota intestinal.

Palavras-chave: ingredientes fibrosos, fibra dietética, microbiota intestinal, nutrientes digestíveis, leitões desmamados

CHAPTER 2 – BIOLOGICAL AND METABOLICAL EVALUATION OF FIBER SOURCES FOR PIGLETS

SUMMARY – An experiment was conducted to evaluate the digestibilities of purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp, using total feces collection method. A total of 16 male pigs castrated weighing 12.38 ± 0.96 kg of body weight were allotted into 4 diets: reference diet, based on corn, soybean meal and lactose source and 3 experimental diets, substituting 10, 15 and 15% of reference diet by purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp, respectively. It was used a randomized block design, with 4 diets and 4 replicates. Citrus pulp presented higher ($P < 0.05$) coefficients of digestibility of nutrients, with the exception of crude protein, ether extract, amide, hemicellulose and insoluble fiber, when compared with others 2 sources of fiber. Soybean hulls presented higher ($P < 0.05$) coefficients of digestibility of hemicellulose and insoluble fiber when compared with citrus pulp. The fiber sources presented variation in chemical composition, resulting in differences at nutritional values. Among the fiber sources, citrus pulp presents higher nutritional values, followed by soybean hulls and purified cellulose. The fiber sources do not cause any adverse effect that forbids their use in piglet diets to modulate intestinal microbiota.

Keywords: dietary fiber, digestible nutrients, fibrous ingredients, intestinal microbiota, weaning

INTRODUÇÃO

Com a proibição do uso de antibióticos e quimioterápicos, como promotores de crescimento nas dietas de leitões desmamados, surgiu a necessidade de buscar alternativas à utilização destes produtos. Nutrir leitões desmamados, visando melhorar o seu sistema imune, demanda o uso de abordagens diferentes, mas o ponto comum entre elas, é que todas estão direcionadas a melhorar a saúde intestinal (STEIN, 2008).

Existem inúmeras tecnologias que podem ser avaliadas e aplicadas, dentre estas se destaca o uso de ingredientes dietéticos fisiologicamente ativos. A utilização de ingredientes fibrosos nas dietas pós desmame, está sendo avaliada pela possível modulação da microbiota intestinal, já que a fração fibrosa não é digerida enzimaticamente, tornando-se disponível à fermentação microbiana no intestino grosso (FREIRE et al., 2000; MOLIST et al., 2009).

A fibra dietética pode ser dividida em dois tipos, uma rapidamente fermentável (fibra solúvel) e a parcialmente ou não fermentável (fibra insolúvel), e dependendo da fração predominante no alimento, estas podem ter efeitos diversos (BACH KNUDSEN, 1997). A fibra pode ser benéfica devido a certos efeitos fisiológicos, como aumentos das taxas de secreções gástricas e intestinais, do turnover do enterócitos e estímulo à motilidade intestinal (WHITNEY et al., 2006). Porém, a presença de ingredientes fibrosos na dieta, pode prejudicar a digestibilidade dos nutrientes, diminuindo a absorção e aumentando ou diminuindo o tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal, dependendo das características das fontes de fibra utilizadas (BACH KNUDSEN, 1997; FREIRE et al., 2000; WENK, 2001).

Desta maneira, torna-se pertinente avaliar as características nutricionais das fontes de fibra, antes de incluí-las nas dietas pós-desmame, para que não tragam prejuízos ao desempenho produtivo dos leitões.

Considerando-se a diversidade de fontes de fibra existentes, e a escassez de informações sobre os valores nutricionais destas fontes para leitões na fase inicial, objetivou-se com este trabalho, a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos

nutrientes e da energia, e o de metabolizabilidade da energia, da celulose purificada, da casca de soja e da polpa cítrica para leitões recém desmamados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas instalações experimentais do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

Foram utilizados 16 leitões machos castrados da linha genética Topigs, com peso vivo inicial de $12,38 \pm 0,96$ kg, os quais foram alojados em gaiolas para estudos metabólicos e distribuídos no delineamento em blocos casualizados para controlar as diferenças no peso inicial, com quatro dietas, quatro repetições e um animal por unidade experimental.

A dieta referência (Tabela 1), foi formulada para atender as exigências nutricionais mínimas dos leitões, de acordo com ROSTAGNO et al. (2005). As dietas testes foram obtidas pela substituição de 10, 15 e 15% da dieta referência, por celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica, respectivamente.

Os animais foram pesados, distribuídos entre as dietas e mantidos em baias individuais durante uma semana para adaptação às rações, quando então foram alojados nas gaiolas. O experimento teve duração de 10 dias, sendo os cinco primeiros para adaptação às gaiolas e determinação do consumo de ração, que foi definido de acordo com o menor consumo obtido nesta fase, baseado no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada unidade experimental, e os cinco finais para coleta de fezes e urina.

O arraçãoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 8h00 e às 17h00. As rações foram pesadas e umedecidas com água na proporção de 1:1, para evitar o desperdício, reduzir a pulverulência e facilitar o consumo. Após cada refeição, foi fornecida água à vontade.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética da dieta referência.

Ingredientes	%
Milho moído	53,94
Farelo de soja	23,74
Produto lácteo ¹	17,68
Fosfato bicálcico	1,67
Calcário calcítico	0,69
L-Lisina HCl, 78,4%	0,44
DL-Metionina, 99%	0,13
L-Treonina, 98%	0,15
L-Triptofano, 99%	0,02
Sal comum	0,32
Antioxidante	0,02
Suplemento mineral ²	0,10
Suplemento vitamínico ³	0,10
Caulim	1,00
Total	100,00
Valores calculados	
Energia metabolizável, kcal/kg	3325
Proteína bruta ⁵ , %	21,94
Cálcio ⁴ , %	0,83
Fósforo disponível ⁴ , %	0,45
Lactose, %	7,00
Amido ⁵ , %	37,14
Fibra Bruta ⁵ , %	2,87
Fibra em detergente neutro ⁵ , %	9,07
Fibra em detergente ácido ⁵ , %	4,40
Hemicelulose ⁵ , %	4,67
Fibra dietética total ⁵ , %	18,40
Fibra insolúvel ⁵ , %	17,06
Fibra solúvel ⁵ , %	1,34
Pectina total ⁵ , %	9,93
Lisina digestível ⁴ , %	1,33
Metionina digestível ⁴ , %	0,37
Treonina digestível ⁴ , %	0,84
Triptofano digestível ⁴ , %	0,23

¹Nuklospray K51 - 40% Lactose; ²Frimix® - Fri - ribe não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ³Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; ⁴Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005); ⁵Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Utilizou-se o método de coleta total de fezes e o óxido férrico (Fe₂O₃) foi usado como marcador fecal para determinar o início e o final do período de coleta. As fezes foram colhidas duas vezes ao dia, pesadas, sendo posteriormente mantidas congeladas. A urina foi colhida uma vez ao dia, em baldes plásticos contendo 20 mL de HCl 1:1, de

ácido e água destilada, com objetivo de não permitir a perda de nitrogênio e a proliferação de bactérias. O volume de urina produzido foi mensurado e retirada uma alíquota de 20%, que foi mantida congelada.

Ao final do experimento, as fezes de cada animal foram descongeladas, homogeneizadas e uma amostra representativa foi retirada, para determinação da primeira matéria seca, sendo em seguida moída, em moinho tipo faca com peneira com crivo de 1mm, para realização das análises laboratoriais.

O milho, o farelo de soja, a celulose purificada, a casca de soja e a polpa cítrica, as dietas experimentais e as fezes, foram analisados nos Laboratórios de Nutrição Animal, e de Ingredientes e Gases Poluentes, ambos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Nestes, foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO), de acordo com a SILVA & QUEIROZ (2002). A energia bruta (EB) dos ingredientes, rações, fezes e urina, foram determinadas em bomba calorimétrica tipo Parr Americano. Nos ingredientes foram determinadas as capacidades de retenção (AACC, 1984) e de absorção de água (CHEN et al., 1984).

O amido total foi determinado segundo a metodologia de extração de HENDRIX (1993) e, para a leitura colorimétrica utilizou-se o ácido dinitrosalisílico (MILLER, 1959). As fibras dietéticas total (FDT), insolúvel (FI) e solúvel (FS), foram analisadas de acordo com AOAC (1995). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e os cálculos para obtenção da hemicelulose, foram realizados conforme descrito por VAN SOEST et al. (1991). Para extração e quantificação da pectina total, utilizou-se a metodologia descrita por McCREADY & McCOMB (1952), realizando-se ajustes metodológicos quantitativos, de forma a permitir sua obtenção.

A partir dos valores de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, amido, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, fibra dietética, fibra insolúvel, fibra solúvel, pectina total e energia bruta, determinados pelas análises, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparentes dos nutrientes e da energia, os de metabolizabilidade da energia, os teores de

nutrientes digestíveis e as energias digestível e metabolizável dos ingredientes testados, utilizando-se as fórmulas descritas por SAKOMURA & ROSTAGNO (2007).

Para a celulose purificada, não foram determinados os coeficientes de digestibilidade da matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, amido, hemicelulose, fibra solúvel e pectina total, pela pequena quantidade ou mesmo ausência destes nutrientes no ingrediente.

Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, e o de metabolizabilidade da energia das fontes de fibra testadas, foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento GLM (General Linear Models) no programa estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1998) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo teste de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentadas a composição química e as capacidades de retenção (CRA) e de absorção (CAB) de água, da celulose purificada, da casca de soja e da polpa cítrica.

Tabela 2. Composição química e capacidades de retenção (CRA) e de absorção (CAB) de água, da celulose purificada, da casca de soja e da polpa cítrica.

Nutrientes e energia ¹	Fontes de fibra		
	Celulose purificada	Casca de soja	Polpa cítrica
MS, %	96,55	90,31	88,90
MO, %	96,17	87,26	84,20
MM, %	0,38	3,05	4,66
PB, %	0,29	11,05	8,21
EE, %	-	1,51	2,13
Amido, %	-	5,56	4,12
FB, %	88,55	43,66	15,47
FDN, %	95,32	66,01	21,34
FDA, %	93,48	51,13	11,12
Hemicelulose, %	1,84	14,87	10,22
FDT, %	93,73	76,37	42,36
FI, %	93,09	70,69	11,73
FS, %	0,64	5,66	30,63
Pectina total, %	-	10,25	24,69
EB, kcal/kg	3706	3668	3764
CRA ² , %	4,66	6,11	5,61
CAB ³ , %	82,33	85,94	84,87

¹Valores com base na matéria natural, %; ²MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; MM – matéria mineral; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FB – fibra bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; FDT – fibra dietética total; FI – fibra insolúvel; FS – fibra solúvel; EB – energia bruta; ²CRA – capacidade de retenção de água; ³CAB – capacidade de absorção de água.

Os valores de composição química da casca de soja e da polpa cítrica estão próximos aos encontrados na literatura (NRC, 1998; ROSTAGNO et al., 2005; LIMA et al., 2006; QUADROS et al., 2007). Em relação à celulose purificada, não foram encontradas referências a respeito de sua composição.

A composição química das fontes de fibra avaliadas, podem sofrer variações em função dos processos utilizados para suas obtenções, principalmente a casca de soja e a polpa cítrica, por se tratarem de subprodutos da agroindústria, os quais são

dependentes da variedade, condições de cultivo, região, época de colheita e quantidade de resíduos existentes nas mesmas (QUADROS et al., 2007).

Observou-se que a casca de soja e a polpa cítrica apresentaram elevadas capacidades de retenção e de absorção de água e isto pode ser devido, às propriedades higroscópicas das frações solúveis da fibra, principalmente a pectina (MONTAGNE et al., 2003; DROCHNER et al., 2004; CASTRO JÚNIOR et al., 2005).

Na Tabela 3 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, e o de metabolizabilidade da energia das fontes de fibra para leitões.

Tabela 3. Coeficientes de digestibilidade (CD) e metabolizabilidade (CM), nutrientes digestíveis e energias digestíveis e metabolizáveis das fontes de fibra para leitões.

Nutrientes e energias ¹	Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade, %				Nutrientes digestíveis (%) e energias digestível e metabolizável (kcal/kg) ³		
	Celulose purificada	Casca de soja	Polpa cítrica	CV ² , %	Celulose Purificada	Casca de soja	Polpa cítrica
MS, %	26,04c	72,44b	86,47a	6,00	25,14	65,42	76,87
MO, %	27,31c	69,11b	86,05a	5,75	26,26	60,30	72,45
MM, %	-	47,04b	83,78a	6,76	-	1,43	3,90
PB, %	-	32,54	34,11	2,19	-	5,37	4,54
EE, %	-	77,35	88,01	3,87	-	1,13	1,87
Amido, %	-	75,48	79,07	9,32	-	3,77	3,76
FB, %	24,49c	56,23b	90,27a	6,21	24,67	23,77	14,62
FDN, %	29,57c	61,35b	77,46a	9,30	23,55	40,10	17,80
FDA, %	25,32c	57,87a	32,15b	11,17	25,92	27,37	2,83
Hemicelulose, %	-	84,69a	16,62b	7,31	-	11,35	2,62
FDT, %	18,08c	68,98b	83,53a	5,25	16,59	31,16	25,81
FI, %	24,01b	36,70a	20,27b	11,55	8,90	35,87	0,30
FS, %	-	54,02b	98,76a	9,80	-	2,74	30,53
Pectina total, %	-	95,98b	99,50a	0,91	-	9,83	24,60
CDEB, % / ED, kcal/kg	15,41c	62,74b	79,86a	7,05	576	2301	3005
CMEB, % / EM, kcal/kg	13,01c	51,73b	68,90a	10,31	486	1897	2593

¹MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; MM – matéria mineral; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FB – fibra bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; FDT – fibra dietética total; FI – fibra insolúvel; FS – fibra solúvel; EB – energia bruta; ED – energia digestível; EM – energia metabolizável. ²Coeficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); ³Valores com base na matéria natural;

De acordo com os resultados observados, a polpa cítrica apresentou maiores ($P<0,05$) coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, com exceção da proteína bruta, extrato etéreo, amido, hemicelulose e fibra insolúvel, quando comparada às outras duas fontes. Isto pode ser explicado, pelos tipos de fibra existentes nos ingredientes avaliados, e como a polpa cítrica apresenta teores elevados de fibra solúvel e pectina, altamente fermentáveis, estes podem proporcionar aumento no tempo de exposição da digesta às ações enzimática e microbiana, melhorando assim, a digestibilidade dos nutrientes (DROCHNER et al., 2004; CASTRO JÚNIOR et al., 2005).

A casca de soja apresentou maiores ($P<0,05$) coeficientes de digestibilidade para hemicelulose, quando comparada à polpa cítrica e para fibra insolúvel, quando comparada com a polpa cítrica e a celulose purificada. A maior digestibilidade da hemicelulose se deve à elevada quantidade deste nutriente presente na casca de soja (14,87%).

São escassos os trabalhos avaliando a digestibilidade de alimentos fibrosos para leitões na fase de creche, devido aos transtornos digestivos que ocorrem nesta fase da vida do leitão e pela imaturidade do trato digestório, sendo por estas razões que a maioria dos ensaios de metabolismo são realizados com suínos na fase de crescimento.

Entretanto, WATANABE (2007) avaliando a polpa cítrica para suínos em terminação, verificou menores coeficientes de digestibilidade para matéria seca (72,60%), matéria mineral (36,83%), proteína bruta (13,98%) e energia bruta (70,75%), com exceção do amido (89,49%), para o qual foi observado maior coeficiente, quando comparados aos encontrados no presente estudo.

Para a casca de soja, os valores de matéria orgânica digestível, proteína digestível, ED e EM foram menores que os observados por QUADROS et al. (2007), que avaliaram este ingrediente para suínos na fase de crescimento e encontraram 69,74; 9,00%, 2624 e 2509 kcal/kg, respectivamente. Estes resultados divergentes podem ser explicados pela diferença na composição química dos ingredientes avaliados, por se tratarem de subprodutos, pela idade dos animais ou pelas metodologias utilizadas para

obtenção dos coeficientes de digestibilidade (NOBLET & LE GOFF, 2001; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Não existem relatos na literatura, sobre estudos de digestibilidade da celulose purificada, por não ser um ingrediente usual em dietas para suínos. Porém existem resultados que evidenciaram que seu uso reduz a digestibilidade das dietas. Desta forma, OWUSU-ASIEDU et al. (2006) compararam as inclusões de fontes de fibra solúvel (Guar gum) e insolúvel (celulose) purificadas e verificaram que o nível de 7% de celulose na dieta de suínos em crescimento, reduziu a digestibilidade da dieta.

Importante ressaltar que os valores de digestibilidade das frações fibrosas (FB, FDN, FDA, Hemicelulose, FDT, FI, FS e pectina total) da casca de soja e da polpa cítrica encontrados neste estudo, indicaram a adaptação dos animais em tentar degradar estes nutrientes, principalmente as frações solúveis da fibra, para as quais verificou-se elevados coeficientes de digestibilidade. Assim, os coeficientes de digestibilidade da fibra solúvel e da pectina, para casca de soja e polpa cítrica foram: 54,02 e 98,76%, e 95,98 e 99,50%, respectivamente. Diversos autores relataram que existe alguma degradação da fibra na porção anterior ao ceco, principalmente das frações mais solúveis, como a hemicelulose e a pectina, pela presença de bactérias anaeróbias celulolíticas e pectinolíticas na digesta presente no íleo (DIERIK et al., 1989; DROCHNER et al., 2004). Porém, sabe-se que a maior parte da fração fibrosa do alimento, é degradada no intestino grosso pela microbiota presente nesta porção (VAREL & YEN, 1997; CHOCT, 2001).

A polpa cítrica apresentou melhores características nutricionais, por apresentar maiores ($P<0,05$) coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, porém isto não implica que a celulose e a casca de soja não possam ser utilizadas como fonte de fibra já que estas podem ser utilizadas em dietas de leitões, não para atender as exigências nutricionais destes animais, mas como ingredientes fisiologicamente ativos, com o intuito de trazer benefícios à microbiota intestinal, proporcionando melhor saúde intestinal.

CONCLUSÕES

As fontes de fibra apresentam variações em sua composição química, que resultam em diferenças no valor nutricional. Entre as fontes testadas, a polpa cítrica é a que apresenta melhor valor nutricional, seguida da casca de soja e da celulose purificada. As fontes de fibra avaliadas, não apresentam qualquer efeito adverso, que limite seu uso em dietas de leitões, com a função de modular a microbiota intestinal.

REFERÊNCIAS

AACC-AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Methods of the American Association of Cereal Chemists**. Saint Paul, Minnesota, 1984.

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 16ed. Arlington: Patricia Cunnif, 1995, 1025p.

BACH KNUDSEN, K. E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.319-338, 1997.

CASTRO JÚNIOR, F. G.; CAMARGO, J. C. M.; CASTRO, A. M. M. G.; BUDIÑO, F. E. L. Fibra na alimentação de suínos, **Boletim da Indústria Animal**, v.62, n.3, p.265-280, 2005.

CHEN, J.; PIVA, M.; ALBUZA, T.P. Evaluation of water binding capacity (wbc) of food fiber sources. **Journal of Food Science**, v.49, n.1, p.1150-1155, 1984.

CHOCT, M. Carbohydrate and fibre digestion in monogastric animals. **ASA Technical Bulletin**, AN34, 2001.

DIERICK, N. A.; VERVAEKE, I. J.; DEMEYER, D. I.; DECUYPERE, J. A. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.141-167, 1989.

DROCHNER, W.; KERLER, A.; ZACHARIAS, B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p.367-380, 2004.

EVERITT, B. S. **The Cambridge Dictionary of Statistics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 360p.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fiber source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 87, p.71-83, 2000.

HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v.33, n.6, p.1306-1311, 1993.

LIMA, R. F.; GONÇALVES, M. B. F.; SILVA, L. P.; NÖRNBERG, J. L.; ALMEIDA, H. S. L. Sistema laboratorial de fracionamento de carboidratos de concentrados energéticos. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.28, n.2, p.215-221, 2006.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, v.24, n.12, p.1986-1988, 1952.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, n.3, p.426-428, 1959.

MOLIST, F.; GOMES DE SEGURA, A.; GASA, A.; HERMES, R. G.; MANZANILLA, E. G.; ANGUITA, M.; PÉREZ, J. F. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Techonology**, v.149, p.346-353, 2009.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003.

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

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Subcommittee on Swine Nutrition. Committee on Animal Nutrition. **Nutrient Requirements of Swine**. 10.ed. Washington: National Academy Press, 1998.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARVELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRAS, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, p.843-852, 2006.

QUADROS, A. R. B.; MOREIRA, I.; PAIANO, D.; RIBEIRO, C. R.; SILVESTRIM, N.; FURLAN, A. C. Avaliação nutricional da casca de soja integral ou moída, ensilada ou não, para suínos em fase de crescimento. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.1, p.31-38, 2007.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed., Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**, Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283p.

SAS. **SAS System for linear models**. Cary: SAS Institute, 1998, 211p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos, Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Editora UFV, 2 ed., 2002, 235 p.

STEIN, H. H. Alimentando o sistema imune dos suínos. **Porkworld**, v.46, p.264-269, 2008.

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

VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2715-2722, 1997.

WATANABE, P. H. **Polpa cítrica na restrição alimentar qualitativa para suínos em terminação**. 2007, p.79. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90, p.21-33, 2001.

WHITNEY, M. H. SHURSON, G. C.; GUEDES, R. C. Effects of dietary inclusion of distillers dried grains with soluble, soybean hulls, or a polyclonal antibody product on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. **Journal of Animal Science**, v.84, p.1880-1889, 2006.

CAPITULO 3 - FONTES DE FIBRA NAS DIETAS DE LEITÕES DESMAMADOS SOBRE: DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO, INCIDÊNCIA DE DIARREIA E IMUNIDADE HUMORAL

RESUMO – Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro para determinar a digestibilidade dos nutrientes e da energia das dietas contendo os ingredientes fibrosos e o segundo para estudar o desempenho, o tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal, a incidência de diarreia e a imunidade humoral. No experimento I, foram utilizados 16 leitões machos castrados, por meio do método de coleta total de fezes, sendo distribuídos nas seguintes dietas experimentais: DC – Dieta controle, composta principalmente por milho, farelo de soja e fonte de lactose; CEL – ração composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 1,5% de celulose purificada; CS - ração composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 3% de casca de soja e PC - ração composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 9% de polpa cítrica. A inclusão das diferentes fontes de fibra nas dietas, não afetou os coeficientes de digestibilidade da maioria dos nutrientes e da energia e o coeficiente de metabolizabilidade da energia. No experimento II, foram utilizados 72 leitões, sendo 36 machos castrados e 36 fêmeas, desmamados aos 21 dias de idade e $6,45 \pm 0,66$ kg de peso. As dietas foram as mesmas do experimento I. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial, com quatro dietas experimentais, nove repetições e dois animais constituindo a parcela experimental. Conclui-se que a utilização de celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica, como fontes de fibra nas dietas de leitões recém desmamados, não afeta a digestibilidade da maioria dos nutrientes e da energia, o desempenho e o tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal. A inclusão de celulose purificada promove efeito benéfico no controle da diarreia e melhora alguns parâmetros imunológicos.

Palavras-Chave: Diarréia, fibra dietética, microbiota intestinal, sistema imune

CHAPTER 3 – FIBER SOURCES IN DIETS FOR WEANED PIGS ON: DIGESTIBILITY, PERFORMANCE, DIARRHEA INCIDENCE AND HUMORAL IMMUNITY

SUMMARY – This work was conducted to evaluate the effects of purified cellulose, soybean hulls or citrus pulp as fiber sources for weaned pigs, in 2 experiments. The experiment 1 was conducted to determine nutrients and energy digestibilities of diets with fibrous ingredients and experiment 2 to evaluate performance, gastrointestinal transit time of diets, diarrhea incidence and humoral immunity. At experiment 1, it was used total feces collection method for 16 male pigs castrated allotted into 4 experimental diets: DC – control diet, based on corn, soybean meal and lactose source; CEL – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 1,5% of purified cellulose; CS – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 3% of soybean hulls; PC – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 9% of citrus pulp. The inclusion of different fiber sources in diets did not affect the coefficients of digestibility of almost all nutrients and energy and the coefficient of metabolizability of energy. At experiment 2, it was used 72 piglets (36 male castrated and 36 female), weaned at 21 days of age and weighing 6.45 ± 0.66 kg of body weight. The experimental diets were similar as used at experiment 1. It was used a randomized block design, to control the differences of body weight of piglets, with 4 experimental diets, 9 replicates and 2 animals as experimental unit. In conclusion, the use of purified cellulose, soybean hulls and citrus pulp as fiber sources in diets for weaned pigs do not affect the digestibilities of almost all nutrients and energy, performance and gastrointestinal transit time of diets. Purified cellulose promotes better results on diarrhea incidence and immunological parameters.

Keywords: diarrhea, dietary fiber, intestinal microbiota, immune system

INTRODUÇÃO

O desmame é um momento crítico na produção de suínos, por reunir diversos fatores que podem prejudicar o desenvolvimento dos animais. O leitão tem seus sistemas imunológico e digestório ainda em desenvolvimento, produção insatisfatória de enzimas específicas para digestão de ingredientes de origem vegetal e alta demanda por nutrientes (BERTOL, 2000).

Neste contexto, a manutenção da saúde intestinal é um importante fator para minimizar ou prevenir o baixo desempenho, a morbidade e a mortalidade dos leitões. Assim, os ingredientes da dieta devem ser selecionados para criar e estabelecer o equilíbrio no trato digestório, prevenindo distúrbios em sua estrutura (MONTAGNE et al., 2003).

Os ingredientes alimentares, geralmente utilizados para favorecer o estabelecimento da saúde intestinal em leitões, como os derivados do leite e outros ingredientes de origem animal, apresentam custo elevado e o uso de antibióticos, como promotores do crescimento, tem sido restringido na produção animal. Desta maneira, torna-se importante a busca por novas tecnologias ou ingredientes alimentares, capazes de contribuir para o funcionamento eficaz do trato gastrointestinal (TGI) dos animais, favorecendo o bom desempenho.

Certos tipos de fibra dietética podem ser utilizados, visando proporcionar saúde intestinal aos animais, e apesar de algumas frações dos polissacarídeos não amiláceos terem ação anti-nutritiva para o metabolismo do animal, é possível observar propriedades benéficas para leitões desmamados, sendo uma delas, o estímulo ao desenvolvimento do trato digestório (LONGLAND et al., 1994), associado à melhoria no estado de saúde dos animais, possivelmente devido aos produtos finais da fermentação (MOLIST et al., 2009).

O uso de fontes de fibra nas dietas ao desmame, pode promover saúde intestinal pelas modificações da motilidade do trato gastrointestinal, do tempo de trânsito da digesta e pela produção de ácidos graxos de cadeia curta, benéficos ao trato digestório (YIN et al., 2004; CARNEIRO et al., 2008).

Baseado na hipótese de que mediante o conhecimento da composição da fibra dietética dos ingredientes e seus efeitos na digestibilidade, saúde e bem estar animal, a fibra pode deixar de ser considerada um fator anti-nutricional na alimentação dos animais monogástricos. Assim, objetivou-se avaliar a digestibilidade, o desempenho, a incidência de diarreia, o tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal e a imunidade humoral de leitões recém desmamados, recebendo rações contendo celulose purificada, casca de soja ou polpa cítrica, como fontes de fibra.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo o primeiro para determinar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, e o de metabolizabilidade da energia das dietas contendo as diferentes fontes de fibra, e o segundo para avaliar o desempenho, a incidência de diarreia, o tempo de trânsito da dieta no trato gastrointestinal e a imunidade humoral.

Avaliação biológica das dietas contendo as diferentes fontes de fibra – Experimento I

Neste experimento, foram utilizados 16 leitões machos castrados, da linha genética Topigs, com peso inicial de $12,98 \pm 2,07$ kg, os quais foram alojados em gaiolas para estudos metabólicos. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar as diferenças no peso inicial, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As dietas experimentais foram: DC – Dieta controle – composta principalmente por milho, farelo de soja e fonte de lactose; CEL - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 1,5% de celulose purificada; CS - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 3% de casca de soja e PC - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 9% de polpa

cítrica. Estabeleceu-se previamente que as dietas com inclusão das fontes de fibras, apresentariam as mesmas quantidades de fibra bruta.

Para formulação das dietas experimentais, foram utilizados os valores nutricionais do milho, farelo de soja, celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica descritos na Tabela 1. Os valores de energia metabolizável (EM) do milho e do farelo de soja, foram os descritos por ROSTAGNO et al. (2005) e todos os demais nutrientes e energias dos ingredientes, foram os determinados no presente estudo (Capítulo 2).

Tabela 1. Composições química e energética dos ingredientes utilizados para formulação das dietas experimentais (valores com base na matéria natural).

Nutrientes e energia ¹	Milho	Farelo de soja	Celulose purificada	Casca de soja	Polpa cítrica
MS, %	88,72	90,28	96,55	90,31	88,90
MO, %	87,59	84,57	96,17	87,26	84,20
PB, %	9,16	47,98	0,29	11,05	8,21
EE, %	4,64	1,82	-	1,51	2,13
Amido, %	64,08	10,51	-	5,56	4,12
FB, %	2,31	6,71	88,55	43,66	15,47
FDN, %	10,58	14,15	95,32	66,01	21,34
FDA, %	3,93	9,62	93,48	51,13	11,12
Hemicelulose, %	6,65	4,52	1,84	14,87	10,22
FDT, %	17,19	38,41	93,73	76,37	42,36
FI, %	16,01	35,45	93,09	70,69	11,73
FS, %	1,19	2,95	0,64	5,66	30,63
Pectina total, %	12,84	12,59	-	10,25	24,69
EM, kcal/kg	3340	3253	487	1882	2578

¹MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FB – fibra bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; FDT – fibra dietética total; FI – fibra insolúvel; FS – fibra solúvel; EM – energia metabolizável.

As dietas experimentais foram formuladas de modo a atender as exigências nutricionais mínimas dos animais, dos 32 aos 50 dias de idade, de acordo com ROSTAGNO et al. (2005). Às rações não foram adicionados antibióticos ou qualquer promotor de crescimento. As composições centesimal, química e energética das dietas experimentais, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas no ensaio de digestibilidade.

Ingredientes, %	Dietas experimentais ¹			
	DC	CEL	CS	PC
Milho moído	50,74	48,08	47,21	41,86
Farelo de soja	33,86	34,34	33,82	33,66
Produto lácteo ²	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	1,97	2,66	2,55	2,27
Polpa cítrica	-	-	-	9,00
Casca de soja	-	-	3,00	-
Celulose purificada	-	1,50	-	-
Fosfato bicálcico	2,05	2,05	2,05	2,06
Calcário calcítico	0,43	0,43	0,43	0,19
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,27	0,26	0,26	0,27
DL-Metionina, 99%	0,08	0,08	0,08	0,09
L-Treonina, 98%	0,11	0,11	0,11	0,11
Sal comum	0,37	0,37	0,37	0,37
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados				
Energia metabolizável, kcal/kg	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta ⁴ , %	22,38	22,36	22,36	22,21
Cálcio ⁵ , %	0,83	0,83	0,84	0,88
Fósforo disponível ⁵ , %	0,45	0,45	0,45	0,45
Lactose, %	7,00	7,00	7,00	7,00
Amido ⁴ , %	36,07	34,42	33,97	30,73
Fibra Bruta ⁴ , %	3,45	4,75	4,68	4,63
Fibra em detergente neutro ⁴ , %	10,16	11,38	11,76	11,11
Fibra em detergente ácido ⁴ , %	5,25	6,60	6,64	5,88
Hemicelulose ⁴ , %	4,90	4,78	5,11	5,22
Fibra dietética total ⁴ , %	21,73	22,86	23,40	23,94
Fibra insolúvel ⁴ , %	20,13	21,27	21,67	19,69
Fibra solúvel ⁴ , %	1,60	1,59	1,73	4,26
Pectina total ⁴ , %	10,78	10,50	10,63	11,83
Lisina digestível ⁵ , %	1,34	1,33	1,34	1,33
Metionina digestível ⁵ , %	0,37	0,37	0,37	0,38
Treonina digestível ⁵ , %	0,84	0,85	0,84	0,84
Triptofano digestível ⁵ , %	0,24	0,24	0,24	0,23

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Nuklospray K21-70% Lactose; ³Suplemento mineral e vitamínico - Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ⁴Valores obtidos por meio de análises laboratoriais; ⁵Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005).

O experimento teve duração de 12 dias, sendo os sete primeiros para adaptação às gaiolas e determinação do consumo de ração, que foi definido de acordo com o

menor consumo obtido nesta fase, baseado no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada unidade experimental, e os cinco finais para colheitas de fezes e urina.

O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 8h00 e às 17h00. As rações foram pesadas e umedecidas com água, na proporção de 1:1, para evitar o desperdício, reduzir a pulverulência e facilitar o consumo. Após cada refeição foi fornecida água à vontade.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, as quais foram colhidas duas vezes ao dia, pesadas, sendo posteriormente mantidas congeladas. A urina foi colhida uma vez ao dia, em baldes plásticos, contendo 20 mL de HCl 1:1, de água destilada e ácido, com o objetivo de não permitir a perda de nitrogênio e a proliferação de bactérias. O volume de urina produzido foi mensurado e retirada uma alíquota de 20%, que foi mantida congelada.

O óxido férrico (Fe_2O_3) foi utilizado como marcador fecal, para determinar o início e o final do período de coleta. Ao fim do experimento, as fezes de cada animal foram descongeladas, homogeneizadas e uma amostra representativa foi retirada, para determinação da primeira matéria seca, sendo em seguida moída, em moinho tipo faca com peneira com crivos de 1mm, para realização das análises laboratoriais.

Os ingredientes, as rações, as fezes e a urina, foram analisados nos Laboratórios de Nutrição Animal e de Ingredientes e Gases Poluentes, ambos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) de acordo com SILVA & QUEIROZ (2002). A energia bruta (EB) dos ingredientes, rações, fezes e urina, foi determinada em bomba calorimétrica tipo Parr Americano.

O amido total foi determinado segundo a metodologia de extração de HENDRIX (1993) e, para a leitura colorimétrica, utilizou-se o ácido dinitrosalisílico (MILLER, 1959). As fibras dietéticas total (FDT), insolúvel (FI) e solúvel (FS), foram analisadas de acordo com AOAC (1995). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), e os cálculos para obtenção da hemicelulose, foram realizados conforme descrito por VAN SOEST et al. (1991). Para extração e quantificação da

pectina total, utilizou-se a metodologia descrita por McCREADY & McCOMB (1952), realizando-se ajustes metodológicos quantitativos, de forma a permitir sua obtenção.

A partir dos valores de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, amido, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, fibra dietética total, fibra insolúvel, fibra solúvel, pectina total e energia bruta, determinados pelas análises, foram calculados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, e o de metabolizabilidade da energia, sendo então, obtidos os nutrientes digestíveis e as energias digestível e metabolizável das dietas experimentais, utilizando-se as fórmulas descritas por SAKOMURA & ROSTAGNO (2007).

Desempenho produtivo, incidência de diarreia, tempo de trânsito gastrointestinal e imunidade humoral de leitões alimentados com diferentes fontes de fibra – Experimento II

No experimento II, foram utilizados 72 leitões desmamados aos 21 dias, sendo 36 machos castrados e 36 fêmeas, da linha genética Topigs, com peso inicial de $6,45 \pm 0,66$ kg, que foram alojados em baias de $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com bebedouros em nível, do tipo vaso comunicantes e comedouros semi-automáticos. Durante os primeiros 20 dias do período experimental, foram utilizados escamoteadores de madeira, com lâmpadas incandescentes de 100W, possibilitando o aquecimento dos leitões. Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial, com quatro tratamentos e nove repetições, sendo a unidade experimental constituída por dois animais, sendo um macho e uma fêmea.

As dietas experimentais foram as mesmas utilizadas no experimento I e formuladas de modo a atender as exigências nutricionais mínimas dos animais, de acordo com ROSTAGNO et al. (2005), nas seguintes fases: I – dos 21 aos 35 dias, II – dos 36 aos 50 dias e III – dos 51 aos 63 dias de idade. Da mesma forma que no experimento I, às dietas não foram adicionados antibióticos ou qualquer promotor de

crescimento. As composições centesimal, química e energética das dietas experimentais, estão apresentadas nas Tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase I - dos 21 aos 35 dias de idade dos leitões.

Ingredientes, %	Dietas experimentais ¹			
	DC	CEL	CS	PC
Milho moído	47,13	45,09	44,19	38,73
Farelo de soja	29,63	29,98	29,49	29,32
Produto lácteo ²	17,14	17,14	17,14	17,14
Óleo de soja	1,48	1,96	1,86	1,62
Polpa cítrica	-	-	-	9,00
Casca de soja	-	-	3,00	-
Celulose purificada	-	1,50	-	-
Fosfato bicalcico	2,69	2,69	2,69	2,69
Calcário calcítico	0,15	0,15	0,15	0,00
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,53	0,53	0,52	0,54
DL-Metionina, 99%	0,16	0,16	0,16	0,16
L-Treonina, 98%	0,27	0,27	0,27	0,27
L-Triptofano, 99%	0,04	0,04	0,04	0,05
Sal comum	0,37	0,37	0,37	0,36
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	0,29	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados				
Energia metabolizável, kcal/kg	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta ⁴ , %	21,24	21,23	21,23	21,08
Cálcio ⁵ , %	0,89	0,89	0,90	0,97
Fósforo disponível ⁵ , %	0,56	0,56	0,56	0,56
Lactose, %	12,00	12,00	12,00	12,00
Amido ⁴ , %	33,32	32,04	31,58	28,27
Fibra Bruta ⁴ , %	3,09	4,40	4,33	4,27
Fibra em detergente neutro ⁴ , %	9,18	10,44	10,83	10,17
Fibra em detergente ácido ⁴ , %	4,70	6,06	6,11	5,34
Hemicelulose ⁴ , %	4,47	4,38	4,72	4,82
Fibra dietética total ⁴ , %	19,48	20,67	21,21	21,73
Fibra insolúvel ⁴ , %	18,05	19,24	19,65	17,65
Fibra solúvel ⁴ , %	1,43	1,43	1,57	4,08
Pectina total ⁴ , %	9,78	9,56	9,69	10,89
Lisina digestível ⁵ , %	1,53	1,53	1,52	1,53
Metionina digestível ⁵ , %	0,44	0,43	0,43	0,43
Treonina digestível ⁵ , %	0,96	0,96	0,96	0,96
Triptofano digestível ⁵ , %	0,26	0,26	0,26	0,27

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Nuklospray K21-70% Lactose; ³Suplemento mineral e vitamínico - Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ⁴Valores obtidos por meio de análises laboratoriais; ⁵Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005).

Tabela 4. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase II - dos 36 aos 50 dias de idade dos leitões.

Ingredientes, %	Dietas experimentais ¹			
	DC	CEL	CS	PC
Milho moído	50,74	48,08	47,21	41,86
Farelo de soja	33,86	34,34	33,82	33,66
Produto lácteo ²	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	1,97	2,66	2,55	2,27
Polpa cítrica	-	-	-	9,00
Casca de soja	-	-	3,00	-
Celulose purificada	-	1,50	-	-
Fosfato bicálcico	2,05	2,05	2,05	2,06
Calcário calcítico	0,43	0,43	0,43	0,19
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,27	0,26	0,26	0,27
DL-Metionina, 99%	0,08	0,08	0,08	0,09
L-Treonina, 98%	0,11	0,11	0,11	0,11
Sal comum	0,37	0,37	0,37	0,37
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados				
Energia metabolizável, kcal/kg	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta ⁴ , %	22,38	22,36	22,36	22,21
Cálcio ⁵ , %	0,83	0,83	0,84	0,88
Fósforo disponível ⁵ , %	0,45	0,45	0,45	0,45
Lactose, %	7,00	7,00	7,00	7,00
Amido ⁴ , %	36,07	34,42	33,97	30,73
Fibra Bruta ³ , %	3,45	4,75	4,68	4,63
Fibra em detergente neutro ⁴ , %	10,16	11,38	11,76	11,11
Fibra em detergente ácido ⁴ , %	5,25	6,60	6,64	5,88
Hemicelulose ⁴ , %	4,90	4,78	5,11	5,22
Fibra dietética total ⁴ , %	21,73	22,86	23,40	23,94
Fibra insolúvel ⁴ , %	20,13	21,27	21,67	19,69
Fibra solúvel ⁴ , %	1,60	1,59	1,73	4,26
Pectina total ⁴ , %	10,78	10,50	10,63	11,83
Lisina digestível ⁵ , %	1,34	1,33	1,34	1,33
Metionina digestível ⁵ , %	0,37	0,37	0,37	0,38
Treonina digestível ⁵ , %	0,84	0,85	0,84	0,84
Triptofano digestível ⁵ , %	0,24	0,24	0,24	0,23

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Nuklospray K21-70% Lactose; ³Suplemento mineral e vitamínico - Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ⁴Valores obtidos por meio de análises laboratoriais; ⁵Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005).

Tabela 5. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase III - dos 51 aos 63 dias de idade dos leitões.

Ingredientes, %	Dietas experimentais ¹			
	DC	CEL	CS	PC
Milho moído	66,03	63,56	62,77	57,48
Farelo de soja	29,77	30,21	29,68	29,49
Óleo de soja	0,83	1,46	1,32	1,02
Polpa cítrica	-	-	-	9,00
Casca de soja	-	-	3,00	-
Celulose purificada	-	1,50	-	-
Fosfato bicálcico	2,02	2,03	2,03	2,04
Calcário calcítico	0,30	0,30	0,26	-
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,24	0,24	0,24	0,25
DL-Metionina, 99%	0,05	0,05	0,05	0,06
L-Treonina, 98%	0,08	0,07	0,07	0,08
Sal comum	0,46	0,46	0,46	0,46
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral e vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	0,10	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados				
Energia metabolizável, kcal/kg	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta ³ , %	20,63	20,61	20,61	20,47
Cálcio ⁴ , %	0,72	0,73	0,72	0,75
Fósforo disponível ⁴ , %	0,40	0,40	0,40	0,40
Amido ³ , %	45,44	43,90	43,51	40,30
Fibra Bruta ² , %	3,52	4,82	4,75	4,70
Fibra em detergente neutro ³ , %	11,20	12,43	12,82	12,17
Fibra em detergente ácido ³ , %	5,46	6,81	6,86	6,10
Hemicelulose ³ , %	5,74	5,62	5,96	6,08
Fibra dietética total ³ , %	22,79	23,94	24,48	25,02
Fibra insolúvel ³ , %	21,12	22,28	22,69	20,71
Fibra solúvel ³ , %	1,66	1,66	1,79	4,31
Pectina total ³ , %	12,23	11,96	12,10	13,32
Lisina digestível ⁴ , %	1,15	1,16	1,16	1,15
Metionina digestível ⁴ , %	0,33	0,33	0,33	0,33
Treonina digestível ⁴ , %	0,73	0,72	0,72	0,73
Triptofano digestível ⁴ , %	0,21	0,21	0,21	0,21

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Suplemento mineral e vitamínico - Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ³Valores obtidos por meio de análises laboratoriais; ⁴Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005).

Os animais foram pesados no início e final de cada fase, bem como as sobras de ração, obtendo-se o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP) e a

conversão alimentar (CA). Os resultados de desempenho foram analisados nos seguintes períodos: 1 – dos 21 aos 35 dias de idade; 2 – dos 21 aos 50 dias de idade e 3 – dos 21 aos 63 dias de idade.

Incidência de diarreia

Com o objetivo de verificar a influência das dietas experimentais sobre a incidência de diarreia, foi realizado o levantamento dos escores fecais dos leitões, nos primeiros 21 dias do período experimental. Duas vezes ao dia, foi verificada a consistência das fezes, às 8h00 e às 17h00, mediante análise visual, de acordo com os seguintes escores: 1 – fezes normais, 2 – fezes pastosas e 3 – fezes aquosas. Os escores 1 e 2 foram considerados fezes não diarreicas e o 3 diarreicas. Estas identificações foram realizadas sempre pelo mesmo observador.

Tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal

Na fase III, dos 50 aos 63 dias de idade, foi determinado o tempo de trânsito das dietas, realizado medindo-se o tempo gasto entre a ingestão do alimento marcado com óxido férrico, e o aparecimento das primeiras fezes com a coloração característica do marcador. Para isso, no dia da determinação do tempo de trânsito, os animais foram alimentados com a dieta marcada numa mesma quantidade e em seguida, quando não havia sobra, foi oferecida mais ração sem o marcador e à vontade.

Parâmetros séricos

Amostras de sangue para realização do hemograma completo, foram colhidas de da veia jugular de um leitão de cada unidade experimental aos 21, 35, 50 e 63 dias de idade, e para a avaliação do sistema imune, por meio de análises das proteínas séricas totais e das frações protéicas. Estas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de

Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

No hemograma completo foram analisadas as concentrações de hemácias – He ($\text{mm}^3 \times 10^3$), hemoglobina – Hb (g%), hematócrito – Ht (%) e leucócitos – Le (mm^3). Também foi realizada a contagem diferencial de leucócitos, calculando-se as porcentagens de: eosinófilos – EOS, neutrófilos bastonetes (jovens) – NBas, neutrófilos segmentados (maduros) – NSeg, linfócitos – LINF e monócitos – MON.

Para as análises das proteínas séricas totais e eletroforese das frações proteicas, as amostras foram centrifugadas, obtendo-se o soro para as determinações. A concentração sérica de proteína total, foi determinada pelo método do biureto, e a leitura realizada em espectrofotômetro. Para o fracionamento das proteínas séricas, utilizou-se a técnica de eletroforese em gel de poliacrilamida contendo dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE), de acordo com WEBER & OSBORN (1969). A leitura das frações proteicas foi realizada em videodensitômetro. As proteínas foram identificadas comparando suas mobilidades eletroforéticas com a do marcador, com pesos moleculares de 28.000 dáltons (D), 45.000 D, 66.000 D, 97.400 D, 116.000 D e 205.000 D. A partir da metodologia utilizada, foi possível determinar a albumina (PM = 69.000 D), as imunoglobulinas A (PM = 139.000 D) e G, de cadeias pesada e leve (PM=32.000 e 18.000 D, respectivamente). Obteve-se o valor de globulina pela diferença entre os valores de proteína total e albumina sérica. De posse dos resultados para albumina e globulina séricas, calculou-se a relação albumina/globulina (A/G).

Para os dados dos parâmetros sanguíneos utilizou-se o esquema em parcelas subdivididas, sendo as parcelas as dietas experimentais (DC, CEL, CS e PC), e as sub-parcelas, as idades em que foram colhidas as amostras.

Análises estatísticas

Os dados observados em ambos os experimentos para os coeficientes de digestibilidade, desempenho, tempo de trânsito e parâmetros séricos, foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento GLM (General Linear Models) no

programa estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1998) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo teste de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998). Para a avaliação da incidência de diarreia foi utilizada a estatística não paramétrica, sendo as médias comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação biológica das dietas contendo diferentes fontes de fibra para leitões – Experimento I

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade (CD) e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) das dietas controle (DC), celulose purificada (CEL), casca de soja (CS) e polpa cítrica (PC), estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade (CD) e metabolizabilidade (CM) das dietas controle (DC), celulose (CEL), casca de soja (CS) e polpa cítrica (PC) para leitões - Experimento I.

Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade ¹ , %	Dietas experimentais ²				CV ³ (%)	P
	DC	CEL	CS	PC		
CDMS	89,04	87,56	87,15	88,04	2,09	0,5300
CDMO	90,55	88,95	88,64	89,51	1,93	0,4509
CDMM	63,97	64,89	63,43	63,32	6,91	0,9556
CDPB	86,74	86,28	86,24	84,68	2,70	0,6306
CDEE	45,92ab	56,72a	35,05b	38,37b	23,50	0,0282
CDamido	98,25	98,26	97,93	97,74	0,43	0,2804
CDFB	63,16	48,24	54,16	64,23	18,34	0,1597
CDFDN	68,29	60,05	63,48	69,14	13,15	0,4344
CDFDA	64,70	56,74	58,11	74,35	16,38	0,1240
CDHemicelulose	72,33	64,55	70,84	62,45	12,94	0,3562
CDFDT	75,93	73,93	74,83	78,34	6,12	0,5844
CDFI	79,01	74,14	75,44	76,45	5,11	0,3815
CDFS	77,67b	71,33bc	67,37c	87,08a	5,78	0,0003
CDpectina	99,54	99,51	99,25	99,46	0,14	0,0600
CDEB	89,07	88,11	87,27	88,21	1,79	0,4842
CMEB	84,70	85,13	84,47	85,31	2,35	0,9261

¹CDMS - coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDMO - coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; CDMM - coeficiente de digestibilidade da matéria mineral; CDPB - coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDEE - coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDamido - coeficiente de digestibilidade do amido; CDFB - coeficiente de digestibilidade da fibra bruta; CDFDN - coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro; CDFDA - coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido; CDhemicelulose - Coeficiente de digestibilidade da hemicelulose; CDFDT - coeficiente de digestibilidade da fibra dietética total; CDFI - coeficiente de digestibilidade da fibra insolúvel; CDFS - coeficiente de digestibilidade da fibra solúvel; CDpectina - coeficiente de digestibilidade da pectina; CDEB - coeficiente de digestibilidade da energia bruta; CMEB - coeficiente de metabolizabilidade da energia.

²DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ³Coeficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

De acordo com os resultados obtidos, não foram observadas diferenças (P>0,05) para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, matéria mineral, proteína bruta, amido, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, fibra dietética total, fibra insolúvel, pectina, energia bruta e para o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, em relação à inclusão das diferentes fontes de fibra.

Os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo e da fibra solúvel foram afetados (P<0,05) pelas fontes de fibra incluídas nas dietas. Em relação ao coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, observou-se que as inclusões de casca de soja e polpa cítrica pioraram a digestibilidade deste nutriente, quando comparada àquela

observada para a dieta contendo celulose. Alguns autores relataram que a fibra, principalmente a fração solúvel, pode reduzir a digestão de lipídeos, por influenciar diretamente a viscosidade da digesta, inibindo a hidrólise e solubilização deste nutriente. (DROCHNER et al., 2004; CASTRO JUNIOR et al., 2005). Esta redução na digestibilidade de lipídeos, pode também ser explicada, pois as frações mais solúveis da fibra, como a pectina, aumentam a proliferação de bactérias intestinais, que secretam enzimas que degradam os ácidos biliares, dificultando a digestão dos lipídeos (DROCHNER et al., 2004). Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo foram observados por SCHIAVON et al. (2004), que incluíram 12% de polpa de beterraba nas dietas de leitões desmamados, e observaram reduções na digestibilidade dos lipídeos, em relação à encontrada nos animais recebendo a dieta controle.

O maior ($P < 0,05$) coeficiente de digestibilidade da fibra solúvel, foi observado para a dieta contendo polpa cítrica e os menores ($P < 0,05$) naquelas contendo celulose purificada e casca de soja. Este resultado pode ser explicado, em virtude deste ingrediente apresentar alto teor deste nutriente, sendo grande parte desta fibra composta por pectina, que é altamente digestível para suínos (DROCHNER et al., 2004; CASTRO JÚNIOR et al., 2005). Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho, foram verificados por FREIRE et al. (2000) que avaliaram o farelo de trigo, a polpa de beterraba, a casca de soja e o farelo de alfafa nas dietas de leitões e verificaram os maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose, para as dietas contendo a polpa de beterraba, quando comparada com as demais fontes de fibra estudadas.

Resultados obtidos por CARNEIRO et al. (2008), avaliando o farelo de trigo e o farelo da espiga de milho, como fontes de fibra nas dietas de leitões, observaram que a adição do farelo de espiga de milho prejudicou as digestibilidades da matéria orgânica, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, quando comparadas com as observadas nos animais alimentados com dieta contendo farelo de trigo como fonte de fibra, sugerindo que isto ocorreu devido à maior quantidade de celulose presente no farelo de espiga de milho.

Desempenho produtivo, incidência de diarreia, tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal e imunidade humoral de leitões alimentados com diferentes fontes de fibra – Experimento II

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados de desempenho (consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar), e tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal (TTGI) de leitões em função da inclusão das diferentes fontes de fibra nas dietas, nos períodos 1, 2 e 3.

Tabela 7. Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA) e tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal (TTGI) de leitões desmamados em função das diferentes fontes de fibra nas dietas.

	Dietas experimentais ¹				CV ² (%)	P
	DC	CEL	CS	PC		
Período 1						
CDR, g	348,63	356,19	347,92	343,41	15,20	0,9650
GDP, g	202,50	230,00	225,83	215,27	23,37	0,6722
CA	1,81	1,59	1,59	1,62	20,59	0,4515
Período 2						
CDR, g	559,02	610,03	565,06	579,19	18,00	0,7332
GDP, g	354,05	392,59	351,39	346,41	20,71	0,5471
CA	1,61	1,57	1,62	1,68	7,53	0,2916
Período 3						
CDR, g	703,31	759,38	738,73	728,77	14,52	0,9318
GDP, g	424,70	470,83	431,87	416,88	13,19	0,2435
CA	1,68	1,62	1,71	1,74	6,21	0,5513
TTGI, min.	582,14	584,07	571,00	598,07	12,51	0,8896

Períodos 1: 21 a 35 dias de idade, 2: 21 a 50 dias de idade, 3: 21 a 63 dias de idade; ¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Coeficientes de variação.

Não foram verificadas diferenças ($P > 0,05$) para estas variáveis em nenhum dos períodos estudados. Existe certa disparidade de resultados em relação ao desempenho de leitões alimentados com fontes de fibra nas dietas e isto pode ser devido às características químicas e físicas de cada fonte e de seu grau de lignificação, além da quantidade de inclusão na dieta (WENK, 2001). MATEOS et al. (2006) recomendaram que as dietas de leitões, de 6 a 12kg de peso, contenham 60g de FDN por kg, para não

prejudicar o desempenho produtivo. As dietas avaliadas neste estudo apresentaram em torno de 110g de FDN por kg e mesmo assim, não foi observada piora no desempenho.

Os resultados de consumo diário de ração e conversão alimentar observados, concordaram com os obtidos anteriormente por SCHIAVON et al. (2004), que utilizaram 12% de polpa de beterraba nas dietas de leitões desmamados e não verificaram influência sobre estas duas variáveis, porém encontraram pior ganho de peso nos animais alimentados com a dieta contendo a fonte de fibra.

Entretanto, HÖGBERG & LINDBERG (2004) verificaram incrementos no ganho de peso de leitões desmamados, quando receberam maiores quantidades de fibra nas dietas, porém relataram que este acréscimo no ganho está relacionado ao aumento dos pesos dos órgãos internos. O mesmo foi observado por MATEOS et al. (2006), quando incluíram casca de aveia, rica em fibra insolúvel e altamente lignificada, em dietas contendo farelo de arroz.

MOLIST et al. (2009) avaliaram rações contendo farelo de trigo, polpa de beterraba, as duas ou nenhuma das fontes de fibra para leitões desmamados, e notaram que nos primeiros 10 dias pós desmame, os animais que receberam a dieta contendo o farelo de trigo, apresentaram maior consumo quando comparados aos que ingeriram a dieta sem inclusão de fonte de fibra, porém não verificaram diferenças para o ganho de peso e a conversão alimentar.

O tempo de trânsito das dietas no trato gastrintestinal não foi influenciado ($P>0,05$) pela inclusão das diferentes fontes fibra nas dietas, o que discordou de alguns autores que relataram que o tempo de trânsito é influenciado pelo nível de fibra na dieta (STAGONIAS & PEARCE, 1985; DROCHNER et al., 2004). O aumento do tempo de trânsito gastrintestinal pode estar relacionado ao tipo de fibra presente na dieta, além de outras características físicas do alimento, como tamanho de partícula, quantidade ingerida de fibra e peso do animal (CASTRO JÚNIOR et al., 2005). DROCHNER et al. (2004) relataram que o aumento no tempo de trânsito está mais relacionado com a quantidade de fibra solúvel (pectina) presente no alimento, pois esta fração pode reduzir o pH do estômago, retardando a chegada da digesta no duodeno, além de aumentar a

viscosidade, contribuindo para elevar o tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal.

FREIRE et al. (2000) utilizaram diferentes fontes de fibra (farelo de trigo, polpa de beterraba, casca de soja e farelo de alfafa), nas dietas de leitões desmamados e observaram redução no tempo de trânsito quando os animais receberam farelo de alfafa na dieta. Os autores concluíram que esse resultado se deve à maior quantidade de fibra insolúvel presente neste ingrediente.

Para incidência de diarreia (Tabela 8), notou-se efeito ($P<0,01$) da inclusão das fontes de fibra nas dietas, sendo observadas maiores ($P<0,01$) ocorrências nos animais alimentados com aquelas contendo casca de soja e polpa cítrica, seguidos ($P<0,01$) daqueles que receberam a dieta controle. A menor ($P<0,01$) incidência de diarreia foi observada nos leitões que consumiram a dieta contendo celulose purificada.

Tabela 8. Escores fecais e incidência de diarreia em leitões desmamados em função das fontes de fibra na dieta.

Escore ¹	Dietas experimentais ²				Total	% Escore
	DC	CEL	CS	PC		
1	30	51	34	28	143	19,86
2	125	109	101	112	447	62,08
3	25	20	45	40	130	18,06
TOTAL	180	180	180	180	720	100
% escore 3*	13,89b	11,11c	25,00a	22,22a	-	-

¹Escores: 1 - Fezes normais; 2 – Fezes pastosas e 3 – Fezes aquosas ²DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Kruskal – Wallis ($P>0,01$). *Porcentagem de fezes diarreicas;

A inclusão de celulose purificada pode ter bloqueado os sítios de aderência de certas bactérias patogênicas, imobilizando ou reduzindo a capacidade de se manterem no trato gastrointestinal, e com isso os patógenos foram eliminados junto com o quimo, reduzindo consequentemente a incidência de diarreia (SCHLEY & FIELD, 2002; YIN et al., 2004).

Para as maiores incidências de diarreia, os resultados podem ser explicados, pela elevada quantidade de fibras solúveis presentes nas dietas contendo casca de soja e polpa cítrica, as quais podem servir como substrato para bactérias patogênicas. O uso de fonte de fibra solúvel (Guar gum) em dietas para leitões promoveu maior incidência

de diarreia em leitões, sendo observada correlação positiva entre a presença desta fração da fibra e diarreia (PLUSKE et al., 1998).

Neste sentido, McDONALD et al. (2001) avaliaram dietas contendo farelo de arroz cozido e incluíram fontes sintéticas de fibra (Carboximetilcelulose de média – 50 a 200 mPas e alta - 400 a 800 mPas viscosidades), ambas em 40 g/kg de dieta, para leitões desmamados, e observaram que quando foi utilizada a fonte de alta viscosidade, os leitões apresentaram maior incidência de diarreia.

Os resultados do hemograma e do leucograma dos leitões alimentados com as fontes de fibra, nas diferentes idades de colheita, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores médios dos parâmetros sanguíneos de leitões em função das diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

Variáveis ¹	Dietas experimentais (D) ²				Idades de abate (I)				CV (%)	Efeitos		
	DC	CEL	CS	PC	21	35	50	63		D	I	D x I
He, µL	6,00a	5,68b	5,75ab	5,90ab	6,24a	6,27a	5,25b	5,56b	8,09	*	**	NS
Le, µL	10,07	10,49	10,45	10,26	8,08b	14,42a	9,77b	8,99b	27,27	NS	**	NS
Hb, g/dL	12,28a	11,65b	11,99ab	12,27a	12,78a	12,40ab	11,15c	11,87b	7,70	*	**	NS
Ht, %	37,11	35,87	36,42	36,86	38,80a	37,19b	34,44c	35,81bc	5,78	NS	**	NS
EOS, %	0,76	0,92	0,82	0,79	0,77	0,72	0,97	0,82	56,01	NS	NS	NS
NBas, %	0,97	0,94	0,87	0,87	0,96a	1,15a	0,61b	0,94ab	44,99	NS	**	NS
NSeg, %	37,61	39,72	40,28	38,36	37,08bc	51,58a	39,79b	27,53c	32,20	NS	**	NS
LINF, %	60,50	58,03	57,78	59,75	61,22ab	46,06c	58,44b	70,34a	21,50	NS	**	NS
MON, %	0,69	0,80	0,77	0,76	0,60b	0,79b	0,85a	0,80ab	52,58	NS	*	NS

¹He = hemácia, Le = leucócito, Hb = hemoglobina, Ht = hematócrito, EOS = eosinófilo, NBast = neutrófilo bastonete, NSeg= neutrófilo segmentado, LINF = linfócito, MON = monócito. ²DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). Os dados das variáveis EOS, NBas e MON foram transformados pela equação $(Y+1)^{1/2}$; NS: não significativo (P>0,05); *(P<0,05); **(P<0,01).

Verificou-se efeito (P<0,05) da inclusão das fontes de fibra nas dietas de leitões, sobre as concentrações de hemácias e de hemoglobina, havendo influência das idades para hemácias, leucócitos, hemoglobina, hematócritos, neutrófilos bastonetes, neutrófilos segmentados, linfócitos e monócitos. Não foi observada interação (P>0,05) entre os fatores estudados (P>0,05). Os valores de hemácias, hematócritos, neutrófilos bastonetes, neutrófilos segmentados, linfócitos e monócitos apresentaram-se dentro da faixa de valores observados nas tabelas de referência (KANEKO, 1989; BACILA, 2003), sendo consideradas normais as diferenças entre os dias de colheita devido ao desenvolvimento do animal (FELDMAN, 2000).

Os resultados observados para leucócitos encontram-se dentro da faixa considerada normal (KANEKO, 1989; BACILA, 2003) aos 21, 50 e 63 dias de idade. Porém, aos 35 dias de idade estes valores aumentaram, o que pode ser uma resposta à diarreia pós desmame, tendo em vista que o aumento deste glóbulo branco pode refletir uma possível resposta às infecções bacterianas (SWENSON, 1984).

Na Tabela 10, encontram-se os valores observados para proteínas séricas e imunoglobulinas no sangue de leitões, em função das fontes de fibra nas dietas e das idades de colheita.

Tabela 10. Valores médios de proteínas e imunoglobulinas séricas de leitões em função das diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

Proteínas séricas	Dietas experimentais (D) ¹				Idades de abate (I)			CV (%)	Efeitos		
	DC	CEL	CS	PC	21	35	50		D	I	D x I
Proteína total, g/dL	5,51	5,67	5,41	5,48	5,34b	5,36b	5,88a	9,92	NS	**	NS
Albumina, g/dL	3,77	3,75	3,78	3,87	3,70	3,83	3,85	11,92	NS	NS	NS
Globulina, g/dL	1,74	1,93	1,63	1,61	1,65	1,53	2,01	22,69	*	**	**
Relação A/G ²	2,27	2,19	2,41	2,50	2,31	2,60	2,11	20,42	NS	**	**
IgA ² , g/dL	0,14a	0,10b	0,13a	0,14a	0,13	0,12	0,13	38,64	**	NS	NS
IgG ² , g/dL	0,73	0,91	0,69	0,70	0,87	0,65	0,75	37,31	*	**	*

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Relação albumina/globulina (A/G); IgA= imunoglobulina A; IgG=imunoglobulina G. Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). NS: não significativo (P>0,05); *(P<0,05); ***(P<0,01).

As fontes de fibra não afetaram (P>0,05) as concentrações de proteína total e albumina, mas influenciaram (P<0,05) as de IgA, cujos menores valores foram encontrados nos leitões que consumiram a dieta contendo celulose purificada. Isto pode ser devido, à menor incidência de diarreia observada nos animais que consumiram esta dieta, visto que a produção de IgA é estimulada por alguma infecção entérica da mucosa intestinal (SILVA et al., 2008).

As idades de colheita não influenciaram (P>0,05) as concentrações de albumina e IgA, mas afetaram (P<0,05) as de proteína total, sendo o maior (P<0,05) valor observado aos 50 dias de idade. Para as concentrações de globulina e de IgG, e para a relação A/G, foram observadas interações (P<0,05) e os desdobramentos encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11. Desdobramentos das interações entre as fontes de fibra nas dietas e as idades de abate para globulina, relação albumina/globulina (A/G) e imunoglobulina G (IgG) dos leitões.

Proteínas séricas	Idades de abate	Dietas experimentais ¹			
		DC	CEL	CS	PC
Globulinas, g/dL	21	1,71	1,54b	1,52	1,80
	35	1,57	1,67b	1,45	1,45
	50	1,97AB	2,58Aa	1,92B	1,57B
Relação A/G	21	2,23	2,60a	2,35	2,08
	35	2,54	2,36a	2,70	2,82
	50	2,03AB	1,61Bb	2,19AB	2,60A
IgG, g/dL	21	0,87	0,88	0,80	0,94a
	35	0,62	0,71	0,62	0,65b
	50	0,70AB	1,15A	0,63B	0,50Bb

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Para as globulinas, verificou-se que aos 50 dias de idade, os animais que receberam a dieta contendo celulose purificada, apresentaram as maiores ($P<0,05$) concentrações, quando comparados aos que consumiram as dietas contendo casca de soja e polpa cítrica. Nesta mesma idade, nos leitões que receberam com dieta celulose purificada, foram observadas as maiores ($P<0,05$) concentrações desta proteína, quando comparadas às encontradas aos 21 e 35 dias de idade dos animais.

Aos 50 dias de idade, a maior ($P<0,05$) relação A/G foi observada nos animais que consumiram a dieta contendo polpa cítrica, em relação apenas àqueles que receberam celulose purificada na dieta. Nos leitões que ingeriram a dieta contendo celulose purificada, os menores ($P<0,05$) valores foram encontrados aos 50 dias de idade, quando comparados àqueles verificados aos 21 e 35 dias de idade. Modificações na relação A/G é um indicativo de infecções, pois maior quantidade de globulina em relação à albumina, é sinal de que o organismo está mobilizando as imunoglobulinas, para combater prováveis causas infecciosas (BACILA, 2003).

Para a IgG, aos 50 dias de idade dos leitões, notou-se que a inclusão da celulose purificada à dieta, aumentou ($P<0,05$) a concentração desta proteína sérica, em comparação aos que receberam as dietas contendo casca de soja e polpa cítrica. A concentração de IgG é aumentada quando estimulada por infecções agudas, pois agem diretamente contra antígenos bacterianos (SILVA et al., 2008), o que não foi notado nos

animais do presente estudo. Os leitões que receberam a dieta contendo polpa cítrica, apresentaram maiores ($P<0,05$) concentrações de IgG aos 21 dias de idade, quando comparadas às colheitas realizadas aos 35 e 50 dias.

Os mecanismos de ação das fontes de fibra nas dietas, sobre o sistema imune, ainda não estão esclarecidos. Porém, sabe-se que a fibra não digerida, pode servir como substrato para bactérias benéficas, alterando a microbiota intestinal, aumentando a proporção de bactérias lácticas (SCHLEY & FIELD, 2002).

CONCLUSÕES

A utilização de celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica como fontes de fibra nas dietas de leitões recém desmamados, não afeta a digestibilidade da maioria dos nutrientes e da energia, o desempenho produtivo e o tempo de trânsito das dietas no trato gastrointestinal. Entretanto, a inclusão de celulose purificada promove efeito benéfico no controle da diarreia e melhora alguns parâmetros imunológicos.

REFERÊNCIAS

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

BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. São Paulo: Editora Robe, p.89-139, 2003.

BERTOL, T. M. **Nutrição e alimentação dos leitões em programas convencionais e no desmame precoce**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000, 44 p.

CARNEIRO, M. S. C.; LORDELO, M. M.; CUNHA, L. F.; FREIRE, J. P. B. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.124-136, 2008.

CASTRO JÚNIOR, F. G.; CAMARGO, J. C. M.; CASTRO, A. M. M. G.; BUDIÑO, F. E. L. Fibra na alimentação de suínos. **Boletim da Indústria Animal**, v.62, n.3, p.265-280, 2005.

DROCHNER, W.; KERLER, A.; ZACHARIAS, B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p.367-380, 2004.

EVERITT, B. S. **The Cambridge Dictionary of Statistics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 360p.

FELDMAN, B. F. **Shalm's Veterinary Hematology**. 5.ed. Philadelphia, 2000, 298p.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fiber source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, p.71-83, 2000.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v.33, n.6, p.1306-1311, 1993.

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J. E. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.113-128, 2004.

KANEKO, J. J. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 4. ed. California: Academic Press, 1989, 932p.

LONGLAND, A. C.; CARRUTHERS, J.; LOW, A. G. The ability of piglets 4 to 8 weeks old to digest and perform on diets containing two contrasting sources of non-starch polysaccharide. **Animal Production**, v.58, p.405-410, 1994.

MATEOS, G. G.; MARTIN, F.; LATORRE, M. A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **Animal Science**, v.82, p.57-63, 2006.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, v.24, n.12, p.1986-1988, 1952.

McDONALD, D. E.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs. **British Journal of Nutrition**, v.86, p.487-498, 2001.

MOLIST, F.; GOMES DE SEGURA, A.; GASA, A.; HERMES, R. G.; MANZANILLA, E. G.; ANGUITA, M.; PÉREZ, J. F. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.149, p.346-353, 2009.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117. 2003.

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e**

Suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais. 2. ed., Viçosa: UFV, 2005, 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**, Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283p.

SAS. **SAS System for linear models**. Cary: SAS Institute, 1998, 211p.

SCHIAVON, S.; TAGLIAPIETRA, F.; BAILONI, L.; BORTOLOZZO, A. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science**. v.3, p.337-351, 2004.

SCHLEY P. D.; FIELD C. J. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. **British Journal of Nutrition**, v.87, Suppl. 2, p.221–230, 2002.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos, Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Editora UFV, 2 ed., 2002, 235p.

SILVA R. O. P.; LOPES, A. F.; FARIA, R. M. D. Eletroforese de proteínas séricas: interpretação e correção clínica. **Revista Médica de Minas Gerais**, v.18, n.2, p.116-122, 2008.

STAGONIAS, G.; PEARCE, G. R. The digestion of fiber by pigs. 1. The effects of amount and type of fiber on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. **British Journal of Nutrition**, v.53, p.513-530, 1985.

SWENSON, M. J. (Ed.). **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 10. ed., Rio de Janeiro: Guanabara, p.13-34, 1984.

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

WEBER, K.; OSBORN, M. The reability of molecular weight determinations by dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. **Journal Biology Chemical**, v.244, p.4406-4412, 1969.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.21-33. 2001.

YIN, Y. L.; DENG, Z. Y.; HUANG, H. L.; HOU, Z. P. Nutritional and health functions of carbohydrate for pigs. **Journal of Animal and Feed Science**, v.13, p.523-538, 2004.

CAPITULO 4 – FONTES DE FIBRA NA DIETA DE LEITÕES DESMAMADOS SOBRE: CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E MICROBIOLÓGICAS DO TRATO DIGESTÓRIO

RESUMO – Para avaliação das características morfofisiológicas e microbiológicas do trato digestório, foram utilizados 32 leitões desmamados aos 21 dias, machos castrados, com peso inicial de $6,22 \pm 0,59$ kg. As dietas experimentais foram: DC – dieta controle, composta principalmente por milho, farelo de soja e fonte de lactose; CEL – dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 1,5% de celulose purificada; CS - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 3% de casca de soja e PC - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 9% de polpa cítrica. No decorrer do ensaio foram realizados dois abates, sendo um aos 35 e outro aos 50 dias de idade. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial dos leitões. Foram colhidas amostras para avaliar as seguintes características do sistema digestório: pH, viscosidade dos conteúdos do estômago, intestino delgado e ceco, pesos relativos dos órgãos digestivos, estrutura e ultra-estrutura do intestino delgado e características microbiológicas. As inclusões de casca de soja e polpa cítrica nas dietas, aumentaram ($P < 0,05$) os pesos relativos do pâncreas e do cólon, e o número de células caliciformes, e reduziram a densidade de vilosidades no jejuno. As viscosidades dos conteúdos do estômago e ceco, e a concentração de ácido acético do conteúdo do ceco foram afetadas ($P < 0,05$) pela adição de polpa cítrica. A casca de soja na dieta, diminuiu a ocorrência de *E. coli* no intestino delgado dos leitões abatidos aos 35 dias de idade. Conclui-se que a adição de fontes de fibras solúveis, como casca de soja e polpa cítrica, provoca mudanças na morfofisiologia e microbiologia, o que sugere adaptação do sistema digestório dos leitões desmamados, à presença da fibra nas dietas.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta, *Escherichia coli*, fibra dietética, mucosa intestinal

CHAPTER 4 – FIBER SOURCES IN DIETS FOR WEANED PIGS ON MORPHOPHYSIOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIGESTIVE TRACT

SUMMARY – A total of 32 male pigs castrated weaned at 21 days of age and weighing 6.22 ± 0.59 kg was used to evaluate the morphophysiological and microbiological characteristics of digestive tract. The experimental diets were: : DC – control diet, based on corn, soybean meal and lactose source; CEL – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 1,5% of purified cellulose; CS – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 3% of soybean hulls; PC – diet based on corn, soybean meal, lactose source and 9% of citrus pulp. Two slaughters of animals were done at 35 and 50 days of age. It was used a randomized block design to control the differences of body weight of piglets. Samples were collected to evaluate the characteristics of digestive system: pH and viscosity of stomach and cecum content, relative weight of digestive organs, structure and ultra-structure of small intestine and microbiological characteristics. Soybean hulls and citrus pulp inclusion in diets increase ($P < 0.05$) the relative weight of pancreas and colon and quantity of caliciform cells and reduce the density of villous from jejun. The viscosity of stomach and cecum content and acetic acid of cecum content were affected ($P < 0.05$) by citrus pulp inclusion. Soybean hulls in diets reduced *E. coli* incidence on small intestine of piglets slaughtered at 35 days of age. In conclusion, soluble fiber sources, as soybean hulls and citrus pulp, promote a modification at morphophysiology and microbiology of tract, suggesting an adaptation on digestive system of weaned pigs by the presence of the fiber in diets.

Keywords: dietary fiber, *Escherichia coli*, intestinal mucosa, short-chain fat acids

INTRODUÇÃO

O desmame é um momento único e difícil para os leitões, devido às mudanças na alimentação, separação da mãe e alteração no ambiente social, os quais são muito estressantes. Associado a isto, ocorrem mudanças na morfologia intestinal e diminuição na atividade das enzimas digestivas, causando reduções no aproveitamento dos alimentos (HEDEMANN et al., 2006). Além disso, os leitões apresentam baixa capacidade temporária em acidificar o conteúdo gástrico, em armazenar alimentos no trato, e a fermentação da proteína em maior proporção do que a de carboidratos no intestino delgado, são fatores que favorecem a proliferação de bactérias patogênicas no trato digestório nesta fase (LALLÈS et al., 2007).

A fibra dietética pode ser utilizada visando proporcionar saúde intestinal aos leitões. Desta forma, várias estratégias para utilizar a fibra dos ingredientes, seja ela de natureza solúvel ou insolúvel, veem sendo implementadas, na tentativa de manipular a microbiota intestinal e reduzir a colonização por patógenos. Existem evidências de que aumento no conteúdo de polissacarídeos não amiláceos na dieta, pode aumentar a microbiota benéfica no intestino delgado, pela fermentação de carboidratos em vez de proteínas (MOLIST et al., 2009).

A fibra dos ingredientes não é digerida pelas enzimas digestivas dos suínos, e quando presente no trato gastrintestinal, pode afetar diretamente as características físicas da digesta, e consequentemente, a morfologia e a histologia dos órgãos digestivos (WENK, 2001; CASTRO JÚNIOR et al., 2005). Desta maneira, torna-se pertinente verificar tais efeitos sobre a digesta e os órgãos digestivos.

O Brasil possui muitos produtos que podem ser utilizados com esta finalidade, como por exemplo, a polpa cítrica e a casca de soja, que são fontes ricas em fibra. Assim, torna-se importante o estudo destas fontes em dietas para leitões, visando identificar os fatores que podem tornar eficiente o aproveitamento destas dietas, sem o uso de antibióticos utilizados como promotores de crescimento, reduzindo os transtornos digestivos e maximizando a produtividade.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os pesos relativos dos órgãos do sistema digestório, a morfologia intestinal, as características fisiológicas (pH e viscosidade) e microbiológicas do trato digestório de leitões desmamados, recebendo dietas contendo celulose purificada, casca de soja ou polpa cítrica, como fontes de fibra.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 32 leitões desmamados aos 21 dias, todos machos castrados, da linha genética Topigs, com peso inicial de $6,22 \pm 0,59$ kg, que foram alojados em baias de $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com bebedouros em nível do tipo vaso comunicantes e comedouros semi-automáticos. Durante todo o período experimental, foram utilizados escamoteadores de madeira, com lâmpadas incandescentes de 100W, possibilitando o aquecimento individual dos leitões.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial, em esquema fatorial 4X2, sendo quatro dietas experimentais e duas idades de abate, com oito tratamentos e quatro repetições por tratamento, e a unidade experimental foi representada por um animal. No decorrer do ensaio foram realizados dois abates, sendo um aos 35 e outro aos 50 dias de idade, quando terminou o período experimental.

As dietas experimentais foram: DC – dieta controle, composta principalmente por milho, farelo de soja e fonte de lactose; CEL – dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 1,5% de celulose purificada; CS - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 3% de casca de soja e PC - dieta composta principalmente por milho, farelo de soja, fonte de lactose e 9% de polpa cítrica. Estabeleceu-se que as dietas com inclusão das fontes de fibras, apresentariam as mesmas quantidades de fibra bruta.

Para formulação das dietas experimentais, foram utilizados os valores nutricionais do milho, farelo de soja, celulose purificada, casca de soja e polpa cítrica apresentados na Tabela 1. Os valores de energia metabolizável (EM) do milho e do farelo de soja, foram os descritos por ROSTAGNO et al. (2005) e todos os demais

nutrientes e energias dos ingredientes, foram os determinados no presente estudo (Capítulo 2).

Tabela 1. Composições química e energética dos ingredientes utilizados para formulação das dietas experimentais (valores com base na matéria natural).

Nutrientes e energia ¹	Milho	Farelo de soja	Celulose purificada	Casca de soja	Polpa cítrica
MS, %	88,72	90,28	96,55	90,31	88,90
MO, %	87,59	84,57	96,17	87,26	84,20
PB, %	9,16	47,98	0,29	11,05	8,21
EE, %	4,64	1,82	-	1,51	2,13
Amido, %	64,08	10,51	-	5,56	4,12
FB, %	2,31	6,71	88,55	43,66	15,47
FDN, %	10,58	14,15	95,32	66,01	21,34
FDA, %	3,93	9,62	93,48	51,13	11,12
Hemicelulose, %	6,65	4,52	1,84	14,87	10,22
FDT, %	17,19	38,41	93,73	76,37	42,36
FI, %	16,01	35,45	93,09	70,69	11,73
FS, %	1,19	2,95	0,64	5,66	30,63
Pectina total, %	12,84	12,59	-	10,25	24,69
EM, kcal/kg	3340	3253	486	1882	2578

¹MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FB – fibra bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; FDT – fibra dietética total; FI – fibra insolúvel; FS – fibra solúvel; EM – energia metabolizável.

As dietas experimentais foram formuladas de modo a atender as exigências nutricionais mínimas dos animais, de acordo com ROSTAGNO et al. (2005), nas seguintes fases: I – dos 21 aos 35 dias e II - dos 36 aos 50 dias de idade. Nas dietas não foram adicionados antibióticos ou qualquer promotor de crescimento. A composição das dietas experimentais encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase I - dos 21 aos 35 dias de idade dos leitões.

Ingredientes, %	Dietas experimentais ¹			
	DC	CEL	CS	PC
Milho moído	47,13	45,09	44,19	38,73
Farelo de soja	29,63	29,98	29,49	29,32
Produto lácteo ²	17,14	17,14	17,14	17,14
Óleo de soja	1,48	1,96	1,86	1,62
Polpa cítrica	-	-	-	9,00
Casca de soja	-	-	3,00	-
Celulose purificada	-	1,50	-	-
Fosfato bicálcico	2,69	2,69	2,69	2,69
Calcário calcítico	0,15	0,15	0,15	0,00
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,53	0,53	0,52	0,54
DL-Metionina, 99%	0,16	0,16	0,16	0,16
L-Treonina, 98%	0,27	0,27	0,27	0,27
L-Triptofano, 99%	0,04	0,04	0,04	0,05
Sal comum	0,37	0,37	0,37	0,36
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Caulim	0,29	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados				
Energia metabolizável, kcal/kg	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta ⁴ , %	21,24	21,23	21,23	21,08
Cálcio ⁵ , %	0,89	0,89	0,90	0,97
Fósforo disponível ⁵ , %	0,56	0,56	0,56	0,56
Lactose, %	12,00	12,00	12,00	12,00
Amido ⁴ , %	33,32	32,04	31,58	28,27
Fibra Bruta ⁴ , %	3,09	4,40	4,33	4,27
Fibra em detergente neutro ⁴ , %	9,18	10,44	10,83	10,17
Fibra em detergente ácido ⁴ , %	4,70	6,06	6,11	5,34
Hemicelulose ⁴ , %	4,47	4,38	4,72	4,82
Fibra dietética total ⁴ , %	19,48	20,67	21,21	21,73
Fibra insolúvel ⁴ , %	18,05	19,24	19,65	17,65
Fibra solúvel ⁴ , %	1,43	1,43	1,57	4,08
Pectina total ⁴ , %	9,78	9,56	9,69	10,89
Lisina digestível ⁵ , %	1,53	1,53	1,52	1,53
Metionina digestível ⁵ , %	0,44	0,43	0,43	0,43
Treonina digestível ⁵ , %	0,96	0,96	0,96	0,96
Triptofano digestível ⁵ , %	0,26	0,26	0,26	0,27

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Nuklospray K21-70% Lactose; ³Suplemento mineral e vitamínico - Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ⁴Valores obtidos por meio de análises laboratoriais; ⁵Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005).

Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase II - dos 36 aos 50 dias de idade dos leitões.

Ingredientes, %	Dietas experimentais ¹			
	DC	CEL	CS	PC
Milho moído	50,74	48,08	47,21	41,86
Farelo de soja	33,86	34,34	33,82	33,66
Produto lácteo ²	10,00	10,00	10,00	10,00
Óleo de soja	1,97	2,66	2,55	2,27
Polpa cítrica	-	-	-	9,00
Casca de soja	-	-	3,00	-
Celulose purificada	-	1,50	-	-
Fosfato bicálcico	2,05	2,05	2,05	2,06
Calcário calcítico	0,43	0,43	0,43	0,19
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,27	0,26	0,26	0,27
DL-Metionina, 99%	0,08	0,08	0,08	0,09
L-Treonina, 98%	0,11	0,11	0,11	0,11
Sal comum	0,37	0,37	0,37	0,37
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral e vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados				
Energia metabolizável, kcal/kg	3325	3325	3325	3325
Proteína bruta ⁴ , %	22,38	22,36	22,36	22,21
Cálcio ⁵ , %	0,83	0,83	0,84	0,88
Fósforo disponível ⁵ , %	0,45	0,45	0,45	0,45
Lactose, %	7,00	7,00	7,00	7,00
Amido ⁴ , %	36,07	34,42	33,97	30,73
Fibra Bruta ³ , %	3,45	4,75	4,68	4,63
Fibra em detergente neutro ⁴ , %	10,16	11,38	11,76	11,11
Fibra em detergente ácido ⁴ , %	5,25	6,60	6,64	5,88
Hemicelulose ⁴ , %	4,90	4,78	5,11	5,22
Fibra dietética total ⁴ , %	21,73	22,86	23,40	23,94
Fibra insolúvel ⁴ , %	20,13	21,27	21,67	19,69
Fibra solúvel ⁴ , %	1,60	1,59	1,73	4,26
Pectina total ⁴ , %	10,78	10,50	10,63	11,83
Lisina digestível ⁵ , %	1,34	1,33	1,34	1,33
Metionina digestível ⁵ , %	0,37	0,37	0,37	0,38
Treonina digestível ⁵ , %	0,84	0,85	0,84	0,84
Triptofano digestível ⁵ , %	0,24	0,24	0,24	0,23

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Nuklospray K21-70% Lactose; ³Suplemento mineral e vitamínico - Frimix® - Fri - ribe - não continha qualquer tipo de promotor de crescimento. Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 4.000 U.I.; Vit. D3 - 220 U.I.; Vit. E - 22 mg; Vit. K - 0,5 mg; Vit B2 - 3,75 mg; Vit. B12 - 20 mcg; Pantotenato de cálcio - 12 mg; Niacina - 20 mg; Colina - 60 mg; Iodo - 140 µg; Selênio - 300 µg; Manganês - 10 mg; Zinco - 100 mg; Cobre - 10 mg; Ferro - 99 mg. ⁴Valores obtidos por meio de análises laboratoriais; ⁵Valores nutricionais dos ingredientes, propostos por ROSTAGNO et al. (2005).

Abate dos Animais

Foram abatidos quatro animais por tratamento, aos 35 e aos 50 dias de idade, o qual foi realizado mediante desensibilização por choque elétrico e sangramento, quando foram colhidas amostras para avaliar as seguintes características do sistema digestório:

Pesos e comprimentos dos segmentos e órgãos do sistema digestório

Foram pesados conjuntamente: estômago + fígado + pâncreas + intestino delgado + intestino grosso, e também separadamente: estômago vazio, intestino delgado vazio, ceco e cólon vazios, pâncreas e fígado. Mediu-se o comprimento do intestino delgado dos animais. De posse destes dados, foram calculados os pesos relativos dos órgãos em relação aos pesos vivos dos animais, determinados na última pesagem.

pH e viscosidade

Imediatamente após o abate, foram retirados os conteúdos do estômago, intestino delgado e ceco, colocados separadamente em recipientes plásticos para determinação do pH, com auxílio de peagâmetro digital modelo Digimed DM-20. A mesma amostra de cada segmento foi homogeneizada, diluída com água destilada na proporção de 1:1 e centrifugada a $12000 \times g$ por 8 minutos, sendo o sobrenadante utilizado para determinar a viscosidade, por meio de viscosímetro digital modelo Brookfield LVDV-II, numa rotação de 60 s^{-1} .

Ácidos Graxos de Cadeia Curta

Para avaliação da concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo do ceco, uma amostra de aproximadamente 10 g do conteúdo foi retirada, pesada e acidificada com 30 mL de ácido fórmico a 16% para inativar os processos fermentativos. As amostras foram mantidas sob refrigeração por 72 horas, sendo homogeneizadas

duas vezes ao dia. Após este período foram centrifugadas a 5000 rpm a 15 °C por 15 minutos, e o sobrenadante foi congelado para posterior determinação das concentrações de ácidos graxos de cadeia curta. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/USP- Pirassununga. A determinação dos ácidos graxos de cadeia curta foi realizada por meio de cromatografia gasosa (ERWIN et al., 1961). Para isso, utilizou-se um cromatógrafo a gás (Focus GC da marca Thermo Scientific) equipado com coluna de vidro de três metros de comprimento x 1/4” de diâmetro, empacotada com 80/120 Carbopack B-DA/4% Carbowax 20M. O número de repetições por amostra foi o necessário para que a diferença entre as leituras fosse inferior a 5%.

Estrutura e ultra-estrutura do intestino delgado

Para estudo da estrutura do intestino delgado, foram colhidas amostras (± 3 cm) do duodeno, porção média do jejuno e ceco, que foram abertas pela borda mesentérica, fixadas em papelão com grampos e acondicionadas em líquido fixador de Bouin. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Histologia do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para confecção das lâminas, onde foram realizadas as análises morfométricas do epitélio intestinal por microscopia de luz.

Para confecção das lâminas, as amostras permaneceram em solução de Bouin por 24 horas. Após este período, foram lavadas em água corrente e álcool etílico 70% para retirada do fixador e posteriormente, desidratadas em séries crescentes de alcoóis, 70 a 100%, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. A microtomia das mesmas foi feita à espessura de 5 μ m, sendo feitos de 12 a 14 cortes semi-seriados para cada segmento de cada animal. A coloração dos cortes foi realizada com hematoxilina-eosina e os destinados à contagem de células caliciformes, pela técnica do ácido periódico de Schiff-PAS (TOLOSA et al. 2003).

Para as leituras das lâminas histológicas, utilizou-se microscópio de luz modelo Olympus BX41, acoplado a um sistema para captura de imagens Olympus DP11-N e

sistema analisador de imagens por meio do programa Image Pro-Plus® 4.1., com aumento de 125 vezes, para avaliar a altura das vilosidades (AV), e a profundidade das criptas (PC), sendo realizadas 30 leituras por amostra para cada parâmetro. De posse dos resultados de AV e PC, calculou-se a relação AV/PC. Para avaliar o número de células caliciformes (CC), foram realizadas 15 contagens por amostra, sendo realizada uma contagem por vilosidade, sendo o valor obtido, expresso em número de células caliciformes por vilosidade.

Para as análises da ultra-estrutura do intestino delgado, amostras (± 1 cm) do duodeno e porção média do jejuno, também foram colhidas e imediatamente após, foram lavadas em solução tampão fosfato (0,1M e pH 7,4), fixadas em glutaraldeído e encaminhadas ao Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde foram lavadas com tampão fosfato várias vezes. Em seguida, foram desidratadas em série crescente de álcool etílico, secas em secador de ponto crítico, usando CO₂, montadas, metalizadas com ouro paládio, observadas e elétron-micrografadas em microscópio eletrônico de varredura modelo JEOL, JSM, operado em 15kv. Foram realizadas elétron-micrografias de cinco áreas de cada amostra, para estimar a densidade de vilosidades (número de vilosidades/cm²).

Análises microbiológicas

Para realização das análises microbiológicas, dos epitélios do intestino delgado e ceco, pelo método de raspagem, foram colhidas amostras, as quais foram armazenadas em eppendorfs acondicionados a 5°C. Imediatamente após o término das colheitas, as amostras foram levadas ao Laboratório de Microbiologia do Departamento de Patologia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para quantificação microbiológica de *Lactobacillus* spp., *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*. Foram adotadas técnicas de plaqueamento adequadas para cada bactéria, conforme descrito por LENNETTE et al. (1985) e KRIEG & HOLT (1994). Os dados referentes à microbiologia, originalmente em ufc/g (unidades

formadoras de colônias/g de amostra), foram transformados pela função $y=\log x$, onde x é o número de unidades formadoras de colônias/g (ufc/g).

Análises estatísticas

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) no programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1998) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo teste de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para os pesos relativos dos órgãos do sistema digestório, dos leitões alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra e abatidos aos 35 e 50 dias de idade, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios para pesos relativos (%) dos órgãos do sistema digestório de leitões em função da inclusão de diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

Variáveis, %	Dietas experimentais (D)				Idades de abate (I)		CV ¹ (%)	Efeitos		
	DC	CEL	CS	PC	35	50		D	I	D x I
TGI+Fígado+Pâncreas	19,76	17,30	19,52	18,25	19,26	18,15	14,55	NS	NS	NS
Estômago	1,00	0,93	1,01	0,98	0,99	0,96	14,44	NS	NS	NS
Fígado	3,52	3,23	3,40	3,73	3,14b	3,80a	18,79	NS	*	NS
Pâncreas	0,22b	0,24ab	0,29a	0,27ab	0,25	0,26	16,34	*	NS	NS
Intestino delgado	5,77	5,09	6,01	5,66	5,94	5,32	14,88	NS	NS	NS
Ceco	0,33	0,35	0,39	0,41	0,33b	0,42a	20,14	NS	**	NS
Cólon	1,94b	2,32b	2,40b	2,93a	2,17b	2,64a	14,29	**	**	NS

TGI: trato gastrointestinal; ¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Coeficientes de Variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$); NS: não significativo ($P>0,05$); * ($P<0,05$); ** ($P<0,01$).

As fontes de fibra nas dietas, não afetaram ($P>0,05$) os pesos relativos do trato gastrointestinal+fígado+pâncreas, estômago, fígado, intestino delgado e ceco. Porém, influenciaram os pesos relativos do pâncreas ($P<0,05$) e do cólon ($P<0,01$). Quanto ao

pâncreas, notou-se que os maiores pesos, foram encontrados nos leitões que receberam a dieta com inclusão da casca de soja, quando comparados àqueles recebendo a dieta controle. Este resultado pode estar relacionado à função deste órgão em produzir enzimas digestivas, visto que ingredientes fibrosos podem aumentar a secreção pancreática, levando conseqüentemente, ao aumento do peso (LOW, 1989; WENK, 2001). Os maiores pesos relativos do cólon, foram observados nos leitões que consumiram a dieta contendo a polpa cítrica, quando comparados aos demais, o que pode ser explicado pela presença de elevado teor de fibra solúvel neste ingrediente, aumentando a viscosidade e o tempo de retenção da digesta neste segmento do intestino, causando sua hipertrofia (PLUSKE et al., 1998)

Resultado semelhantes foram relatados por FREIRE et al. (2000), que notaram aumento no peso do intestino grosso dos leitões que receberam dietas contendo polpa de beterraba e casca de soja. GOMES et al. (2006a) também encontraram aumentos nos pesos relativos do estômago, intestino grosso e ceco cheio, quando leitões na fase de creche, consumiram rações contendo 8% de FDN proveniente do feno de Tifton.

As idades de abate afetaram apenas os pesos relativos do fígado ($P < 0,05$), ceco e cólon ($P < 0,01$), observando-se os maiores valores para estas variáveis aos 50 dias, em relação aos 35 dias de idade. Estes resultados podem ser considerados normais, tendo em vista que os animais estão em desenvolvimento (AUMAITRE, 2000).

Não foram observadas interações significativas entre as fontes de fibra e as idades de abate, sobre os pesos relativos dos órgãos do sistema digestório dos leitões.

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios de pH e viscosidade dos conteúdos dos estômago, intestino delgado e ceco, dos leitões em função das fontes de fibra nas dietas e das idades de abate. Não foi verificada influência ($P > 0,05$) das fontes de fibra na dieta, sobre o pH dos conteúdos dos segmentos estudados.

Tabela 5. Valores médios para pH e viscosidade (VISC) dos conteúdos do estômago, intestino delgado e ceco, de leitões em função das fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

Variáveis	Segmentos	Dietas experimentais ¹ (D)				Idades de abate (I)		CV ² (%)	Efeitos		
		DC	CEL	CS	PC	35	50		D	I	D x I
pH	Estômago	3,35	3,15	3,59	3,28	3,19	3,49	20,89	NS	NS	NS
	Int. delgado	6,18	6,19	6,22	6,37	6,26	6,21	5,41	NS	NS	NS
	Ceco	6,04	6,09	5,70	5,61	6,13a	5,58b	11,40	NS	*	NS
VISC (mPa.s)	Estômago	1,78	1,89	2,28	2,16	2,73	1,32	16,62	*	**	*
	Int. delgado	2,07	2,04	2,22	2,15	3,15a	1,09b	10,12	NS	**	NS
	Ceco	1,31	1,79	1,17	2,08	2,11	1,07	12,91	**	**	**

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Coeficientes de Variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); NS: não significativo (P>0,05); *(P<0,05); **(P<0,01).

A inclusão de fontes de fibra nas dietas, tem o objetivo de alterar o pH, devido ao aumento das secreções gástricas e dos ácidos graxos de cadeia curta e com isso melhorando a atividade das enzimas digestivas e inibindo o crescimento de bactérias patogênicas (WENK, 2001; MONTAGNE et al., 2003). Porém, neste estudo, as fontes de fibra não afetaram este parâmetro fisiológico. O pH dos conteúdos dos segmentos do trato gastrointestinal, tende a aumentar ao longo do seu comprimento, chegando a neutro no reto (ADAMS, 2000). Os valores de pH do conteúdo do estômago encontrados neste trabalho, estão de acordo com os resultados verificados por JONSSON & CONWAY (1992), que notaram amplitude de 2,3 a 4,5, sendo que os observados no conteúdo do ceco, estão próximos aos encontrados por ALISSON et. al. (1979), em leitões recém desmamados.

Alterações do pH também estão relacionadas ao tipo de fibra utilizada. Elevadas inclusões de fontes de fibra solúvel, que alteram a viscosidade da digesta e a capacidade de retenção de água, aumentam o tempo de trânsito, diminuindo a acidez (WENK, 2001; CARNEIRO et al., 2008). Desta forma, HÖGBERG & LINDBERG (2004) realizaram um ensaio, testando dietas com baixas ou altas concentrações de fibra insolúvel e observaram que aquelas com altas concentrações, reduziram os valores de pH do estômago e do cólon de leitões desmamados.

AWATI et al. (2006a) avaliaram duas dietas, uma semipurificada, pobre em fibras fermentáveis e outra contendo a polpa de beterraba, como principal fonte de fibra

fermentável e verificaram reduções no pH da digesta dos leitões que receberam a dieta contendo a polpa.

As idades de abate afetaram ($P<0,05$) apenas o pH do ceco, observando-se que os leitões abatidos aos 50 dias, apresentaram os menores valores quando comparados aos abatidos aos 35 dias de idade. Não foi observada interação ($P>0,05$) entre as fontes de fibra nas dietas e as idades de abate.

A viscosidade no conteúdo do intestino delgado, não foi afetada ($P>0,05$) pelas fontes de fibra nas dietas, mas foi alterada ($P<0,01$) pelas idades de abate, verificando-se que os animais abatidos aos 50 dias apresentaram os menores valores. Para a viscosidade dos conteúdos do estômago e ceco, observou-se interação ($P<0,05$) entre as fontes de fibra nas dietas e as idades de abate (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramentos das interações entre as fontes de fibra nas dietas e as idades de abate, para as viscosidades dos conteúdos do estômago e do ceco de leitões.

Segmentos	Idades de abate	Dietas experimentais ¹			
		DC	CEL	CS	PC
Estômago	35	2,61a	2,74a	3,06a	2,54a
	50	0,96Bb	1,05Bb	1,50ABb	1,79Ab
Ceco	35	1,59Ba	2,54Aa	1,38Ba	2,93Aa
	50	1,03b	1,04b	0,97a	1,23b

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

As idades de abate influenciaram ($P<0,05$) as viscosidades nos conteúdos do estômago e do ceco, sendo observados os maiores valores ($P<0,05$) nos animais abatidos aos 35 dias, exceto para aqueles que receberam a dieta contendo casca de soja, onde não houve diferença ($P>0,05$) entre as idades de abate, quando comparados aos abatidos aos 50 dias de idade. As fontes de fibra não afetaram ($P>0,05$) as viscosidades no conteúdo do estômago aos 35 dias, e do ceco aos 50 dias de idade. Entretanto, no conteúdo do estômago, aos 50 dias de idade, observou-se as menores ($P<0,05$) viscosidades, nos animais que receberam a dieta controle e aquela contendo celulose, quando comparados aos que consumiram polpa cítrica na dieta. No ceco, aos 35 dias de idade, as menores ($P<0,05$) viscosidades foram encontradas nos leitões

alimentados com as dietas controle e com a inclusão da casca de soja, em relação àqueles recebendo as dietas contendo celulose purificada e polpa cítrica.

Estes resultados reforçaram que a viscosidade da digesta está relacionada ao tipo de fibra existente no alimento, pois quanto mais solúvel for esta fibra, maior será a viscosidade da digesta (McDONALD et al., 2001). O teor de fibra solúvel da polpa cítrica é elevado (30,63%), o que pode justificar o aumento na viscosidade da digesta.

PLUSKE et al. (2003) utilizaram duas fontes de carboidratos purificados, sendo amido de milho com alta amilose (fonte de amido resistente) e ou o isolado de lupin (fonte de fibra solúvel proveniente do grão de tremço), em dietas para leitões desmamados e verificaram que os animais que receberam a junção das duas fontes apresentaram aumento na viscosidade do conteúdo do íleo.

Da mesma forma, McDONALD et al. (2001) avaliaram dietas contendo farelo de arroz cozido e ou uma fonte de fibra purificada, a carboximetilcelulose de baixa (50-200 mPa.s) e alta (400-800 mPa.s) viscosidades e verificaram que a adição das duas fontes, elevou as viscosidades das digestas do duodeno, íleo e ceco.

Na Tabela 7, encontram-se os valores médios encontrados para ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo do ceco de leitões, em função da inclusão de diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

Tabela 7. Valores médios de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no conteúdo do ceco de leitões em função da inclusão de diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

AGCC (mMol/L)	Dietas experimentais ¹ (D)				Idades de abate (I)		CV ² (%)	Efeitos		
	DC	CEL	CS	PC	35	50		D	I	D x I
Acético	30,11b	34,04ab	34,17ab	40,64a	33,95	35,53	17,66	*	NS	NS
Propiônico	11,63	13,49	13,97	12,31	13,16	12,55	25,28	NS	NS	NS
Butírico	6,18	6,10	7,53	7,04	5,85	7,58	24,79	NS	NS	NS

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Coeficientes de Variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); NS: não significativo (P>0,05); *(P<0,05); **(P<0,01).

As inclusões das fontes de fibra nas dietas e as duas idades de abate não influenciaram (P>0,05) as concentrações dos ácidos propiônico e butírico no conteúdo do ceco dos leitões. No entanto, verificou-se que a inclusão da polpa cítrica na dieta aumentou (P<0,05) a concentração de ácido acético no conteúdo do ceco dos leitões,

quando comparados àqueles consumindo a dieta controle. Isto se deve às maiores quantidades de fibra solúvel e pectina contidas neste ingrediente, o qual é altamente fermentável, sendo o acetato o principal produto da fermentação da pectina (CARNEIRO et al. 2008). Concordando com esta afirmação, AWATI et al. (2006b) avaliaram duas dietas, uma semi-purificada pobre em fibra solúvel e outra contendo polpa de beterraba como fonte de fibra solúvel para leitões desmamados, e verificaram que a adição da fonte de fibra solúvel aumentou as concentrações dos ácidos acético, propiônico e o total de ácidos graxos nos conteúdos do intestino delgado, ceco e colón.

Em estudo realizado por FREIRE et al. (2000), em que avaliaram o farelo de trigo, a polpa de beterraba, a casca de soja e o farelo de alfafa como fontes de fibra nas dietas de leitões, sobre o perfil de ácidos graxos de cadeia curta nas fezes e verificaram que a inclusão da casca de soja aumentou a concentração de ácido acético e a de farelo de trigo aumentou a de ácido butírico. Porém, as inclusões das diferentes fontes de fibra não influenciaram a concentração de ácido propiônico.

Da mesma forma, MOLIST et al. (2009) realizaram ensaio com leitões desmamados avaliando o farelo de trigo, a polpa de beterraba e a junção das duas fontes de fibra, sobre a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo do ceco e verificaram que a inclusão do farelo de trigo aumentou a concentração de ácido butírico, quando comparados aos animais que receberam a dieta controle e aquela contendo polpa de beterraba.

Observou-se que a adição de fontes de fibra nas dietas influencia os produtos finais da fermentação no intestino grosso de leitões e que o tipo de fibra afeta diretamente o perfil de ácidos graxos. No entanto, para que este perfil seja alterado, a quantidade de substrato deve ser eficiente para modificar ou aumentar a microbiota intestinal (BACH KNUDSEN, 2001; SCHAVION et al. 2004).

Na Tabela 8, encontram-se os valores médios das variáveis relacionadas à morfologia intestinal dos leitões alimentados com as diferentes fontes de fibra nas dietas, nas idades de abate estudadas. Os desdobramentos das interações significativas, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 8. Valores médios para comprimento do intestino delgado (CID), altura das vilosidades (AV), profundidade das criptas (PC), relação altura das vilosidade e profundidade das criptas (AV/PC), número de células caliciformes (CC) e densidade de vilosidades (DV), no duodeno e jejuno de leitões em função das fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

	Dietas experimentais ¹ (D)				Idades de abate (I)		CV ² (%)	Efeitos		
	DC	CEL	CS	PC	35	50		D	I	D x I
CID, cm	896,50	816,88	899,25	761,88	727,63	959,63	14,72	NS	**	**
Duodeno										
AV, µm	293,76	266,90	308,96	299,74	278,07b	306,61a	12,50	NS	*	NS
PC, µm	176,22	163,91	185,84	166,12	177,84	168,21	12,94	NS	NS	NS
AV/PC	1,67	1,63	1,69	1,80	1,57b	1,82a	7,46	NS	**	NS
CC	16,92b	14,10c	19,79a	18,40ab	16,80	17,81	9,63	**	NS	NS
DV, cm ²	6985	7055	6607	7298	7231	6742	14,63	NS	NS	NS
Jejuno										
AV, µm	328,24	275,45	262,74	275,26	254,02b	316,83a	16,20	NS	**	NS
PC, µm	182,62	155,99	153,42	153,32	163,54	159,13	13,99	NS	NS	NS
AV/PC	1,78	1,77	1,74	1,81	1,55b	1,99a	9,12	NS	**	NS
CC	8,97	7,68	9,58	10,13	7,62	10,57	14,40	**	**	**
DV, cm ²	7692	8786	7418	7449	8413	7260	11,63	*	**	**

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC- dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Coefficientes de Variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); NS: não significativo (P>0,05); *(P<0,05); **(P<0,01).

No duodeno, as fontes de fibra afetaram (P<0,05) apenas o número de células caliciformes, onde observou-se que os leitões alimentados com a dieta com a inclusão da casca de soja, apresentaram os maiores valores, quando comparados aos que receberam a dieta controle e aquelas contendo celulose purificada, sendo esta última, a dieta que levou os animais a apresentarem os menores (P<0,05) valores. O número de células caliciformes no intestino delgado, aumenta com o desmame, devido às mudanças que ocorrem na mucosa, visto que estas células possuem a função de produzir mucina para proteção do epitélio (BROWN et al., 1988). A presença da fibra dietética modifica a quantidade de mucina secretada e quando o nível de pectina na dieta é elevado, há redução na secreção desta substância (MORE et al., 1987).

As idades de abate influenciaram as alturas das vilosidades (P<0,05) e as relações AV/PC (P<0,01) no duodeno, verificando-se que os animais abatidos aos 50 dias, apresentaram os maiores valores para as duas variáveis. Estes resultados podem ser explicados, em virtude de haver diminuição da altura das vilosidades nos dias que

sucedem o desmame, sendo uma resposta natural ao estresse a que os leitões são submetidos nesta fase, onde há mudança de dieta, perdas do leite e da mãe e como consequência, redução no consumo de ração. Entretanto, após este período de adaptação, ocorre recuperação e eleva-se a altura das vilosidades, aumentando também a relação AV/PC (CERA et al., 1988). No duodeno não foram observadas interações ($P>0,05$) para as variáveis estudadas.

No jejuno, as fontes de fibra nas dietas, não afetaram ($P>0,05$) as variáveis avaliadas. Neste segmento do intestino, as idades de abate influenciaram ($P<0,01$) a altura das vilosidades e a relação AV/PC.

JIN et al. (1994) relataram que o uso de ingredientes fibrosos na dieta reduz a alturas das vilosidades e aumenta a profundidade das criptas, portanto, alterando a relação AV/PC.

Para as variáveis comprimento do intestino delgado, número de células caliciformes e densidade de vilosidades no jejuno, foram observadas interações ($P<0,01$) entre as fontes de fibra nas dietas e as idades de abate (Tabela 9).

Tabela 9. Desdobramentos das interações entre as fontes de fibra nas dietas e as idades de abate para comprimento do intestino delgado (CID), número de células caliciformes (CC) e densidade de vilosidades (DV) no jejuno de leitões.

Variáveis	Idades de abate	Dietas experimentais ¹			
		DC	CEL	CS	PC
CID, cm	35	650,00b	685,00	825,50	750,00
	50	1143,00Aa	948,75AB	973,00AB	773,75B
CC	35	6,20Bb	5,30Bb	9,56A	9,41A
	50	11,75a	10,07a	9,60	10,86
DV, cm ²	35	9945Aa	9388A	7395B	6923B
	50	5440Bb	8183A	7441A	7974A

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

O comprimento do intestino delgado foi maior ($P<0,05$) aos 50 dias de idade, quando os animais receberam a dieta controle, em relação apenas àqueles da dieta com a inclusão da polpa cítrica. Esta redução no comprimento do intestino delgado dos leitões consumindo a dieta contendo polpa cítrica pode estar relacionada ao baixo

consumo de ração verificado nestes animais. Para os leitões que receberam a dieta controle, o maior ($P<0,05$) comprimento do intestino delgado foi observado aos 50 dias, quando comparados aos abatidos aos 35 dias de idade.

Aos 35 dias de idade, os animais que consumiram as dietas controle e com inclusão de celulose, apresentaram menores ($P<0,05$) números de células caliciformes, quando comparados àqueles recebendo as dietas contendo casca de soja e polpa cítrica. No abate realizado aos 50 dias de idade, não foi encontrada diferença ($P>0,05$) entre as fontes de fibra nas dietas. Houve efeito ($P<0,05$) das idades de abate para esta variável, quando os leitões consumiram as dietas controle e celulose, observando-se que os abatidos aos 50 dias, apresentaram os maiores valores. Dietas fibrosas atuam sobre a mucosa intestinal, estimulando a produção e liberação de mucina pelas glândulas intestinais (GOMES et al., 2006b). Estes autores avaliaram a inclusão de feno de Tifton, como fonte adicional de FDN nas dietas de leitões, e verificaram aumento do número de células caliciformes no epitélio do jejuno.

As densidades de vilosidades no jejuno, dos leitões abatidos aos 35 dias, foram menores ($P<0,05$) naqueles que consumiram a dieta controle e aquela contendo celulose purificada, quando comparadas àqueles que receberam as dietas contendo casca de soja e polpa cítrica (Figura 3). Para os animais abatidos aos 50 dias de idade, observou-se que aqueles alimentados com as dietas contendo as fontes de fibra apresentaram as maiores ($P<0,05$) densidades, em relação aos da dieta controle (Figura 4). Resultados diferentes foram observados por SEHM et al. (2006), que utilizaram a polpa de maçã nas dietas de leitões e observaram redução na densidade de vilosidades.

HEDEMANN et al. (2006) testaram dietas contendo médio (10,4%) e alto (14,7%) teores de fibra, utilizando casca de cevada e pectina purificada como fontes de fibra insolúvel e solúvel, respectivamente, sobre a morfologia de duas porções do intestino delgado (50 e 90% do comprimento), e verificaram que as dietas contendo pectina, reduziram as densidades de vilosidades nas duas porções do intestino. Os leitões que consumiram a dieta controle, apresentaram maior ($P<0,05$) densidade de vilosidades aos 35 dias do que aos 50 dias de idade.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4, encontram-se as elétrôn-micrografias do duodeno e jejuno de leitões abatidos aos 35 e 50 dias de idade.

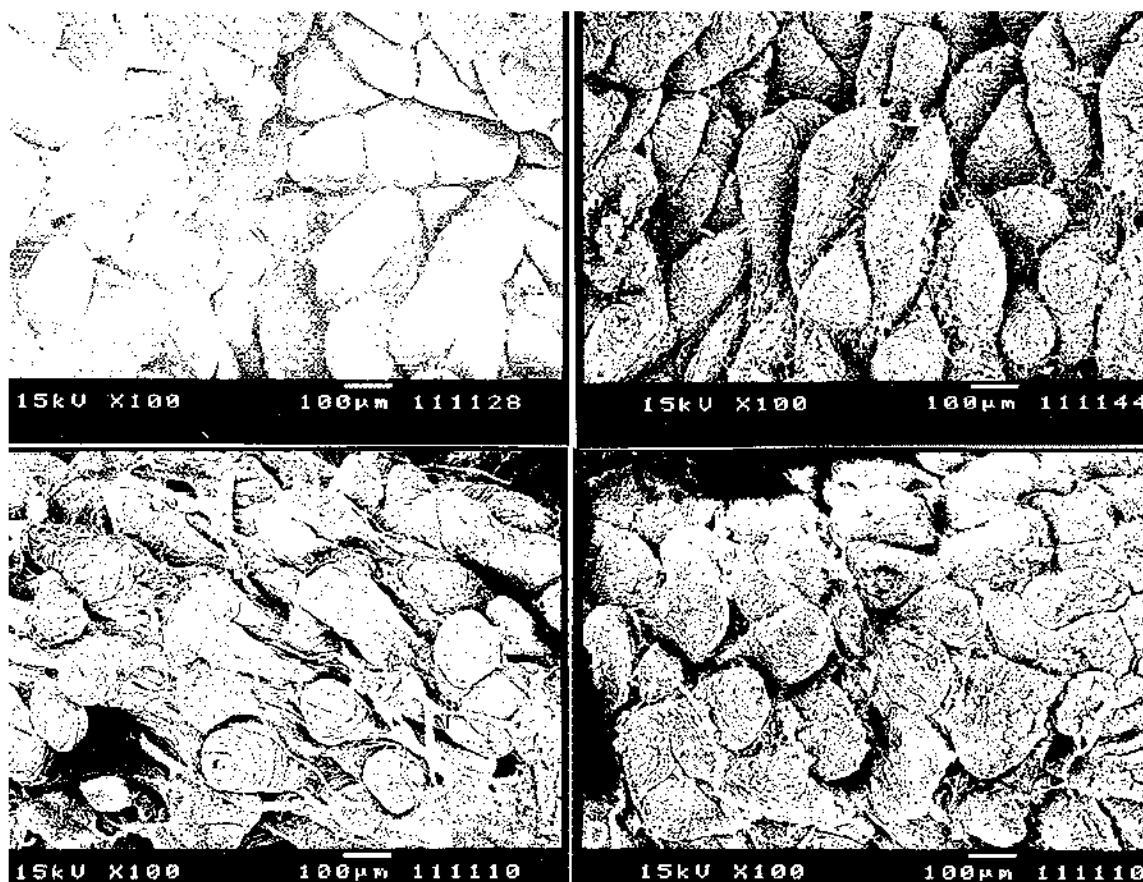


Figura 1. Elétron-micrografias do duodeno de leitões aos 35 dias de idade, em função das diferentes fontes de fibra nas dietas: Controle (A), Celulose purificada (B), Casca de soja (C) e Polpa cítrica (D). A=150X

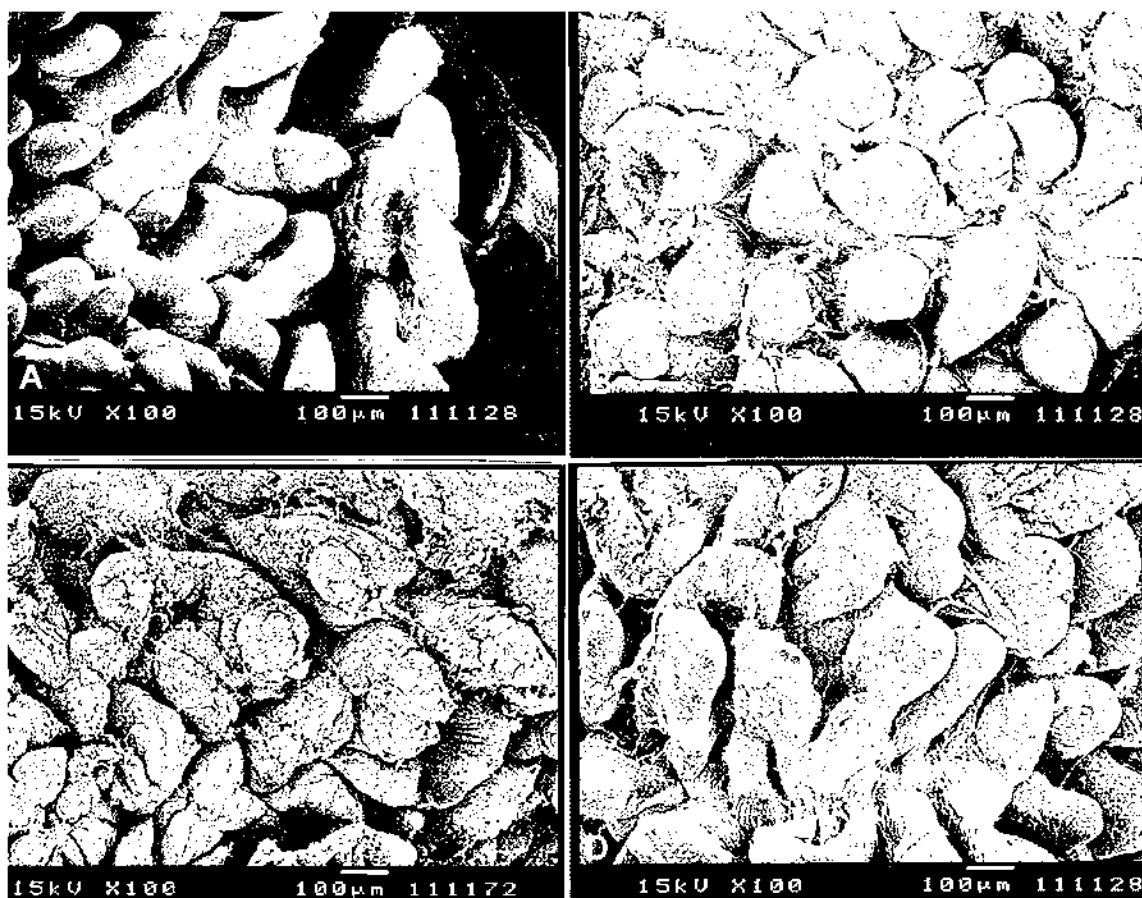


Figura 2. Elétron-micrografias do duodeno de leitões aos 50 dias de idade, em função das diferentes fontes de fibra nas dietas: Controle (A), Celulose purificada (B), Casca de soja (C) e Polpa cítrica (D). A=150X

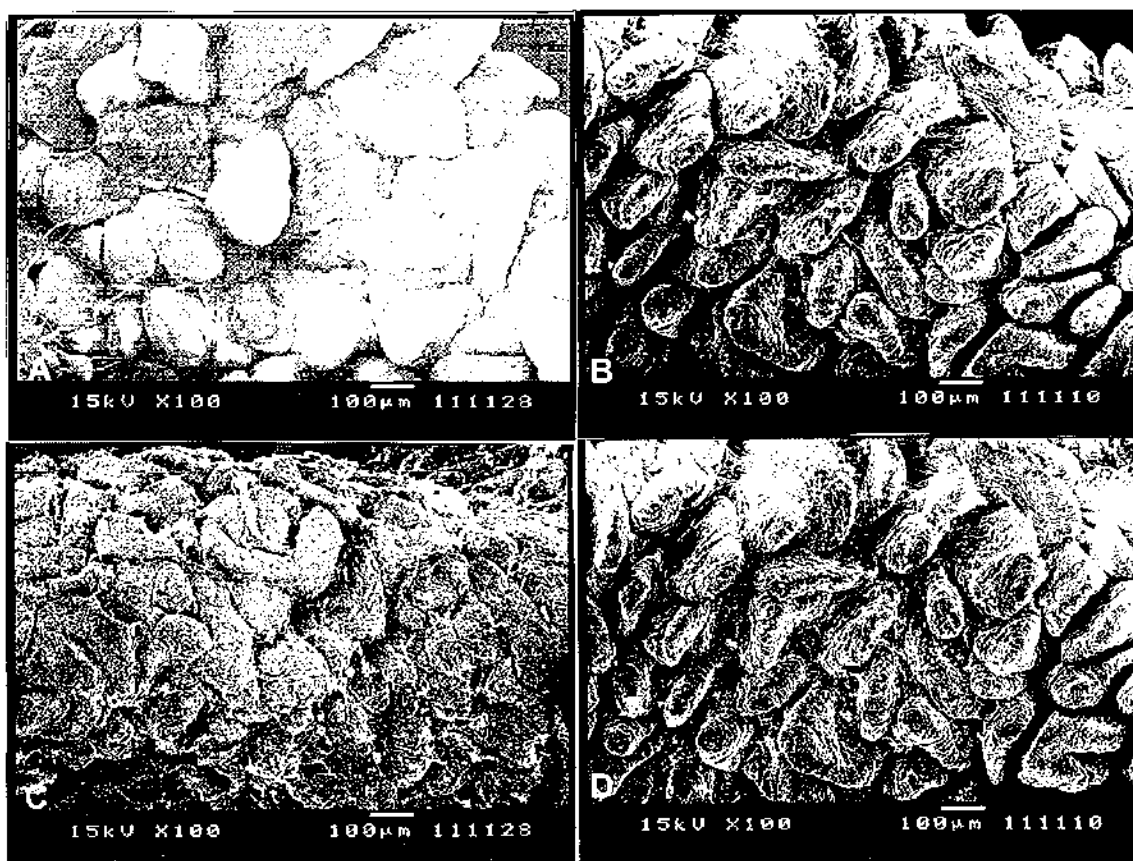


Figura 3. Elétron-micrografias do jejuno de leitões aos 35 dias de idade, em função das diferentes fontes de fibra nas dietas: Controle (A), Celulose purificada (B), Casca de soja (C) e Polpa cítrica (D). A=150X

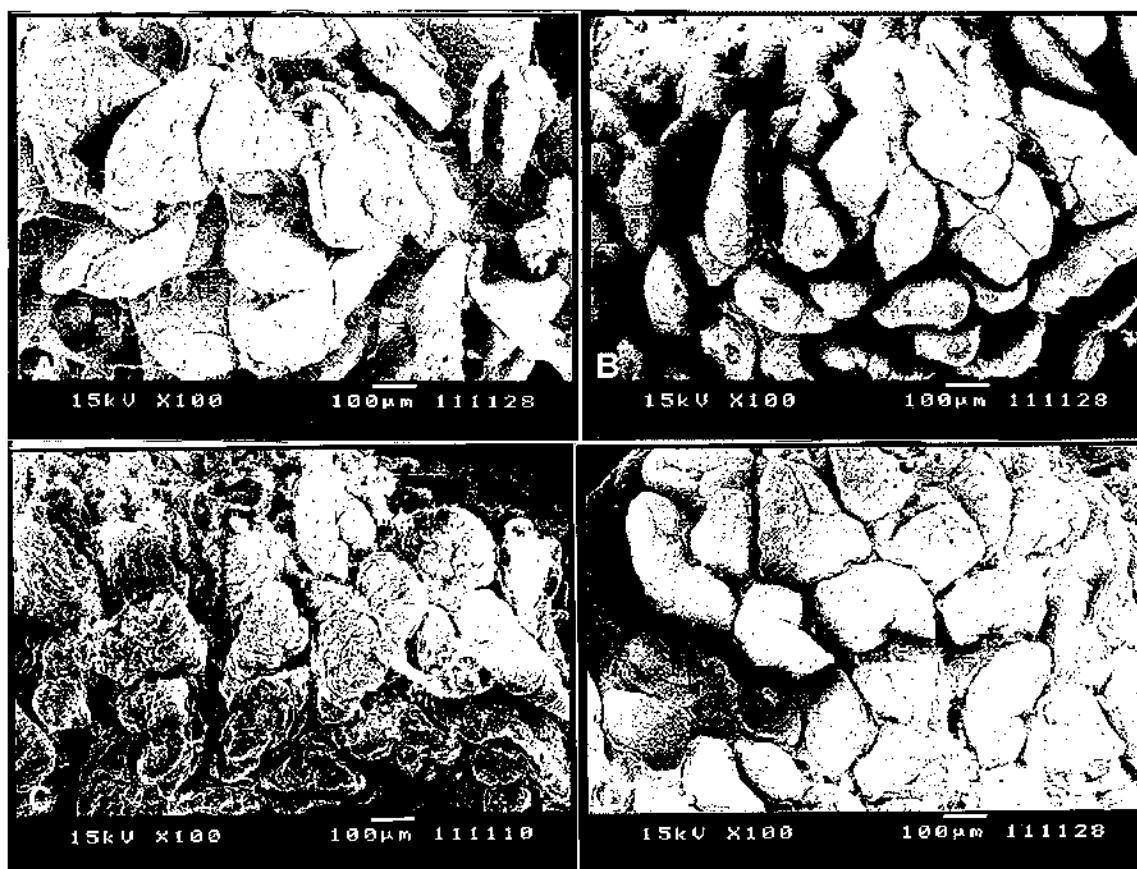


Figura 4. Elétron-micrografias do jejuno de leitões aos 50 dias de idade, em função das diferentes fontes de fibra nas dietas: Controle (A), Celulose purificada (B), Casca de soja (C) e Polpa cítrica (D). A=150X

Na Tabela 10, estão apresentados os valores médios observados para *E. coli* e *Lactobacillus ssp.* no intestino delgado e no ceco de leitões, em função da inclusão das diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate. A bactéria *Salmonella ssp.* não foi detectada em nenhum animal abatido e desta maneira, os dados não foram apresentados.

Tabela 10. Valores médios para *Escherichia coli*. e *Lactobacillus ssp.* no intestino delgado e no ceco de leitões em função das diferentes fontes de fibra nas dietas e das idades de abate.

Variáveis	Segmentos	Dietas experimentais ¹ (D)				Idades de abate (I)		CV ² (%)	Efeitos		
		DC	CEL	CS	PC	35	50		D	I	D x I
<i>E. coli</i> (log UFC/g)	Int. delgado	6,95	6,93	6,55	6,37	7,37	6,04	9,46	NS	**	*
	Ceco	7,63a	7,65a	7,48ab	6,66b	7,46	7,25	9,26	*	NS	NS
<i>Lactobacillus</i> (log UFC/g)	Int. delgado	7,40	7,53	7,83	7,49	7,50	7,63	12,26	NS	NS	NS
	Ceco	8,58	8,17	8,71	8,07	8,21	8,55	7,81	NS	NS	NS

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; ²Coeficientes de Variação; Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); NS: não significativo (P>0,05); *(P<0,05); **(P<0,01).

No ceco as maiores (P<0,05) ocorrência *E. coli*, foram encontradas nos leitões que consumiram a dieta controle e aquela contendo celulose purificada, quando comparados aos que receberam a dieta com a inclusão da polpa cítrica. As idades de abate não influenciaram (P>0,05) a ocorrência de *E. coli* neste segmento do intestino. Para ocorrência desta bactéria no intestino delgado, encontrou-se interação (P<0,05) e os desdobramentos são apresentados na Tabela 11.

As quantidades de *Lactobacillus ssp.* não foram afetadas (P>0,05) pelas fontes de fibra nas dietas ou pelas idades de abate. Resultados semelhantes foram observados por MOLIST et al. (2009), ao avaliarem três dietas contendo farelo de trigo e ou polpa de beterraba e não observaram mudanças na ocorrência de *Lactobacillus*. Porém, verificaram redução na ocorrência de enterobactérias, quando os leitões foram alimentados com as duas fontes de fibra na dieta. De modo contrário, BIKKER et al. (2006) encontraram maior ocorrência de *Lactobacillus* no intestino de leitões desmamados, alimentados com dieta contendo elevada quantidade de carboidratos solúveis.

Tabela 11. Desdobramentos da interação entre as diferentes fontes de fibra nas dietas e as idades de abate, para as quantidades de *Escherichia coli* ($\log^{10}$ UFC/g) no intestino delgado de leitões.

Segmento	Idades de abate	Dietas experimentais ¹			
		DC	CEL	CS	PC
Int. delgado	35	8,05Aa	7,94Aa	6,53B	6,94AB
	50	5,86b	5,92b	6,57	5,81

¹DC - dieta controle; CEL - dieta contendo 1,5% de celulose purificada; CS - dieta contendo 3% de casca de soja e PC - dieta contendo 9% de polpa cítrica; Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

As maiores ($P<0,05$) ocorrências de *E. coli* no intestino delgado, foram observadas aos 35 dias de idade, nos leitões que receberam a dieta controle e aquela contendo celulose purificada, em relação aos alimentados com a dieta com casca de soja como fonte de fibra. Aos 50 dias de idade, as diferentes fontes de fibra não influenciaram ($P>0,05$) a ocorrência desta bactéria. Os animais que consumiram a dieta controle e aquela com inclusão da celulose purificada e foram abatidos aos 35 dias, apresentaram as maiores ($P<0,05$) ocorrências desta bactéria, quando comparados aos abatidos aos 50 dias de idade.

Observou-se com base nos resultados, que as dietas com inclusão de casca de soja e polpa cítrica reduziram a ocorrência de *E. coli*, aos 35 dias de idade, e isto pode estar relacionado à maior quantidade de fibra solúvel presente nestes dois ingredientes, aumentando a fermentação, e consequentemente a produção de ácidos graxos de cadeia curta, os quais inibem o crescimento desta bactéria (MATEOS et al., 2006). De forma semelhante, SCHIAVON et al. (2004) verificaram redução na quantidade de *E. coli* nas fezes de leitões alimentados com 12% de polpa de beterraba na dieta.

Como neste estudo houve aumento ($P<0,05$) na concentração de ácido acético (Tabela 7) no conteúdo do ceco dos leitões alimentados com a dieta contendo polpa cítrica, este resultado pode ter relação direta com a redução da ocorrência de *E. Coli*, visto que este ácido graxo pode inibir o crescimento de bactérias patogênicas.

CONCLUSÕES

A adição de fontes de fibras solúveis, como casca de soja e polpa cítrica promove mudanças na morfofisiologia e microbiologia, o que sugere adaptação do sistema digestório dos leitões desmamados à presença da fibra na dieta.

REFERÊNCIAS

ADAMS, A. C. Acidifiers: important components of pig feeds. **Technical Information**, p.1-6, 2000.

ALISSON, M. J.; ROBINSON, J. M.; BUCLIN, J. A.; BOOTH, G. D. Comparison of bacterial populations of the pig cecum and colon based upon enumeration with specific energy sources. **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, n.5/6, p.1142–1151, 1979.

AUMAITRE, L. A. Adptation and efficiency of the digestive process in the gut of the young piglet: Consequences for the formulation of a weaning diet. In: Special Issue, Swine Nutrition Session, **Journal of Animal Science**, v.13, p.227-242, 2000.

AWATI, A.; WILLIAMS, B. A.; BOSCH, M. W.; GERRITS, W. J. J.; VERSTEGEN, M. W. A. Effect of inclusion of fermentable carbohydrates in the diet on fermentation end-product profile in feces of weanling piglets. **Journal of Animal Science**, v.84, p.2133-2140, 2006a.

AWATI, A.; WILLIAMS, B. A.; BOSCH, M. W.; VERSTEGEN, M. W. Dietary carbohydrates with different rates of fermentation affect fermentation and-product profiles in different sites of gastro-intestinal tract of weaning piglet. **Animal Science**, v.82, p.837-843, 2006b.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal Feed Science and Technology*. v.90, p.3-20, 2001.

BIKKER, P.; DIRKZWAGER, A.; FLEDDERUS, J.; TREVISI, P.; LE HUËRON-LURON, I.; LALLÈS, J. P.; AWATI, A. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. **Journal of Animal Science**, v.84, p.3337-3345, 2006.

BROWN, P. J.; MILLER, B. G.; STOKES, C. R.; BLAZQUEZ, N. B.; BOURNE, D. J. Histochemistry of mucins of pig intestinal secretory epithelial cells before and after weaning. **Journal Comparative Pathology**, v.98, p.313-323, 1988.

CARNEIRO, M. S. C.; LORDELO, M. M.; CUNHA, L. F.; FREIRE, J. P. B. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.124-136, 2008.

CASTRO JÚNIOR, F. G.; CAMARGO, J. C. M.; CASTRO, A. M. M. G.; BUDIÑO, F. E. L. Fibra na alimentação de suínos. **Boletim da Indústria Animal**, v.62, n.3, p.265-280, 2005.

CERA, K. R.; MAHAN, D. C.; CROSS, R. F. Effect of age, weaning and post weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. **Journal of Animal Science**, v.66, p.574-584, 1988.

EVERITT, B. S. **The Cambridge Dictionary of Statistics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 360p.

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fiber source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, v.87, p.71-83, 2000.

GOMES, J. D. F.; FUKUSHIMA, R. S.; PUTRINO, S. M.; GROSSKLAUS, C.; LIMA, G. J. M. M. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na ração de suínos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e não digestivos. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.2, p.202-209, 2006a.

GOMES, J. D. F.; BLAZQUEZ, F. J. H.; FUKUSHIMA, R. S.; UTIYAMA, C. E.; OETTING, L. L.; LIMA, G. J. M. M. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na ração de suínos sobre a histologia de segmentos do trato intestinal. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, v.43, n.2, p.210-219, 2006b.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSEN, M.; LAERKE, H. N.; PEDERSEN, C.; LINDBERG, J. E.; LAURINEN, P.; BACH KNUDSEN, K. E. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal of Animal Science** v.84, p.1375-1386, 2006.

JIN, L.; REYNOLDS, L. P.; REDMER, D. A.; CATON, J. S.; CRENSHAW, J. D. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2270-2278, 1994.

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J. E. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.113-128, 2004.

JONSSON, E.; CONWAY, P. Probiotics for pigs. In: FULLER, R (Ed.). **Probiotics – The Scientific Basis**. London, Chapman & Hall, p.259-316, 1992.

KRIEG, N. R.; HOLT, J. C. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**. 9 ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1994, 215p.

LALLÈS, J. P.; BOSI, P.; SMIDT, H.; STOKES, C.R. Weaning – a challenge to gut physiologists. **Livestock Science**, v.108, p.82-93, 2007.

LENNETTE, J. K.; SPAUDING, L. H.; TRUANT, J. P. **Manual of Clinical Microbiology**. Washington: American Society for Microbiology, 1985, 314p.

LOW, A. G. Secretory response of the pig gut to non-starch polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.55-65, 1989.

MATEOS, G. G.; MARTIN, F.; LATORRE, M. A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **Animal Science**, v.82, p.57-63, 2006.

McDONALD, D. E.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs. **British Journal of Nutrition**, v.86, p.487-498, 2001.

MOLIST, F.; GOMES DE SEGURA, A.; GASA, A.; HERMES, R. G.; MANZANILLA, E. G.; ANGUITA, M.; PÉREZ, J. F. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v.149, p.346-353, 2009.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J.; A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117. 2003.

MORE, J.; FIORAMONTI, J.; BENAZET, F.; BUENO, L. Histochemical characterization of glycoproteins present in jejunal and colonic goblet cells of pigs on different diets. **Histochemistry**, v.87, p.189-194, 1987.

PLUSKE, J. R.; DURMIC, Z.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Confirmation of the role of 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.; BLACK, B.; PETHICK, D.W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. **Animal Feed Science and Technology**, v.107, p.129-142, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed., Viçosa: UFV, 2005. 186 p.

SAS. **SAS System for linear models**. Cary: SAS Institute, 1998, 211 p.

SCHIAVON, S.; TAGLIAPIETRA, F.; BAILONI, L.; BORTOLOZZO, A. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science**, v.3, p.337-351, 2004.

SEHM, J.; LIMDERMAYER, H.; DUMMER, C.; TREUTTER, D.; PFAFFL, M. W. The influence of polyphenol rich apple pomace or red wine pomace diet on the gut morphology in weaning piglets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.91, p.289-296, 2006.

TOLOSA, E. M. C.; RODRIGUES, C. J.; BEHMER, O. A.; FREITAS-NETO, A.G. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. 2. ed. Manole, São Paulo, 2003, 331p.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.21-33, 2001.

CAPITULO 5 – IMPLICAÇÕES

O uso de antibióticos como promotores de crescimento em dietas de leitões tem sido restringido, e com isso os nutricionistas veem buscando alternativas ao uso destes produtos. Porém, na maioria das vezes sem sucesso ou com menor resposta, principalmente em relação à modulação da microbiota intestinal.

O uso de ingredientes fibrosos pode ser uma alternativa ao uso de promotores de crescimento, e a inclusão de fonte de fibra insolúvel como a celulose purificada mostrou-se mais interessante sob o ponto de vista da baixa inclusão, sem alterar significativamente a composição da dieta inicial e contribuir basicamente com fibra. No presente estudo, a celulose purificada se mostrou eficiente no controle da diarreia e melhorou alguns parâmetros imunológicos.

Por outro lado, a polpa cítrica e a casca de soja se mostraram mais efetivas, inibindo o crescimento de *Escherichia Coli*. A adição das fontes de fibra na dieta dos leitões não afetou negativamente o desempenho e a digestibilidade da maioria dos nutrientes, o que demonstrou a habilidade destes animais em se adaptar à inclusão de ingredientes fibrosos nas dietas, mesmo que estas inclusões não tenham sido muito elevadas.

Novas avaliações de ingredientes fibrosos, principalmente no que diz respeito a fontes de fibra insolúvel e ou de fontes solúveis e insolúveis serão importantes, pois podem possibilitar o uso de subprodutos das agroindústrias nas dietas de leitões, com o objetivo de modular benéficamente a microbiota, proporcionando saúde intestinal e consequentemente trazendo melhorias no desempenho, o que se torna muito importante para o produtor de suínos, visto que este desempenho na fase pós desmame, tem reflexos diretos no peso e na idade de abate.