

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO EM RAÇÕES PARA  
LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

**RAFAEL CARLOS NEPOMUCENO**

**FORTALEZA-CE**  
**JULHO DE 2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO EM RAÇÕES PARA  
LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

**RAFAEL CARLOS NEPOMUCENO**  
*Zootecnista*

**FORTALEZA-CE  
JULHO DE 2014**

**RAFAEL CARLOS NEPOMUCENO**

**NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO EM RAÇÕES  
PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.  
Área de Concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Euquerio de Carvalho

**FORTALEZA-CE**

**JULHO DE 2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- N362n Nepomuceno, Rafael Carlos.  
Níveis de fibra em detergente neutro em rações para leitões na fase de creche / Rafael Carlos Nepomuceno. – 2014.  
118 f. : il., color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Fortaleza, 2014.  
Área de Concentração: Nutrição animal.  
Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.  
Coorientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe.
1. Suíno – Alimentação e rações. 2. Fibras na nutrição animal. I. Título.

---

CDD 636.08

**RAFAEL CARLOS NEPOMUCENO**

**NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO EM RAÇÕES  
PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE**

Tese submetida à Coordenação do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal.

Aprovada em 25/07/2014.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas (orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

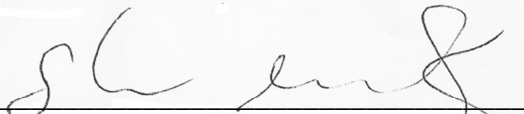
Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe (coorientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Luiz Euquerio de Carvalho (coorientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Germano Augusto Jerônimo do Nascimento  
Universidade Federal do Ceará - UFC



---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Silvana Cavalcante Bastos Leite  
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA

*A minha avó materna, por tantos gestos de amor e doação, seguindo simplesmente seu coração, que nos inspira mesmo depois de tanto tempo. A quem eu carrego em minha vida e que serei eternamente grato.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antônio Evaristo Nepomuceno e Luzia Carlos Nepomuceno pelo constante ensinamento e exemplo de caráter repassado ao longo da vida. Ao meu irmão, Rodrigo Carlos Nepomuceno pelo carinho e companheirismo.

A minha esposa, Lara Meneses Saldanha Nepomuceno, pela força, amor, atenção e compreensão ao longo dos últimos anos na conclusão dessa jornada.

Aos Familiares, pelo crédito e incentivo que sempre recebi.

Ao orientador, Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas pela dedicação, disponibilidade e acessibilidade, além do seu conhecimento valioso e contribuição com este trabalho.

Ao coorientador e amigo, Prof. Dr. Luiz Euquerio de Carvalho, que me acompanha e orienta desde a graduação e que foi o principal incentivador no início dessa jornada. Obrigado ter acreditado em mim.

Ao meu amigo e coorientador, Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe, que além de ter sido fundamental para a condução e aperfeiçoamento deste trabalho, foi um das amizades mais valiosas que já conquistei.

Aos meus colegas de graduação e pós-graduação que estiveram comigo nessa jornada, em especial para minhas amigas Emanuela Lima de Oliveira e Alini Mari Veira, pelo apoio incondicional na realização das atividades desenvolvidas nessa pesquisa, além de proporcionarem momentos felizes.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu me tornasse a pessoa que sou.

A Coordenação Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade concedida e apoio durante a realização do doutorado. E também, a todos os professores que contribuíram com o meu amadurecimento profissional e acadêmico.

Ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) pelo apoio financeiro do projeto de pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento em Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, viabilizando a execução de minhas atividades acadêmicas.

## SUMÁRIO

|  |     |
|--|-----|
| LISTA DE TABELAS .....   | ix  |
| LISTA DE FIGURAS .....   | xi  |
| RESUMO GERAL.....  | xii |
| ABSTRACT.....  | xiv |
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....  | 1   |
| CAPÍTULO I - Referencial Teórico .....   | 4   |
| 1. Aspectos Nutricionais e Fisiológicos Relacionados ao Pós-Desmame de Leitões .....                                     | 5   |
| 2. Química da Fibra Dietética .....  | 7   |
| 2.1. Carboidratos Constituintes da Fibra Dietética .....   | 8   |
| 3. Propriedades Físico-Químicas da Fibra Dietética.....  | 11  |
| 4. Valor Energético da Fibra Dietética.....  | 14  |
| 4.1. Vias de Fermentação .....   | 14  |
| 5. Aspectos Funcionais dos Carboidratos Constituintes da Fibra Dietética na Alimentação de Leitões Recém-Desmamados..... | 16  |
| 5.1. Influência da Fibra no Trânsito Digestivo .....   | 17  |
| 5.2. Influência da Fibra nas Secreções Digestivas .....  | 18  |
| 5.3. Influência da Fibra na Digestibilidade dos Nutrientes.....  | 18  |
| 5.4. Influência da Fibra na Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta.....   | 20  |
| 5.5. Efeito da Fibra Dietética sobre a Morfologia Intestinal.....  | 22  |
| 5.6. Efeito na Microflora Intestinal e Controle da Ocorrência de Diarreias .....   | 24  |
| 6. Considerações Finais.....   | 27  |
| 7. Referências Bibliográficas .....  | 27  |
| CAPÍTULO II - Implicações gastrointestinais da fibra em rações para leitões recém-desmamados .....                       | 40  |
| RESUMO .....   | 41  |
| ABSTRACT.....  | 42  |
| INTRODUÇÃO .....   | 43  |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 44  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 48  |
| CONCLUSÕES .....   | 54  |
| AGRADECIMENTOS.....  | 55  |



|   |     |
|---|-----|
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 55  |
| CAPÍTULO III - Influência da fibra na dinâmica do trânsito gastrointestinal, digestibilidade, diarreia e desempenho de leitões recém-desmamados ..... | 60  |
| INTRODUÇÃO .....  | 63  |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 64  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 68  |
| CONCLUSÕES .....  | 77  |
| AGRADECIMENTOS.....   | 77  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 78  |
| CAPÍTULO IV - Influência da fibra no desempenho e composição corporal de leitões recém-desmamados .....   | 81  |
| RESUMO .....  | 82  |
| ABSTRACT.....   | 83  |
| INTRODUÇÃO .....  | 84  |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 85  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 89  |
| CONCLUSÕES .....  | 96  |
| AGRADECIMENTOS.....   | 96  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 96  |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES.....   | 99  |
| APÊNDICES .....   | 101 |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase de creche .....  | 46 |
| Tabela 2. pH e viscosidade do conteúdo do trato gastrointestinal de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes níveis fibra em detergente neutro..... | 49 |
| Tabela 3 - Parâmetros histológicos do intestino de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro .....              | 50 |
| Tabela 4 - Concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no ceco de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo níveis de fibra em detergente neutro.....  | 52 |
| Tabela 5 - Ocorrência de diarreia e médias de ocorrência de diarreia transformadas (MODT) de leitões alimentados com níveis de fibra em detergente neutro .....                        | 54 |

### CAPÍTULO III

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase creche.....  | 67 |
| Tabela 2 - Concentração de cinza ácida insolúvel nas fezes de leitões alimentados com níveis fibra em detergente neutro em função do tempo de retenção do alimento.....                     | 68 |
| Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis de rações para leitões na fase de creche contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro .....                 | 70 |
| Tabela 4 - Consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de leitões alimentados com diferentes níveis fibra em detergente neutro ..... | 74 |
| Tabela 5 - Ocorrência de diarreia e médias de ocorrência de diarreia transformadas (MODT) de leitões alimentados com níveis de fibra em detergente neutro .....                             | 76 |

### CAPÍTULO IV

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase creche..... | 87 |
|---|----|

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Tabela 2 - Consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de leitões alimentados com diferentes níveis fibra em detergente neutro .....        | 89                                   |
| Tabela 3 - Peso médio dos órgãos digestivos (expressos em porcentagem de peso vivo) de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo níveis de fibra em detergente neutro ..... | 91                                   |
| Tabela 4 - Efeitos de níveis de fibra em detergente neutro sobre a composição química corporal de leitões de 21 a 42 dias de idade.....  | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| Tabela 5 - Efeitos de níveis de fibra em detergente neutro sobre as taxas de deposição de nutrientes no corpo de leitões de 21 a 42 dias de idade .....  | 94                                   |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Representação esquemática das vias de fermentação dos polissacarídeos no intestino de suínos ..... | 15 |
|---|----|

### CAPÍTULO II

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Curvas da altura de vilosidade e profundidade de cripta do duodeno e jejuno de leitões alimentados com rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN). ..... | 51 |
|---|----|

### CAPÍTULO III

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Curvas de excreção da cinza ácida insolúvel de leitões alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN). .....                        | 69 |
| Figura 2 - Curvas dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia de rações para leitões recém-desmamados contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. .... | 71 |
| Figura 3 - Curvas de nutrientes e energia digestíveis de rações para leitões recém-desmamados contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. ....                          | 72 |
| Figura 4 - Curvas de ganho de peso e conversão alimentar de leitões de 21 a 32 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro. ....                    | 75 |
| Figura 5 – Curvas de ganho de peso e conversão alimentar de leitões de 21 a 70 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro. ....                    | 76 |

### CAPÍTULO IV

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Curvas de consumo de ração e ganho de peso de leitões de 21 a 32 e 21 a 42 dias de idade alimentados com diferente níveis de fibra em detergente neutro (FDN). .   | 90 |
| Figura 2 - Curvas de deposição diária de água, proteína bruta, gordura, matéria mineral e energia no corpo de leitões recém-desmamados alimentados com rações contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN). ..... | 95 |

## NÍVEIS DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO EM RAÇÕES PARA LEITÕES NA FASE DE CRECHE

**RESUMO GERAL** – Foram conduzidos dois experimentos envolvendo 120 leitões, machos castrados, desmamados aos 21 dias de idade. No primeiro experimento foram utilizados 30 animais de peso vivo médio de  $7,48 \pm 0,46$  kg com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis de FDN em rações de leitões de 21 a 42 dias de idade sobre o pH e viscosidade dos conteúdos gástricos e intestinais, a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal, tempo de trânsito gastrointestinal da digesta, digestibilidade da energia e nutrientes das rações, impactos sobre a mucosa intestinal, peso dos órgão digestivos, desempenho produtivo, ocorrência de diarreia, composição e taxa de deposição de nutrientes e energia corporal. No segundo experimento foram utilizados 90 leitões de peso vivo médio de  $6,84 \pm 0,47$  kg com o objetivo de avaliar os efeitos de níveis de FDN em rações de leitões de 21 a 42 dias de idade sobre o desempenho produtivo e ocorrência de diarreia. Em ambos os experimentos os leitões foram distribuídos seguindo um delineamento em blocos casualizados, em cinco tratamentos, considerando os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5% e seis repetições por tratamento, sendo um animal por parcela, no primeiro ensaio, e, três leitões por unidade experimental, no segundo ensaio, sendo os pesos iniciais dos animais o critério utilizado para a formação dos blocos. Constatou-se que os níveis de FDN não afetaram o pH e viscosidade da digesta nas diferentes seções do trato gastrointestinal, bem como a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta. Foi detectado efeito quadrático para altura de vilosidade no duodeno e jejuno e na profundidade de cripta do jejuno, com melhor nível estimado para as rações com 12,2% de FDN. Foi constatado efeito linear crescente para o peso do estômago, ceco e colón. Verificou-se que níveis FDN abaixo ou acima de 10,2 a 13,5% reduziu o tempo de trânsito da digesta. Foi observado efeito quadrático no coeficiente de digestibilidade para todas as variáveis, bem como no ganho de peso e conversão alimentar dos leitões aos 70 dias de idade. Em contrapartida, foi observado efeito linear decrescente da ocorrência de diarreia com o aumento do nível de FDN nas rações. O incremento do nível de FDN promoveu aumento linear do teor de gordura na carcaça, sangue e corpo, enquanto que a energia na carcaça, vísceras e corpo apresentou resposta inversa.

Observou-se efeito quadrático nas taxas de deposição de nutrientes e energia no corpo, com exceção da matéria mineral que apresentou efeito linear decrescente a medida que houve aumento no nível de FDN, sendo as melhores taxas de deposição de água, proteína bruta, gordura, e energias estimadas em rações com 10,3; 10,3; 11,8; 8,5 e 8,6% de FDN, respectivamente. Tendo em vista o máximo desempenho dos animais conclui-se que o nível de FDN em rações para leitões de 21 a 70 dias de idade não deve ultrapassar 10%.

**Palavras-Chave:** fibra dietética, pós-desmame, suínos.

## LEVELS OF NEUTRAL DETERGENT FIBER IN DIETS FOR PIGLETS IN NURSERY PHASE

**ABSTRACT** – Two experiments were conducted involving 120 piglets castrated males, weaned at 21 days of age. In the first experiment where used 30 animals of average weight of  $7.48 \pm 0.46$  kg with the objective of evaluating the effects of NDF levels in diets for piglets 21-42 days old on the pH and viscosity of the gastric and intestinal contents, the concentration of short chain fatty acids in cecal contents, gastrointestinal transit time of digesta, apparent digestibility of energy and nutrients in the diets, impacts on the intestinal mucosa, weight of digestive organ, productive performance, diarrhea occurrence, composition and deposition rate nutrients and energy body. In the second experiment 90 piglets of average body weight of  $6.84 \pm 0.47$  kg with the objective of evaluating the effects of NDF levels in diets for piglets 21-70 days old on productive performance and occurrence of diarrhea. The piglets were distributed following a randomized block design with five treatments, considering the levels of neutral detergent fiber (NDF) of 8.5; 10.5; 12.5; 14.5 and 16.5% and six replications per treatment, one animal per plot, in the first trial, and three piglets per plot in the second test, and the initial weights of the animals the criterion used for the formation of blocks. It was found that levels of NDF did not affect the pH and viscosity of the digesta in the different sections of the gastrointestinal tract, as well as the concentration of short chain fatty acids. Quadratic effect was detected for villus height in the duodenum and jejunum and crypt depth in the jejunum, with a higher level ships in diets with 12.2% NDF. Effect linear increase was observed for the weight of the stomach and cecum and c6lon. It was found that NDF levels below or above 10.2 to 13.5% reduced the transit time of digesta. Quadratic effect was observed in the digestibility of all variables, as well as weight gain and feed conversion of pigs at 70 days of age. In contrast, linear effect on the occurrence of diarrhea with the increased level of NDF in the diets was observed. The increased level of NDF caused a linear increase in fat in the carcass, blood and body, while the energy in the carcass, viscera and body showed an inverse response. Quadratic effect on deposition rates of nutrients and energy in the body, with the exception of mineral matter which linear decreasing effect mediated there was an increased level of NDF (Table 5), with the best deposition rates of water, protein gross,

fat, and estimated in diets with 10.3 energies; 10.3; 11.8; 8.5 and 8.6% NDF, respectively Considering the maximum animal performance is concluded that the level of NDF in diets for pigs from 21 to 70 days of age should not exceed 10%.

**Keywords:** dietary fiber, post-weaning, pigs.



## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na atual produção de suínos sob sistema de confinamento, a fase de creche é considerada crítica dentro do ciclo de produção. O estresse causado pelo desmame precoce, associado à transição de dieta e imaturidade dos sistemas imunológicos e digestório dos leitões, podem comprometer o desempenho do animal não apenas nessa fase, como também nas fases seguintes.

É sabido que uma alternativa para amenizar o desafio nutricional imposto pelo desmame é o uso de dietas complexas. Entretanto, os ingredientes por muitas vezes oneram o custo das rações, principalmente em regiões onde a produção do milho e da soja é desfavorável.

Nesse contexto há a valorização do aproveitamento dos subprodutos da agroindústria na alimentação de leitões, de forma que muitas pesquisas vêm sendo elaboradas com o intuito de avaliar a utilização de ingredientes alternativos na alimentação de suínos, visando reduzir os custos com alimentação, produzindo rações mais eficientes que resultem em um produto final de boa qualidade e com menor custo.

No entanto a inclusão de ingredientes alternativos de origem vegetal nas rações para suínos pode acarretar no aumento do nível de fibra da dieta. Em contrapartida, os atuais sistemas de exigências nutricionais dos animais não possuem definições claras sobre as exigências de fibra e de carboidratos não fibrosos na dieta, considerando ainda a expressividade destas, percentualmente, na matéria seca do total de alimentos ingeridos diariamente pelos animais.

A fibra dietética, definida como a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e a absorção no intestino delgado de animais superiores e fermentadas completa ou parcialmente no intestino grosso, tinha sua importância questionada para animais monogástricos, uma vez que não se conhecia nenhum papel direto como nutriente. Todavia, o conceito e a importância da fibra têm sido repensado, em função das frações dos seus constituintes e dos efeitos metabólicos e fisiológicos de relevância sobre a produtividade dos animais monogástricos, tais como os efeitos na sensação de saciedade e sua relação com o bem estar animal, na ocorrência de diarreia e outros processos digestivos decorrentes de alterações na taxa de excreção endógena, na motilidade do trato gastrointestinal, alterações no bolo alimentar,

capacidade de retenção de água, volume, pH e fermentação, ou ainda, por alterações nas populações e atividades dos microrganismos intestinais.

Nesse contexto há de se considerar que a fibra dietética pode ser expressa de diferentes formas em função da diversidade de métodos analíticos de isolamento e quantificação. As metodologias de determinação da fibra dietética total e fibras dietéticas solúveis e insolúveis são aquelas que expressam com maior precisão o conteúdo de fibra dos alimentos, contudo exigem um grande número de repetições e configuram-se como rotinas demoradas e laboriosas.

Em contraste, os métodos baseados no uso de detergentes ácido e neutro de determinação de frações fibrosas são amplamente empregadas na alimentação animal por serem marchas analíticas rápidas e de simples aplicação, baseando-se na separação das diversas frações constituintes dos alimentos, por meio de reagentes específicos, isolando as frações de fibra em detergente neutro (FDN), resíduo insolúvel do tratamento em detergente neutro, constituído basicamente, de celulose, hemicelulose, lignina, proteína lignificada e cinzas insolúveis; e a fibra em detergente ácido (FDA), resíduo insolúvel em detergente ácido, constituída por lignina, celulose e cinzas insolúveis; sendo que a diferença dessas duas medidas fornece o valor estimado de hemicelulose.

Muito embora os métodos de determinação da FDN e FDA caracterizem principalmente as frações insolúveis da fibra, a FDN por ter entre seus componentes a hemicelulose, fração potencialmente fermentável, configura-se como o dado que melhor expressa o teor de fibra, além de constar na base de dados da maioria dos sistemas de composição químico-bromatológica de alimentos e por apresentar valores aproximados ao da fibra dietética total, sendo amplamente utilizado na determinação do valor nutricional dos ingredientes e dietas para animais.

Logo, o conhecimento do verdadeiro papel dos constituintes da fibra dietética na alimentação de suínos é de suma importância no que diz respeito à avaliação da qualidade nutricional e no estabelecimento de limites adequados de utilização de ingredientes nas rações destes animais.

O objeto desta pesquisa foi avaliar os efeitos de níveis de FDN em rações de leitões recém-desmamados sobre o pH e viscosidade dos conteúdos gástricos e intestinais, a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal, tempo de

trânsito gastrointestinal da digesta, digestibilidade da energia e nutrientes das rações, impactos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e da mucosa intestinal, desempenho produtivo, ocorrência de diarreia, composição e taxa de deposição de nutrientes e energia corporal.

## **CAPÍTULO I**

---

### **Referencial Teórico**

## **1. Aspectos Nutricionais e Fisiológicos Relacionados ao Pós-Desmame de Leitões**

O desmame precoce, praticado no período de 14, 21 ou 28 dias de idade, acarreta grande desafio para os leitões, em virtude da ocorrência simultânea de vários fatores de estresse relacionados principalmente à supressão total do leite materno, mudança de ambiente físico e social, dificuldade de adaptação aos comedouros e bebedouros e da troca da dieta. Conseqüentemente, a queda de desempenho e alguns problemas sanitários como diarreia pós-desmame, ocasionam perdas econômicas pela elevação da taxa de mortalidade e pela redução no ganho de peso dos leitões.

A retirada do leite materno, fonte de lipídeos constituídos de ácidos graxos de cadeia curta, lactose e caseína, sendo esta última uma proteína com um ótimo perfil de aminoácidos, e o fornecimento de ração seca, composta majoritariamente por carboidratos e proteínas de origem vegetal constituem um grande desafio para os leitões desmamados.

Logo, a primeira consequência é a redução no consumo de ração logo após o desmame, que resulta na nutrição deficiente e na baixa taxa de crescimento dos leitões. Le Dividich & Sève (2000) estimaram que no final da primeira semana de pós-desmame, a energia metabolizável ingerida é de cerca de 60-70% em relação à ingestão de leite no período pré-desmame, acarretando em aproximadamente duas semanas após o desmame para recuperar o déficit de energia ingerida.

Associado a este período de transição e ao baixo consumo de ração no período pós-desmame, leitões desmamados estão sujeitos à ação inflamatória no trato intestinal que levam a alterações fisiológicas negativas relacionadas à estrutura e função do intestino, com decréscimo na secreção e atividade enzimática, bem como na absorção de nutrientes (McCracken et al., 1999).

De acordo com Pluske et al. (1997) a atividade das enzimas digestivas presentes na borda em escova é reduzida. Lalles et al. (2004) verificaram reduções na atividade da lactase e aminopeptidase de 2 a 15 dias pós-desmame, enquanto a secreção de maltase reduziu no segundo dias pós-desmame, aumentando entre o 8º a 15º dia pós-desmame. Os mesmo autores também constataram redução transitória até 15 dias após o desmame nas secreções pancreáticas, enquanto que as atividades da tripsina e da amilase aumentaram.

Em estudo similar, Lalles, (2010), ao avaliarem leitões desmamados precocemente, constataram redução da concentração da fosfatase alcalina, enzima que atua na desintoxicação metabólicos tóxicos de bactérias patogênicas, que tem ação inflamatória do intestino, podendo comprometer a capacidade de digestão, absorção e imunológica do trato intestinal.

De acordo com Lepine et al. (1991), a transição para uma produção enzimática adequada que possibilite a digestão eficaz das moléculas complexas dos cereais, é mais lenta nos leitões desmamados precocemente do que naqueles desmamados em idade mais avançada. Mahan & Newton (1993) e Bertol (1997), comentam que o desenvolvimento pleno da capacidade de produção e ativação das enzimas digestivas ocorre entre seis e oito semanas de idade, enquanto a produção adequada de ácido clorídrico pelas células parietais do estômago é alcançada apenas entre a sétima e a décima semana de vida dos leitões (Blanchard, 2000).

Boudry et al. (2004) relataram que o desmame induz alterações estruturais e funcionais agudas e de longa duração no intestino delgado, incluindo o encurtamento das vilosidades e aprofundamento da cripta após o desmame. Hampson et al. (1986) demonstraram que a altura das vilosidades pode diminuir rapidamente em cerca de 25 a 35% nas primeiras 24 horas em leitões desmamados aos 21 dias de idade, com diminuição progressiva até cerca de 5 dias pós desmame quando a altura das vilosidades era apenas a metade da altura inicial, enquanto que leitões não desmamados mostraram apenas pequenas mudanças na altura das vilosidades.

Outro efeito deletério associado ao desmame precoce é a perda da função de barreira intestinal. Em geral, a primeira linha de defesa animal contra ação de microrganismos, toxinas, ou antígenos que residem no interior do lúmen do intestino delgado, é exercida pela camada epitelial do lúmen intestinal. Porém, por ocasião de danos no epitélio intestinal, há o aumento da permeabilidade dessa camada, que passa a permitir o acesso de agentes agressores, que atravessam o epitélio causando inflamações, a má-absorção de nutrientes, diarreia, com influência direta no crescimento e produção dos animais (Spreeuwenberg et al., 2001).

Em linhas gerais, a função da barreira intestinal pode ser avaliada por meio da capacidade de absorção do intestino delgado, da atividade secretora do epitélio, por

meio da resistência transepitelial e da permeabilidade intestinal, através do fluxo paracelular.

Assim, Nabuurs et al. (1994), ao avaliarem os efeitos do desmame e da infecção com *Escherichia coli* sobre a capacidade de absorção do intestino delgado, observaram que leitões não desmamados e não infectados tiveram maior absorção do que leitões desmamados e não infectados, que por sua vez foi apresentada capacidade absorptiva superior, a de leitões desmamados e infectados.

Por outro lado, Moeser et al. (2007), ao avaliarem a atividade secretora e a permeabilidade intestinal em leitões precocemente desmamados, constataram, 24 horas após o desmame, maior atividade secretora e permeabilidade intestinal no jejuno e no cólon de leitões desmamados quando comparados com leitões não desmamados. Posteriormente, Moeser et al. (2010) demonstraram que a idade de desmame pode afetar a resposta ao estresse intestinal no suíno.

Já Smith et al. (2010), ao estudarem os efeitos do estresse do desmame precoce sobre a função de barreira intestinal e na saúde intestinal em leitões desmamados em diferentes idades, verificaram que à medida que aumentou a idade ao desmame houve a melhoria da função de barreira intestinal, demonstrando que a tensão resultante do desmame induz ao aumento da permeabilidade e da inflamação da mucosa.

Assim, o processo associado ao desmame de leitões, principalmente precoce, conduz a alterações no sistema imunológico e nas funções intestinais que podem ter efeitos tanto sobre o crescimento como à saúde do animal, sendo fundamental a utilização de estratégias de gestão sanitária e nutricionais que minimizem os efeitos adversos do estresse do desmame.

## **2. Química da Fibra Dietética**

No que se refere à fibra dietética não existe uma definição universalmente aceita. Estabelecer uma definição para o termo tem sido historicamente um equilíbrio entre o conhecimento de nutrição e os métodos analíticos existentes.

A fibra dietética é comumente definida como todos os polissacarídeos e lignina das plantas, que são resistentes à hidrólise por secreções digestivas humanas (Trowell,

1976). Esta definição também é geralmente usada para as espécies de animais monogástricos. Assim a fibra dietética abrange uma ampla gama de carboidratos conhecidas como os polissacarídeos não-amiláceos, que incluem pectinas, celulose, hemiceluloses,  $\beta$ -glucanos e frutanos.

Segundo a metodologia analítica aprovada pela AOAC (1995), a fibra dietética é definida como a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e a absorção no intestino delgado de animais superiores e fermentadas completa ou parcialmente no intestino grosso (Prosky et al., 1985; Prosky et al., 1988).

Todavia, com a evolução das pesquisas, o conceito de fibra se modificou, passando a incluir em sua definição alguns tipos de oligossacarídeos e amido resistente (Goodlad & Englyst, 2001). Assim, de acordo com a nova definição, a fibra dietética é composta por um conjunto altamente heterogêneo de carboidratos estruturais e outros compostos resistentes à digestão enzimática nos animais superiores, sendo esses componentes encontrados principalmente na parede celular dos vegetais, na forma de polissacarídeos, como celulose, hemiceluloses e pectinas, frequentemente associados à proteína, compostos fenólicos e lignina (Bach Knudsen, 2001).

Os polissacarídeos constituintes da parede celular são as pentoses arabinose, xilose; as hexoses glicose, galactose e manose; as 6-deoxihexoses ramnose e fucose; e os ácidos urônico, glucurônico e galacturônico. A união desses polissacarídeos pode adotar uma grande variedade de formas tridimensionais e de estrutura de superfícies funcionais (McDougall et al., 1996). Além disso, os polissacarídeos não-amiláceos podem estar unidos à lignina e suberina, o que proporciona superfícies hidrofóbicas.

## **2.1. Carboidratos Constituintes da Fibra Dietética**

Dentre os carboidratos, os polissacarídeos não-amiláceos são os principais constituintes da parede celular dos vegetais. De acordo com Englyst (1989), os principais polissacarídeos não-amiláceos que constituem a fibra são celulose, arabinoxilanas,  $\beta$ -glucanas, xiloglucanas, ramnogalacturanas e arabinogalactanas.

Esses são representados por três grupos principais: celulose, insolúvel em água, álcool ou ácidos diluídos; polímeros não celulolíticos, que enquadram as hemiceluloses,



arabinoxilanas; ligações mistas de  $\beta$ -glucanos, mananos, galactanos, xiloglucanos e fructanas, que são parcialmente solúveis em água; e os polissacarídeos pécticos, que agrupam ácidos poligalacturônicos, arabinanos, galactanos e arabinogalactanos que são parcialmente solúveis em água (Choct, 1997). Assim, em função da solubilidade dos seus componentes, esses carboidratos podem ser fracionados em solúvel e insolúvel.

Os polissacarídeos não-amiláceos insolúveis, segundo Jeraci & Van Soest (1990), é composta pela celulose, hemiceluloses insolúveis, lignina, tanino e outros compostos minoritários, enquanto os polissacarídeos não-amiláceos solúveis são representados pelas hemiceluloses solúveis e substâncias pécticas (Van Soest et al., 1991).

Considerando os constituintes da fibra, a celulose é o principal polissacarídeo formador da parede celular das plantas e dos grãos, sendo composta de longas cadeias lineares de D-glicose unidas por ligações  $\beta$ -1,4, com alto grau de polimerização e elevado peso molecular, encontradas principalmente em sua forma cristalina, que confere a alta resistência ao rompimento de suas ligações por substâncias químicas (Giger-Reverdin, 1995).

As hemiceluloses compreendem uma gama heterogênea de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose (Van Soest, 1994). São representadas por polissacarídeos solúveis em álcali, principalmente, as arabinoxilanas ou pentosanas e as  $\beta$ -glucanas (Choct, 1997), podendo ser dividida em quatro subgrupos: as xilanas, as  $\beta$ -glucanas, xiloglucanas e as mananas (Goodwin & Mercer, 1988).

A solubilidade da hemicelulose é modificada em função da polimerização da lignina na sua estrutura. Nesse sentido Van Soest (1994) afirmou que estes polímeros, quando não ligados à lignina, podem ser parcialmente solúveis em água dependendo da sua composição química. Além disso, os animais monogástricos digerem relativamente melhor às hemiceluloses que a celulose, sendo que, Ferreira (1994) baseia a hipótese na sensibilidade das ligações arabinofuranosídicas à acidez gástrica, o que possivelmente expõe as xilanas à digestão intestinal.

Já as pectinas configuram-se como uma mistura complexa de polissacarídeos coloidais os quais podem ser parcialmente extraídos em água (Theander et al., 1989) e encontram-se associadas à parede celular das plantas. São constituídas por resíduos de

ácido galacturônico unidos linearmente por ligações  $\alpha$ -1,4 com inserções de arabinose, às vezes, galactanas nos extremos da cadeia.

De acordo com Ferreira (1994), as pectinas diferem do amido pela posição axial da ligação no carbono 4, não sendo assim atacadas pelas amilases endógenas. Contudo, a degradabilidade das pectinas pelas bactérias intestinais nos animais monogástricos é quase que completa, e entre os polissacarídeos da parede celular são as que possuem maior importância no processo de retenção de água (Eastwood, 1992).

Choct (1997) comentou que os grãos de milho e sorgo contêm pouca quantidade de polissacarídeos não-amiláceos solúveis, enquanto o trigo, centeio e triticale contem quantidades mais expressivas de polissacarídeos não-amiláceos solúveis e insolúveis, principalmente as arabinoxilanas.

Além dos polissacarídeos não-amiláceos a fração de amido não digerida, também pode ser enquadrada no grupo de carboidratos fibrosos. Segundo Goñi et al. (1996), a fração de amido não digerida caracteriza o amido resistente, que é definido como a soma de amidos e produtos de sua degradação, não absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis. Esta quantidade de amido indigestível nos cereais varia em função da relação entre amilose e amilopectina, da cristalinidade, grau de gelatinização e dos processos térmicos, usados no processamento dos grãos (Sambucetti & Zuleta, 1996; Goñi et al., 1996).

Já os oligossacarídeos, nas matérias primas de origem vegetal, fazem parte dos carboidratos não estruturais, são solúveis em água e são encontrados principalmente em sementes de cereais (Fennema, 1993). Em geral os oligossacarídeos como sacarose, maltose e lactose são hidrolisados por enzimas específicas e absorvidos na forma de monossacarídeos no intestino delgado de suínos. Porém, segundo Karr-Lilienthal et al. (2005) outros oligossacarídeos como rafinose e estaquiose não são digeridos e absorvidos por monogástricos, pois são formados por ligações  $\alpha$ -1,6 e necessitam da enzima  $\alpha$ -galactosidase, não produzida pelos suínos. Contudo, esses oligossacarídeos são susceptíveis a fermentação microbiana no ceco e cólon (Leblanc et al., 2004; Donkor et al., 2007).

De acordo com Karr-Lilienthal et al. (2005) e Brasil et al. (2009), efeitos como aumento da viscosidade da digesta, danos à parede intestinal, ocorrência de diarreia e flatulência são características de oligossacarídeos de dietas a base de subprodutos da

soja. No entanto, há alguns oligossacarídeos que agem diretamente no trato digestório, impedindo o estabelecimento de alguns microrganismos patogênicos, bem como induzindo melhorias na morfologia intestinal, uma vez que provocam um aumento na área de absorção e diminuição da renovação das células epiteliais (Houdijk et al., 1999).

Assim, tendo em vista as propriedades fisiológicas e funcionais no processo digestivo em animais monogástricos e do grande potencial de aplicação, alguns oligossacarídeos têm sido amplamente utilizados na alimentação animal como agentes imunomoduladores e prebióticos (Remaud-Simeon et al., 2000).

De modo geral, oligossacarídeos com ação prebiótica apresentam três respostas distintas: modulando beneficemente a microbiota nativa presente no hospedeiro; melhorando a estrutura histológica intestinal e o sistema imune; e como consequência direta das duas primeiras, otimizando o desempenho animal (Silva & Nörnberg, 2003).

As *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* são os principais microrganismos beneficiados pelos oligossacarídeos supracitados. Estas bactérias são conhecidas pela grande capacidade de produzirem ácidos láctico e acético, que promovem a diminuição do pH no sistema digestivo, inibindo o desenvolvimento das populações de bactérias nocivas, como *Escherichia coli*, *Clostridium* sp. e *Salmonella* sp., (Mathew et al., 1993), bem como, a formação de produtos tóxicos da fermentação, tais como amônia, amina e nitrosaminas (Flickinger et al., 2003).

Silva & Nörnberg (2003), sugerem ainda que oligossacarídeos como a estaquiiose, a galactana e os mananos, poderiam atuar diretamente inibindo a proliferação de populações de *E. coli* e *Salmonella* sp., no sistema digestório, uma vez que esses oligossacarídeos apresentam-se como concorrentes do sítio de ligação para essas bactérias, que originalmente deveriam aderir-se à superfície epitelial, por meio de glicoproteínas, como a lectinas. Assim essas bactérias passam a se ligar a um oligossacarídeo dietético, e não à mucosa intestinal, passando a digesta sem causar problemas digestivos aos animais.

### **3. Propriedades Físico-Químicas da Fibra Dietética**

De acordo com Chesson (1997), a propriedade química e estrutural de cada polímero definem as propriedades físico-químicas da fibra dietética e estas variam de

acordo com a composição da parede celular. A capacidade de troca de cátions e a capacidade de hidratação são propriedades físico-químicas relacionadas à fibra dietética mencionadas por Annison & Choct (1994).

A habilidade da parede celular em ligar-se a íons metálicos através de grupos situados em sua superfície pode exercer um grande poder tamponante, carregando-se de cátions em meio alcalino ou liberando-os quando o pH do meio diminui. Jeraci & Van Soest (1990) comentaram que os principais grupos funcionais capazes de exercer troca catiônica na parede celular incluem as carboxilas, aminas, hidroxilas alifáticas e fenólicas, presentes em maior quantidade nas pectinas, lignina e taninos.

Por sua vez, Annison & Choct (1994) comentam que a capacidade de hidratação depende da presença de grupos hidrofílicos, área de superfície das moléculas e dos espaços intracelulares, sendo que polissacarídeos fibrosos insolúveis, como a celulose e algumas xilanas, encontram-se ligados por pontes de hidrogênio formando nas estruturas moleculares espaços vazios que na presença da água são ocupados por líquido, apresentando assim propriedade adsortiva. Já os polissacarídeos solúveis, compostos por hemiceluloses solúveis,  $\beta$ -glucanos, arabinoxilanas e pectinas, possuem estruturas mais ramificadas com grande quantidade de grupos hidrofílicos, o que aumenta a superfície de contato e a capacidade de retenção de água (Annison & Choct, 1994).

Nesse contexto, a fibra dietética exerce vários efeitos metabólicos e fisiológicos no organismo animal. Todavia os efeitos são diferenciados em função da solubilidade em água das frações que a constituem, sendo ela classificada quanto em fibra insolúvel e a fibra solúvel.

De acordo com Warner (1981), o aumento dos teores de fibra insolúvel na dieta pode provocar aumento na taxa de passagem do alimento pelo trato gastrintestinal, podendo ser decorrente da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrintestinal, que tende a aumentar a motilidade e a taxa de passagem. Além disso, Warpechowski (1996) menciona que o aumento dos teores desta fração provoca também diluição da energia da dieta, levando ao incremento compensatório no consumo para que atinja os níveis energéticos exigidos para o crescimento, desenvolvimento e produção.

Já a fração solúvel da fibra na dieta está associado ao incremento na viscosidade da digesta, devido a sua capacidade de se ligar à água e formar géis, (Bedford & Classen, 1992), o que contribui para o retardamento do esvaziamento gástrico e do trânsito no intestino delgado (Wenk 2001) e com efeitos negativos sobre o desempenho animal (Annison, 1993), uma vez que o aumento da viscosidade atua como barreira física capaz de dificultar a ação de enzimas e sais biliares no bolo alimentar, reduzindo a digestão e absorção dos nutrientes. Em consequência da redução da taxa de esvaziamento gástrico, as frações solúveis tendem a promover maior sensação de saciedade do animal tendo assim reflexos no consumo voluntário.

Todavia, a fibra solúvel, em detrimento a fração insolúvel da fibra, é mais susceptível à fermentação bacteriana no intestino grosso. Dessa forma, durante sua passagem pelo trato gastrointestinal ocorre a formação dos ácidos graxos de cadeia curta, que contribuem como fonte de energia para o epitélio intestinal (Ferreira, 1994), reduzindo os níveis intestinais de amônia e outras substâncias tóxicas.

Outro efeito do incremento na concentração de ácidos graxos de cadeia curta a fibra solúvel é a propensão a reduzir o pH do cólon que tende a inibir o crescimento de muitos patógenos, tendo em vista que a maioria das populações de microrganismos patógenos se desenvolvem melhor em ambientes neutros ou ligeiramente alcalinos (Gibson & Wang, 1994), havendo uma correlação negativa entre pH e desenvolvimento de *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* (Wang & Gibson, 1993), além de proporcionar um efeito antidiarreico pelo aumento na reabsorção de sódio e água, bem como de ácido butírico.

A fibra solúvel também pode interagir com as células do epitélio intestinal, aumentando à taxa de renovação celular na mucosa intestinal, ou ainda aumentando a secreção enzimas digestivas e sais biliares, levando ao incremento na excreção de produtos de origem endógena (Refstie et al., 1999; Guillon & Champ, 2000). Porém, Jorgensen et al. (1996) consideram que a relação entre a fibra solúvel com o aproveitamento de nutrientes e excreção endógena está mais relacionada à origem e às características físico-químicas desta fração, do que da variação nos seus respectivos teores.

#### **4. Valor Energético da Fibra Dietética**

Parte da energia obtida dos alimentos fibrosos está disponível para os animais não ruminantes na forma de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), que são produtos finais da fermentação microbiana no intestino grosso, juntamente com os gases H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, ureia e calor. No intestino grosso, os ácidos graxos de cadeia curta são rapidamente absorvidos podendo ser utilizado como fonte energética pela mucosa intestinal.

Assim, os oligo e polissacarídeos resistentes à digestão na porção superior do trato gastrointestinal são degradadas a ácidos graxos de cadeia curta por meio do processo de fermentação no intestino grosso (Gomes et al, 1994). O aumento do teor de ácidos graxos de cadeia curta no intestino grosso, em decorrência da fermentação da fibra dietética da ração, contribui para o metabolismo energético, onde atua na proliferação celular do epitélio intestinal com significativo aumento da produção de muco protetor, altera a motilidade intestinal, estimula a liberação do muco intestinal, eleva o fluxo sanguíneo do colón e a taxa de renovação celular do epitélio (Brunsgaard, 1998).

##### **4.1. Vias de Fermentação**

Os polissacarídeos que compõem a fibra dietética não podem ser digeridos pelas enzimas endógenas dos animais monogástricos, uma vez que esses não apresentam mapas metabólicos de sínteses endógenas de enzimas que atuem em tal substrato. Porém, a fração da fibra dietética não digestível pode ser hidrolisada pelas bactérias intestinais que metabolizam os açúcares constituintes da fibra através de uma série reações anaeróbicas com produção de ATP que é utilizado no crescimento de bactérias e no metabolismo basal, conforme apresentada na Figura 1 (Macfarlane et al. 1995).

Com exceção das bifidobactérias, a maioria das bactérias anaeróbicas do intestino grosso utilizam a via glicolítica para degradar a glicose em piruvato na fermentação dos carboidratos, enquanto polissacarídeos como as pentoses e pectinas são metabolizados pela via das pentoses-fosfato (Prescott et al., 1996 e Macfarlane et al., 2003).

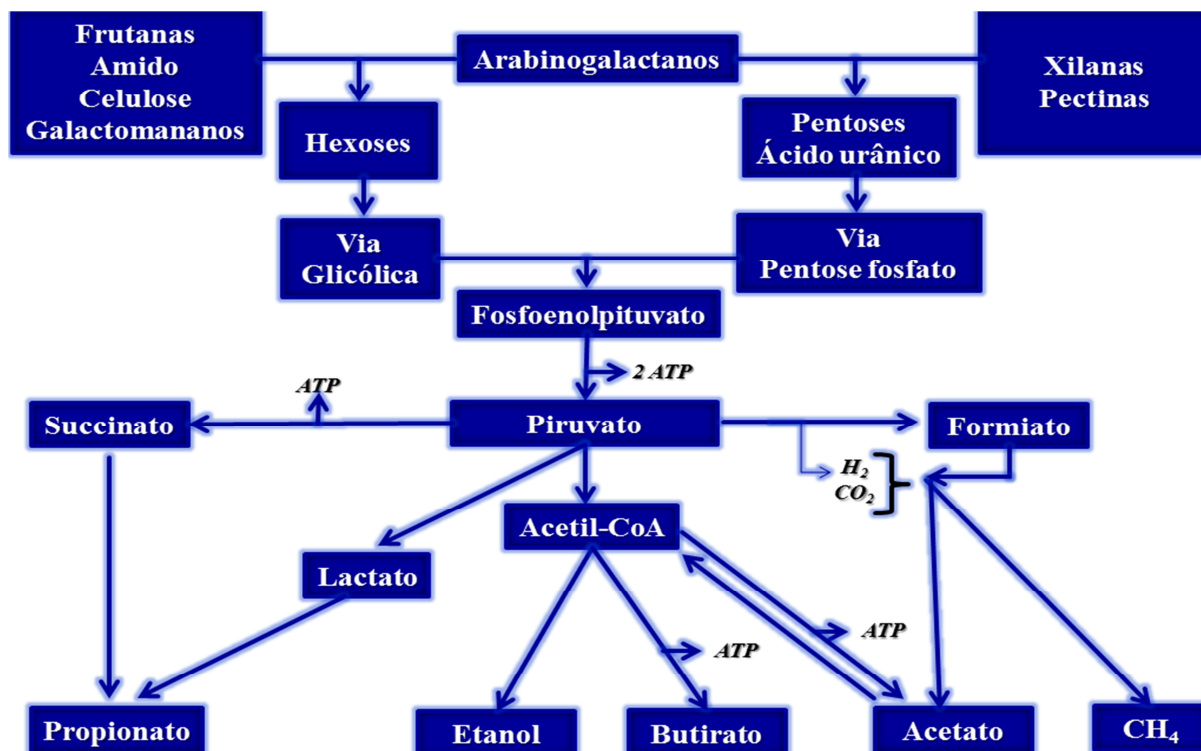
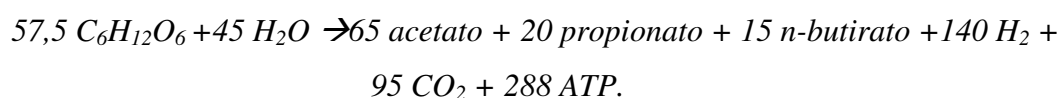


Figura 1 - Representação esquemática das vias de fermentação dos polissacarídeos no intestino de suínos (Macfarlane et al., 1995).

As etapas posteriores incluem metanogênese, acetogênese, acetogênese redutora, butirogênese a partir da acetil-CoA e propionogênese pela via acrilato ou a descarboxilação de succinato (Pryde et al., 2002).

Os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato) e gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  e  $\text{CH}_4$ ), são os principais produtos finais da fermentação intestinal, além de outros metabólitos, como lactato, succinato e etanol que são formados por diferentes tipos de bactérias (Drochner et al., 2004). Com exceção do etanol, estes produtos não se acumulam em um intestino saudável, porque servem como substrato e doadores de elétrons para as bactérias na alimentação cruzada e são posteriormente convertidos em ácidos graxos de cadeia curta (Macfarlane et al., 1995).

Williams et al. (2001) propõem a estequiometria geral, conforme equação abaixo:



De acordo com Williams et al. (2001), os valores e a proporção molar relativa dos ácidos graxos de cadeia curta são bastante variáveis, em função dos substratos como o farelo de trigo que apresenta baixos rendimentos, que pode ocorrer em virtude da fermentação incompleta ou pode significar que outros intermediários estão sendo formados.

Conforme a equação geral, hidrogênio é o principal ânion produzido durante a fermentação fibra dietética. Contudo Cummings (1997); Drochner et al, (2004) verificaram que o rendimento da fermentação da pectina foi de 80:12:8 (acetato: propionato: butirato), 63:22:8 para outros polissacarídeos não-amiláceos, 62:15:23 para amido resistente, que é bastante conhecido como um substrato butirogênico (Sajilata et al., 2006).

## **5. Aspectos Funcionais dos Carboidratos Constituintes da Fibra Dietética na Alimentação de Leitões Recém-Desmamados**

Apesar do seu impacto negativo sobre o desempenho de suínos, devido à redução na digestibilidade dos nutrientes e da energia (Stagonias & Pearce, 1985; Wenk, 1992; Noblet & Perez 1993; Wenk, 2001 Högberg & Lindberg; 2004a; Högberg & Lindberg, 2004b; Len et al., 2009a; Len et al., 2009b), nos últimos anos as pesquisas passaram a dar muita atenção à utilização de fibras na alimentação dos suínos, dadas as suas múltiplas funcionalidades (Bindelle et al., 2008).

Wilfart et al. (2007) comentam que os processos digestivos, como digestão, absorção, fermentação e trânsito gastrointestinal, dependem não só do local de digestão, mas do tipo e da quantidade de alimento fornecido. Nesse sentido Bach Knudsen (2001) considerou que fisiologicamente a resistência à degradação por enzimas endógenas dos carboidratos constituintes da fibra dietética, torna-os susceptíveis a degradação via fermentação microbiana.

Dessa forma a degradação da fibra dietética apresenta quatro ações distintas, influenciando a composição da microbiota intestinal, o crescimento das células epiteliais, a excreção de nitrogênio e a saúde intestinal dos animais, sendo que estas



ações dependem em grande parte, do grau de fermentação que a fibra sofre pelas bactérias do cólon (Edwards & Parrett, 2003).

Logo, como consequência da fermentação microbiana, os ácidos graxos de cadeia curta, principais metabólitos da degradação da fibra, são utilizados como fonte energia, influenciando a composição da flora microbiana e o crescimento das células epiteliais (Bindelle et al., 2008).

### **5.1. Influência da Fibra no Trânsito Digestivo**

A quantidade e a natureza dos carboidratos fibrosos incorporada nas dietas de suínos podem influenciar o tempo que os alimentos levam para percorrer o trato gastrointestinal, sendo necessário considerar os efeitos distintos de fibras solúveis e insolúveis.

No estômago, o trânsito digestivo é relativamente rápido, todavia, a presença de fibras solúveis provoca uma maior viscosidade do conteúdo (Rainbird & Sisons, 1985), o que proporciona uma maior sensação de saciedade, resultados da maior distensão da parede estomacal, conduzindo a redução da taxa de esvaziamento do estômago, consequentemente reduzindo a taxa de passagem do alimento no trato gastrointestinal (Bach Knudsen & Hansen, 1991; Wenk, 2001).

Nesse sentido, Drochner et al. (2004), mencionaram que a quantidade elevada de fibra solúvel na dieta pode promover o aumento do tempo de trânsito do alimento no trato digestivo, uma vez que a essa fração tem potencial de reduzir o pH do estômago, atrasando a chegada da digesta no duodeno, além de aumentar a viscosidade, que resulta na redução da taxa de passagem.

Por outro lado, Waitzberg (2004) comentou que as fibras insolúveis, constituídas principalmente por celulose, lignina e hemicelulose insolúveis, permanecem praticamente intactas ao longo do trato gastrointestinal, com baixo potencial de fermentação, formando misturas de baixa viscosidade, sendo a ação mecânica seu principal efeito no trato gastrointestinal, estimulando o peristaltismo e acelerando o trânsito intestinal, resultando no aumentando da massa fecal, na consistência das fezes e na frequência da evacuação (Cukier et al., 2005).

Jorgensen et al. (1996) relataram um aumento de 5 a 6 vezes no fluxo de digesta no íleo terminal de suínos alimentados com dietas com elevado teor de fibra. Posteriormente Wenk (2001) afirmou que um alto conteúdo de fibra da digesta aumenta a ação peristáltica e, portanto, reduz o tempo de trânsito no intestino delgado e grosso.

Dessa forma Wilfart et al. (2007), verificaram que a adição de fibra insolúvel atua mecanicamente diminuindo o tempo médio de retenção de alimentos no trato digestório. Por sua vez, Freire et al. (2000), ao avaliarem diferentes fontes de fibra em dietas de leitões desmamados, observaram redução no tempo de trânsito nos animais alimentados com dietas contendo fonte de fibra rica em fibras insolúveis.

## **5.2. Influência da Fibra nas Secreções Digestivas**

Alguns estudos têm mostrado que a natureza da fibra adicionada às dietas podem influenciar as secreções digestivas dos suínos. Em geral os resultados indicam que as frações solúveis da fibra tendem a incrementar as secreções digestivas, o que pode significar um acréscimo de esforço metabólico para o animal (Wenk et al., 2001), enquanto que os componentes insolúveis da fibra tem efeito contrário.

Kvasnitskii (1951) mostrou que o aumento das quantidades de polissacarídeos não-amiláceos em dietas para suínos resultou no incremento da secreção salivar. Já Jensen et al. (1978) comentaram que a capacidade de retenção de água e a viscosidade, juntamente com o estímulo da secretina, possam estar envolvidas num aumento de secreções pancreáticas.

Por outro lado Sambrook (1981), ao comparar o efeito da celulose com única fonte fibra e outra dieta rica em cevada e com outros alimentos fibrosos, observaram que a inclusão da celulose resultou em níveis menores de secreções gástricas, pancreáticas e biliares.

## **5.3. Influência da Fibra na Digestibilidade dos Nutrientes**

Em geral, a digestibilidade aparente dos carboidratos componentes da fibra variam em decorrência da fonte de fibra utilizada, uma vez que estas podem apresentar

composições e propriedades físico-químicas diferentes. Stagonias & Pearce (1985) relataram que os componentes fibrosos das sementes de leguminosas são, em geral, de mais fácil digestão do que os de grãos dos cereais.

Além disso, diversos trabalhos já mostraram que inclusão de frações fibrosas nas rações de suínos resulta na redução da digestibilidade dos nutrientes e da energia das dietas (Stagonias & Pearce, 1985; Wenk, 1992; Noblet & Perez, 1993; Wenk, 2001; Högberg & Lindberg, 2004a; Högberg & Lindberg, 2004b; Len et al., 2009a; Len et al., 2009b).

De acordo com Stagonias & Pearce (1985) e Freire et al. (1998), teores elevados de polissacarídeos não-amiláceos afetam negativamente a digestibilidade aparente da matéria seca e da energia. Wilfart et al. (2007) explicam que tal diminuição ocorre devido o aumento da secreção endógena e pela diminuição da hidrólise e absorção de nutrientes, ou por ambos os fenômenos.

A presença de carboidratos fibrosos solúveis é caracterizada pela alta capacidade de retenção de água, que atua na formação de géis, elevando a viscosidade do conteúdo intestinal, resultando no comprometimento do movimento e mistura das enzimas digestivas com o bolo alimentar, além do incremento na maior produção de muco (Mosenthin et al., 1999). Com isso a taxa de hidrólise e difusão dos componentes solubilizados na superfície da mucosa é reduzida (Wenk, 2001), influenciando negativamente a digestibilidade aparente dos nutrientes, bem como da energia.

De acordo Mosenthin et al. (1999) e Wenk, (2001) um aumento do nível de fibra na dieta tem maior consequência na digestibilidade dos componentes não fibrosos do que na digestibilidade dos componentes fibrosos, podendo esta depender do tempo e da extensão da ação das enzimas microbianas.

Em geral, o aumento do teor de fibras insolúveis reduz o tempo de fermentação no ceco e cólon, enquanto o contrário tende a acontecer com as fibras solúveis caracterizadas, pela maior susceptibilidade a hidrólise microbiana.

Jørgensen et al. (1996) comentaram que a redução da digestibilidade em função da inclusão de fibra insolúvel é resultado do aumento da ação peristáltica e do menor tempo de trânsito no intestino delgado e grosso, com conseqüente redução do tempo de exposição à ação hidrolítica microbiana.

Associado a isso, Bach Knudsen et al. (2000) encontraram também reduções na absorção de ácido láctico e dos ácidos graxos de cadeia curta de animais alimentados com dietas enriquecidas em fibra insolúveis. Por sua vez, Huang et al. (2001) verificaram redução na absorção de aminoácidos.

Freire et al. (2000), concluíram que as variações de digestibilidade entre as várias fontes de componente da paredes celular pode ser devidas às diferentes quantidades de lignina, visto que esta não é degradada pelos suínos e faz diminuir a digestibilidade fecal aparente. Além disso, Freire et al. (2000), comentaram que a hemicelulose é cerca de 30 a 60% mais digestível do que a celulose, dependendo da fonte.

Outro efeito de altas concentrações de fibra na dieta é a redução da digestibilidade fecal aparente da proteína bruta. Mroz et al. (1996) explicam que tais resultados são decorrente do crescimento microbiano estimulado pela fermentação intestinal da fibra, que é responsável por aumentar a excreção fecal de nitrogênio e, conseqüentemente, diminuir a digestibilidade fecal aparente da proteína.

Em outros estudos, Shi & Noblet (1993); Piva et al. (1996); Awati et al. (2006), ao avaliarem os efeitos de fontes de polissacarídeos fibrosos fermentáveis em dietas para leitões, evidenciaram que ingredientes como a polpa de beterraba, casca de soja e casca de cevada, bem como a fração de amido resistente, podem agir controlando o excesso de fermentação microbiana sobre a proteína no intestino grosso, com redução na concentração excreção de nitrogênio na forma de amônia.

Por fim, a fibra dietética insolúvel exerce ação mecânica na superfície da mucosa promovem a maior perda células epiteliais, induzindo ao aumento da síntese e migração das células epiteliais, e influenciam negativamente a digestibilidade aparente da proteína.

#### **5.4. Influência da Fibra na Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta**

Conforme mencionado anteriormente, a fibra dietética, representada pelos oligo e polissacarídeos não digeridos pelas ações da amilase salivar, do suco gástrico e pela ação enzimática das secreções intestinais, ficam disponíveis para hidrólise e metabolismo bacteriano no intestino grosso, principalmente nas porções do ceco e

colón. Dentre os metabólitos produzidos, os ácidos acético, butírico e propiônico são os principais responsáveis pelos efeitos benéficos à saúde dos leitões, uma vez que são rapidamente absorvidos pelo epitélio intestinal, configurando-se como fonte de energia útil na manutenção das estruturas e funções da mucosa, bem como, pelo efeito sobre o pH intestinal, que tende a inibir o crescimento das populações de microrganismos patogênicos (Gibson & Roberfroid, 1995; Schley & Field, 2002).

Contudo várias pesquisas tem evidenciado que a fermentação da fibra dietética varia em função da fonte utilizada, sendo que as fontes de fibra solúveis são mais propensas à fermentação do que as fontes ricas carboidratos fibrosos insolúveis.

Nesse sentido, Freire et al. (2000), ao avaliarem o perfil de ácidos graxos de cadeia curta nas fezes de leitões alimentados com diferentes fontes de fibra (farelo de trigo, polpa de beterraba, casca de soja e farelo de alfafa), verificaram que a inclusão da casca de soja aumentou a concentração de ácido acético, enquanto que a do farelo de trigo aumentou a de butirato.

Por outro lado, Ma et al. (2002) verificaram que a concentração de ácidos acético, propiônico, butírico e totais no conteúdo cecal de leitões alimentados com a dieta contendo 5% de farelo de trigo foi maior do que nos animais alimentados com dieta controle e com dieta contendo 5% polpa de beterraba.

Awaiti et al. (2006), ao comparar o efeito de uma dieta com baixo teor de fibra solúvel com outra rica em fibra solúvel, cuja fonte foi à polpa de beterraba, em leitões desmamados, verificaram que a dieta com alto teor de fibra promoveu o aumento nas concentrações de acetato, propionato, butirato, bem como no total de ácidos graxos nos conteúdos do intestino delgado, ceco e colón.

Schiavon et al. (2004), ao testar a inclusão de 12% de polpa de beterraba em dietas de leitões desmamados, verificaram que a inclusão da fonte de fibra resultou em mudanças benéficas na flora microbiana em função da maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta, bem como ausência de diarreias.

Högberg & Lindberg, (2004a) avaliando dietas para leitões desmamados, com baixa e alta inclusão fontes de fibra, ricas em polissacarídeos não amiláceos insolúveis, verificaram que as dietas com altos níveis de fibra proporcionaram incrementos nas concentrações dos ácidos propiônico e butírico no íleo.

Por sua vez, Hanczakowska et al. (2008) testando níveis de suplementação de da celulose pura na dieta dos leitões desmamados, verificaram que a adição de fibra resultou em menor ocorrência de diarreia, bem como no menor número de *E. coli* e *Clostridium* na digesta do intestino delgado e do ceco de leitões, além de maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta em relação à dieta controle.

Molist et al. (2009) em ensaios com leitões desmamado alimentados com rações contendo farelo de trigo, a polpa de beterraba e a mistura desses dois ingredientes em rações, verificaram que a inclusão do farelos de trigo aumentou a concentração de ácido butírico.

Segundo Buraczewska et al. (1988), o grau de fermentação da fibra em detergente neutro no intestino delgado de suínos varia entre 10 a 32 %, dependendo da fonte de fibra.

De acordo do Bach Knudsen (2001) e Schavion et al. (2004), para que o perfil de ácidos graxos seja alterado é necessárias quantidades significativas de substrato para que haja modificações eficientes na microbiota intestinal. Além disso, Englyst et al. (1987), comentaram que proporções de ácidos graxos de cadeia curta variam de acordo com as características da fibra, com a atividade microbiana e com a duração do trânsito digestivo. Bach Knudsen (2001), por sua vez, relatou que as fibras solúveis tendem a ser altamente fermentáveis, enquanto que a fibra insolúvel pode aumentar a capacidade de retenção de água e proporcionar um substrato que é lentamente fermentado pela microflora no intestino distal (Freire et al., 2000).

Já Wang et al. (2004) e Bach Knudsen et al. (2005), relatam que um aumento da concentração de butirato pode ocorrer em função da fermentação microbiana de arabinoxilanas, podendo também ser estimulado pelo amido resistente. Por fim, Bach Knudsen et al. (2005) comenta que a produção de acetato é estimulada pela fermentação da celulose.

## **5.5. Efeito da Fibra Dietética sobre a Morfologia Intestinal**

As propriedades físicas da fibra ao interagir com a microflora e com a mucosa do trato gastrointestinal fazem com que esta tenha um importante papel na morfologia intestinal, e consequente na absorção de nutrientes e na saúde intestinal dos leitões.

Estudos demonstraram a influência do incremento da fibra dietética na morfologia intestinal e na taxa de renovação das células da mucosa. Jin et al. (1994) ao avaliarem dietas com alto e baixo teor de fibra constataram que o incremento de fibra promoveu um aumento da largura das vilosidades, bem como um aumento da renovação das células da mucosa intestinal.

Hedeman et al. (2006), estudando o efeito da pectina purificada e casca de cevada em diferentes concentrações nas dietas para leitões desmamados, verificaram que o incremento fontes de fibra solúvel em dietas para leitões pode causar um aumento da taxa de perda de células nas vilosidades, e conseqüentemente atrofia das mesmas, enquanto que o maior nível de fibra insolúvel resultou em melhoria na morfologia intestinal e aumento da atividade enzimática dos animais.

Por outro lado, McDonalld et al. (2001) avaliando o efeito de uma fibra sintética solúvel e pouco viscosa (carboximetilcelulose), encontraram aumento na altura de vilosidades e na produção de muco. Da mesma forma que Montagne et al. (2003) apontou que fibra dietética promove uma maior produção de mucina no intestino grosso.

Hanczakowska et al. (2008) testando níveis de suplementação de da celulose pura na dieta dos leitões desmamados, verificaram que a adição de fibra resultou na melhora da relação entre a altura de vilosidade e profundidade de cripta em relação à dieta controle.

Pluske et al. (2001) comentaram altos teores de fibra dietética resultam na estimulação mecânica provocada pela maior atividade intestinal no sentido de misturar, modelar, movimentar e excretar grandes volumes de resíduos não digeridos, com efeito direto na divisão celular da mucosa intestinal, intensificando a atividade mitótica e a taxa de renovação de celular, fazendo que as células sejam substituídas antes de atingirem a maturação, comprometendo o seu bom funcionamento.

A intensificação da atividade mitótica em vista de suprir a perda de células mucosa intestinal pela maior descamação ocasionado pelo acréscimo de fibra, especialmente insolúvel, podem ainda significar um maior esforço metabólico para o animal, redirecionando parte da energia da produção para a manutenção da integridade da mucosa.

Por outro lado, Bach Knudsen et al. (2008) explica que a maior taxa de proliferação das células das criptas pode ser efeito do suprimento energético do butirato, uma vez que este não atua exclusivamente no cólon, podendo estimular o crescimento e a proliferação celular no intestino delgado.

## **5.6. Efeito na Microflora Intestinal e Controle da Ocorrência de Diarreias**

Como mencionado anteriormente os carboidratos constituintes da fibra dietética tem potencial para alterar a composição e/ou o balanço dos microrganismos no lúmen ou na mucosa intestinal, aumentando nomeadamente as bactérias do género Bifidobacteria e Lactobacilli, em detrimento dos Bacteroides, Clostridia, Eubacteria, Enterobacteria e Enterococci (Macfarlane et al., 2006).

Segundo Macfarlane et al. (2006) os géneros Bifidobacterium e Lactobacillus não contêm espécies patogênicas e são as bactérias que primariamente fermentam os carboidratos e a estes são atribuídas propriedades benéficas a saúde do hospedeiro como a produção de ácidos graxos de cadeia curta, imuno-estimulação e efeitos inibitórios no crescimento de patogênicos (Gibson e Roberfroid, 1995).

Miguel & Pettigrew, (2005) consideraram que o Lactobacilli tem uma relação simbiótica com o hospedeiro e que as Bifidobacteria são fundamentais para a fermentação dos elementos não digestíveis das dietas. Estas bactérias são conhecidas pela grande capacidade de produzirem ácidos láctico e acético, que promovem a diminuição do pH no sistema digestivo, inibindo o desenvolvimento das populações de bactérias nocivas, como *Escherichia coli*, *Clostridium* sp. e *Salmonella* sp., (Mathew et al., 1993), bem como, a formação de produtos tóxicos da fermentação, tais como amônia, aminas e nitrosaminas (Flickinger et al., 2003). Contudo, os carboidratos não digestíveis com ação prebiótica não são inteiramente específicos e outros microrganismos podem ser estimulados através do seu uso (Roberfroid, 2007), nomeadamente, muitos grupos sacarolíticos (Macfarlane et al., 2006).

Os polissacarídeos não-amiláceos têm um grande efeito na microflora do ceco e cólon, enquanto que o amido é um importante substrato energético para a fermentação microbiana (Pluske, 2001). Especialmente a população de Bifidobacteria aumenta muito



após a inclusão de oligossacarídeos não digestíveis (Gibson & Roberfroid, 1995). Segundo Macfarlane et al. (2006), a oligofrutose, galacto-oligossacarídeos e lactulose aumentaram claramente as Bifidobacteria e Lactobacilli no intestino grosso. Além disso, a produção dos ácidos láctico e acético é resultante da ação metabólica das Bifidobacterias e Lactobacillus, já o butirato provém de outros microrganismos (Macfarlane et al., 2007).

Macfarlane et al. (2006) afirmaram que alguns carboidratos não digestíveis, com ação prebiótica, são benéficos para a saúde intestinal em decorrência da prevenção de diarreia.

Mul & Perry (1994) constataram reduções na ocorrência de diarreias de leitões alimentados com dietas suplementadas com oligossacarídeos. Mikkelsen et al. (2003) relataram que a ação hidrolítica dos microrganismos no trato gastrointestinal dos leitões sobre os oligo e polissacarídeos resistentes à digestão conduzem ao incremento na produção de ácidos graxos de cadeia curta que aliado à redução do pH, podem prevenir o estabelecimento da *Escherichia coli*, que em uma microbiota desequilibrada pode resultar no quadro patológico de diarreia pós-desmame.

Neste contexto, Jin et al. (2000) afirmaram que a maior produção de butirato promove a colonização intestinal por *Lactobacillus* em detrimento da *Escherichia coli*. Além disso, Roediger & Moore (1981) pontuaram que maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta no intestino grosso estimula as reabsorções de água e sódio, diminuindo o risco de diarreia.

Em geral os carboidratos não digestíveis com ação prebiótica vão beneficiar as *Bifidobacterias* e os *Lactobacillus*, microrganismos que desempenham um importante papel sobre a saúde dos leitões, aumentando de resistência a infecções e diarreias, bem como pela estimulação do sistema imunitário, controle, via exclusão competitiva, da população *Clostridium* e *Enterobacteria* potencialmente perigosas (Bartosch et al., 2005).

Todavia os resultados obtidos por Houdjik et al. (1998) e Mikkelsen et al. (2003), estudando os efeitos da suplementação de rações para leitões com prebióticos, são controversos por não encontrarem diferenças significativas na consistência das fezes, enquanto que Oli et al. (1998) e Macfarlane et al. (2007) indicaram que altas

quantidades de prebióticos levam à formação excessiva de hidrogênio (H<sub>2</sub>) e a ocorrência de diarreia osmótica.

Além da ação prebiótica dos carboidratos fibrosos, outras pesquisas têm indicado efeitos benéficos sobre ocorrência de diarreia em leitões no pós-desmame em decorrência da inclusão de fontes de fibra insolúvel nas dietas.

Avaliando a inclusão de ingrediente fibrosos em dietas para leitões, Mateos et al. (2006) e Kim et al. (2008) concluíram que a adição de fontes de fibra insolúvel reduz ocorrência diarreia no pós desmame. De acordo com Schley & Field, (2002); Yin et al. (2004) a inclusão de fibra insolúvel pode limitar a aderência de bactérias patogênicas, imobilizando ou reduzindo a sua capacidade para permanecer no trato gastrointestinal, garantido assim a manutenção da integridade da barreira da mucosa intestinal, além de promover a maior excreção desses microrganismos junto o quimo, em decorrência do aumento da motilidade e da maior taxa de passagem, resultando na menor ocorrência de diarreia.

Resultados similares foram encontrados por Hanczakowska et al. (2008) que ao avaliarem a suplementação de níveis de da celulose pura na dieta dos leitões desmamados, verificaram que a adição de fibra resultou em menor ocorrência de diarreia, bem como no menor número de *E. coli* e *Clostridium* na digesta do intestino delgado e do ceco de leitões.

Muito embora a fermentação de fibra insolúvel seja menor do que a fibra solúvel, esta também promove a produção de ácidos graxos de cadeia curta (Högberg & Lindberg, 2006; Reilly et al., 2010), que agem promovendo a integridade dos tecidos intestinais e a reabsorção de água e sódio.

Por outro lado, quantidades significativas de carboidratos fibrosos solúveis tendem a potencializar a ocorrência de diarreias em leitões recém-desmamados (McDonald et al., 1999; McDonald et al., 2001; Montagne et al., 2004), sendo o efeito prejudicial relacionado com a capacidade de fermentação e a viscosidade que tem a causar danos para a mucosa intestinal. Os resultados encontrados concordam com os de Pluske et al. (1998), Pascoal et al. (2012), que ao testarem fontes de fibra em dietas para leitões, comentam que o uso de fibra solúvel em rações para leitões causou uma maior ocorrência de diarreia.

## 6. Considerações Finais

Conforme demonstrado nesta revisão é necessário conhecer as propriedades físico-químicas das fontes de fibra dietética e seus possíveis efeitos nos processos digestivos, pois a adição adequada de fibra dietética pode favorecer a saúde intestinal e a obtenção de efeitos positivos sobre o desempenho do animal.

Ficou evidente que poucos estudos foram realizados avaliando níveis de fibra da dieta para leitões desmamados, sendo necessário a ampliar as pesquisas visando determinar o nível de fibra da ração que pode reduzir os transtornos digestivos e maximizar a produtividade dos leitões nessa fase.

## 7. Referências Bibliográficas

ANNISON, G. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. **Australian Journal of Agricultural Research**. Victoria. 44, 405-422. 1993.

ANNISON, G.; CHOCT, M. **Plant polysaccharides – their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals**. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994, Nottingham. Proceedings... Nottingham: University Press, p. 51-56, 1994.

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

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.

BACH KNUDSEN KE; HANSEN I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions 1. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. **British Journal of Nutrition**. 65, 217–232. 1991.

BACH KNUDSEN, K.E.; JØRGENSEN H.; CANIBE, N. Quantification of the absorption of nutrients derived from carbohydrate assimilation: model experiment with catheterized pigs fed on wheat- or oat-based rolls. **British Journal of Nutrition**. 84, 449-458. 2000.

BACH KNUDSEN, K.E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 3-20, 2001.

BACH KNUDSEN, K.E.; SERENA, A. KJAER, A.K.; JØRGENSEN, H., ENGBERG, R. Rye bread enhances the production and plasma concentration of butyrate but not the plasma concentrations of glucose and insulin in pigs. **Journal of Nutrition**. 135, 1696-1704. 2005.

BACH KNUDSEN, K.E.; LAERRE, H.N.; HEDEMANN, M.S. **The role of fibre in piglet gut health**. In: Gut efficiency: the key ingredient in pig and poultry production - Elevating animal performance and health, Eds: J.A. Taylor-Pickard, P. Sprins., Wageningen Acadm. Publishers, 65-94, 2008.

BARTOSCH, S.; WOODMANSEY, E. J.; PATERSON, J. C.; MCMURDO, M. E.; MACFARLANE, G. T. 2005. Microbiological effects of consuming a synbiotic containing *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium lactis* and oligofructose in elderly persons determined by real-time polymerase chain reaction and counting of viable bacteria. **Clinical Infectious Diseases**. 40, 28-37

BASERGA, R. 1985. **The Biology of Cell Reproduction**. Harvard University Press, Cambridge, M.A. 46p.

BEDFORD, M. R.; CLASSEN, H. L. An in vitro assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye-based diets in the presence of exogenous enzymes. **Poultry Science**. Champaign, 72, 137-143.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; MORES, N. 2000. Efeito de diferentes fontes proteicas sobre desempenho, composição corporal e morfologia intestinal de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa. 29, 1735-1742.

BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. 2008. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**. 12, 69-80.

BLANCHARD, P. 1992. **Less buffering, more enzymes and organic acids**. [S.1]: Feed Mix, 2000.

BOUDRY, G.; PERON, V.; LE HUEROU-LURON, I.; LALLES, J.P.; SÈVE, B. 2004. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. **Journal of Nutrition** 134, 2256-2262.

BRASIL, A. P. R.; REZENDE, S. T.; PELÚZIO, M. C. G.; GUIMARÃES, V. M. 2009. Removal of oligosaccharides in soybean flour and nutritional effects in rats. **Food Chemistry**. Amsterdam. 118, 251-255.

BRUNSGAARD, G. 1998. Effects of cereal type and feed particle size on morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and lectin binding patterns in the large intestine of pigs. **Journal of Animal Science**. 76, 2787-2798

BURACZEWSKA, L.; SCHULZ, E.; GDALA, J.;GRALA. W. 1988. **Ileal and total digestibility of NDF and ADF of different feedstuffs in the pig.** In: BURACZEWSKA L.; BURACZEWSKI S.; PASTUCZEWSKA B.; ZEBROWSKA T. (ed.) Digestive Physiology in the Pig. Jablonna, Poland. Proc. 4th Int. Seminar. Institute of Animal Physiology and Nutrition. p. 224-228.

CAVALCANTI, M. L. F. 1989. Fibras alimentares. **Revista de Nutrição**, PUCCAMP, Campinas, 2, 88-97.

CHESSON, A. 1997, **Plant degradation by ruminants: parallels with litter decomposition in soils.** In: CADISCH, G.; GILLER, K.E. Driven by nature: plant litter quality and decomposition, London: Unwin Hyman. 47-66.

CHOCT, M. 1997. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International June Issue.** 13-26.

CUKIER, C.; MAGNONI, D.; ALVAREZ, T. **Nutrição baseada na fisiologia dos órgãos e sistemas.** São Paulo: Sarvier, 2005.

CUMMINGS, J.; ROBERFROID, M.; ANDERSSON, H.; BARTH, C.; FERRO-LUZZI, A.; GHOOS, Y.; GIBNEY, M.; HERMANSSEN, K.; JAMES, W.; KORVER, O.; LAIRON, D.; PASCAL, G.; VORAGEN. A. 1997, A new look at dietary carbohydrate: Chemistry, physiology and health, **European Journal of Clinical Nutrition.** 51,417-423

DONKOR, O. N.; HENRIKSSON, A.; VASILJEVIC, T.; SHAH, N. P. 2007 Galactosidase and proteolytic activities of selected probiotic and dairy cultures in fermented soymilk. **Food Chemistry.** Amsterdam.104, 10-20.

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

EASTOOD, M.A. 1992. The physiological effect of dietary fiber: an update. **Annual Review Nutrition.** 12, 19-35.

EDWARDS, C.A.; PARRETT, A.M. 2003 Dietary fibre in infancy and childhood. **Proceedures of the Nutrition Society.** 62, 17-23.

ENGLYST, H.N.; SHAY, G.T.; MACFARLANE, S. 1987. **Polysaccharide breakdown by mixed populations of human faecal bacteria.** FEMS microbiology ecology. 95, 163-171.

ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. 1989. **Animal Feed Science and Technology.** Amsterdam. 23, 27-42.

FENNEMA, O. R. 1993. **Química de los alimentos.** Editorial Acribia, S.A, Zaragoza, 2, 1095.

FREIRE, J.P.B.; PEINIAU, J.; CUNHA, L.F.; ALMEIDA, J.A.A.; AUMATRE, A.. 1998. Comparative effects of dietary fat and fibre in Alentejano and Large White piglets: digestibility, digestive enzymes and metabolic data. **Livestock Production Science**. 53: 37-47

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

FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. 85-113.

FLICKINGER, E.A.; VAN LOO, J.; FAHEY JR, G.C.. 2003. Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. 43, 19-60.

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

GIGER-REVERDIN, S. 1995. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. 55, 295-334.

GOMES, B.V.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A. 1994. Estudo das características físico-químicas de fenos de palhas. Efeito sobre a degradabilidade “in situ” da matéria seca, proteína bruta e fibra detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 23, 292-304.

GOÑI, I.; GARCÍA-DIZ, L.; MAÑAS<sup>B</sup>, E.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, v.56, p.445-449, 1996.

GOODLAD, R.A.; ENGLYST, H.N. **Redefining dietary fibre: potentially a recipe for disaster**. *Lancet*. 2001;358(9296):1833-4.

GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to Plant biochemistry**. 2.ed. Aberystwyth: Pergamon Press, 1988. 677p.

GUILLOIN, F.; CHAMP, M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**. Ontario. 33, 233-245.

HAMPSON, D.J. Alterations of piglet small intestine structure at weaning. **Research in Veterinary Science**. 1986, 40, 32-40.

- HANCZAKOWSKA, E.; SWIATKIEWICZ, M.; BIALECKA, A. 2008. Pure cellulose as feed supplement for piglets. **Medycyna Wet.** 64, 45-48.
- HEDEMANN, M.S.; ESKILDSEN, M.; LARKE, H.N.; PEDERSEN, C.; LINDBERG, J.E.; LAURINEN, P.; BACH KNUDSEN, K.E. 2006. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal Animal Science.** 84, 1375-1386.
- HÖGBERG, A.; LINDBERG, J.E. 2004a. Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology.** 116, 113-128.
- HÖGBERG, A.; LINDBERG, J.E. 2004b. Influence of cereal non-starch polysaccharides on digestion site and gut environment in growing pigs. **Livestock Production Science.** 87, 121-130.
- HÖGBERG, A.; LINDBERG, J.E. 2006. The effect of level and type of cereal non-starch polysaccharides on the performance, nutrient utilization and gut environment of pigs around weaning. **Animal Feed Science and Technology.** 127, 200-219.
- HOUDIJK, J.G.M.; BOSH, M.W.; TAMMINGA, S. Apparent ileal and total-tract nutrient digestion by pigs as affected by dietary non digestible oligosaccharides. **Journal Animal Science.** 1999. 77, 148-158,
- HUANG, S.X.; SAUER, W.C.; MARTY, B. 2001. Ileal digestibilities of neutral detergent fiber, crude protein, and amino acids associated with neutral detergent fiber in wheat shorts for growing pigs. **Journal of Animal Science.** 79, 2388-2396.
- JENSEN, S.L., FAHRENKRUS, J., HOLTS, J.J., NIELSEN, O.V., SHAFTALITZTTY, M.B. 1978. Secretory effect of V.I.P. on isolated perfused porcine pancreas. **Animal Journal Physiology,** 235, 387-391.
- JERACI, J.L.; VAN SOEST, P.J. 1990. **Improve methods for analysis and biological characterization of fiber.** Advances in experimental Medicine an Biology. New York, 270, 245-263.
- JIN, L.; REYNOLDS, L.P.; REDMER, D.A.; CATON, J.S.; CRENSHAW, J.D. 1994. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. **Journal Animal Science.** 72, 2270–2278.
- JIN, L.Z.; MARQUARDT, R.R.; BAIDOO, S.K. Inhibition of enterotoxigenic Escherichia coli K88, K99 and 987P by the Lactobacillus isolates from porcine intestine. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** Sussex, v.80, n.5, p.619-624, 2000.

JØRGENSEN, H.; ZHAO X.; BACH KNUDSEN, K.E. 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**. 75, 379-395.

JUNQUEIRA, O.M.; SILZ, L.Z.T.; ARAÚJO, L.F.; PEREIRA, A.A.; LAURENTIZ, A.C.; FILARDI, R.S. 2008. Avaliação de níveis e fontes de proteína na alimentação de leitões na fase inicial de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37, 1622-1627.

KARR-LILIENTHAL, L.K.; KADZERE, C.T.; GRIESHOP, C.M.; FAHEY JR, G.C. 2005. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to non ruminants: a review. **Livestock Production Science**. Amsterdam. 97, 1-12.

KIM, J.C.; MULLAN, B.P.; HAMPSON, D.J.; PLUSKE, J.R. 2008. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. **British Journal of Nutrition**. 99, 1217–1225.

KVASNITSKII, A.V. 1951. Problems of Digestive Physiology in Pigs. Moscow.

LALLES, J.; BOUDRY, G.; FAVIER, C.; LEFLOC, N.; LURON, I.; MONTAGNE, L.; OSWALD, I.P.; PIÉ, S.; PIEL, C.; SÈVE, B. 2004. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. **Animal Research**. 53,301-316.

LALLES, J. 2010. Intestinal alkaline phosphatase: multiple biological roles in maintenance of intestinal homeostasis and modulation by diet. *Nutrition Reviews*. 68,323-332.

LE DIVIDICH, J.; SÈVE, B. 2000. Effects of underfeeding during the weaning period on growth metabolism, and hormonal adjustments in the piglet. **Domestic Animal Endocrinology**. 19, 63-74.

LEBLANC, J.G.; GARRO, M.S.; SILVESTRONI, A.; CONNES, C.; PIARD, J.C.; SESMA, F. 2004. Reduction of  $\alpha$ -galactooligosaccharides in soyamilk by *Lactobacillus fermentum* CRL 722: In vitro and in vivo evaluation of fermented soyamilk. **Journal of Applied Microbiology**. Hoboken. 97, 876-881.

LEN, N.T.; HONG, T.T.T.; OGLE, B.; LINDBERG, J.E. 2009a. Comparison of total tract digestibility, development of visceral organs and digestive tract of Mong cai and Yorkshire  $\times$  Landrace piglets fed diets with different fibre sources. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. 93, 181-191.

LEN, N.T.; NGOC, T.B.; OGLE, B.; LINDBERG, J.E. 2009b. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace  $\times$  Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. **Livestock Science**. 126, 73-79.



- LEPINE, A.J. MAHAN D.C.; CHUNG Y.K.. 1991. Growth performance of weanling pigs fed corn-soybean meal diets with or without dried whey at various L-lysine·HCl levels. **Journal Animal Science**. 69, 2026-2032.
- LINDEMAN, M.D.; CORNELIUS, S.G.; KANDELGY, S.M.; MOSER, R.L.; PETTIGREW. J.E. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. **Journal Animal Science**. 62, 1298-1307.
- MA, Y.; LI, D.; QIAO, S.Y.; HUANG, C.H.; HAN, I.K. 2002 . The Effects of Fiber Source on Organ Weight, Digesta pH, Specific Activities of Digestive Enzymes and Bacterial Activity in the Gastrointestinal Tract of Piglets. **Australasian Journal of Animal Sciences**, 10: 1432 – 1488.
- MACFARLANE G.T. & GIBSON G.D., 1995. Microbiological aspects of the production of short-chain fatty acids in the large bowel. **In:** Cumming J.H., Rombeau J.L., Sakota T. **Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 87-105.
- MACFARLANE S. & MACFARLANE G.T. 2003. Regulation of short-chain fatty acid production. **Proceedings of The Nutrition Society**. 62, 67-72.
- MACFARLANE, S.; MACFARLANE, G.T.; CUMMINGS, J.H. 2006. Review Article: Prebiotics in the gastrointestinal tract. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**. 24, 701-714.
- MACFARLANE, G.T.; STEEDS, H.; MACFARLANE, S. 2007. Review Article: Bacterial metabolism and health-related effects of GOS and other prebiotics. **Journal of Applied Microbiology**.
- MAHAN, D.C.; NEWTON, E.A. 1993. Evaluation of feed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weaning pig performance. **Journal Animal Science**. Champaign, 71, 3376-3382.
- MATEOS, G.G; MARTIN, F.; LATORRE, M.A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. 2006. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. **Journal Animal Science**, 82, 57-63.
- MATHEW, A.G.; SUTTON, A.L.; SCHEIDT, A.B. 1993. Effect of galactan on selected microbial populations and pH and volatile fatty acids in the ileum of the weaning pig. **Journal Animal Science**. 71, 1503-1509.
- McCRACKEN, B.A.; SPURLOCK, M.E.; ROOS, M.A.; ZUCKERMANN, F.A.; GASKINS, H.R..1999. Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. **Journal of Nutrition**. 129, 613-619.
- McDONALD, D. E., D. W. PETHICK, J. R. PLUSKE, AND D. J. HAMPSON. 1999. Adverse effects of soluble non-starch polysaccharide (guar gum) on piglet growth and

experimental colibacillosis immediately after weaning. *Research in Veterinary Science*. 67:245–250.

McDONALD, D. E.; PETHICK, W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. 2001. 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*. 86:487-498.

McDOUGALL, G. J.; MORRISON, I.M.; STEWART, D. 1996. Plant fibers: chemistry and processing for industrial use. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. London. 62, 1-20.

MIGUEL, J.C., PETTIGREW, J.E. 2005. **The emerging Picture of diet effects on gastrointestinal microbial populations**. In: Midwest swine nutrition conference proceedings, Indianapolis, 45-57.

MIKKELSEN, L.L.; JAKOBSEN, M.; JENSEN, B.B. 2003. Effects of dietary oligosaccharides on microbial diversity and FOS degrading bacteria in faeces of piglets post-weaning. *Animal Feed Science and Technology*. 109, 133-150.

MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. **Swine nutrition**. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1991. 673p.

MOESER A.J; VANDER KLOK, C.; RYAN, K.A.; WOOTEN, J.G.; LITTLE, J.G.; COOK, V.L.; BLISKLAGER, A.T.; 2007. Stress signaling pathways activated by weaning mediate intestinal dysfunction in the pig. *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*. 292, G173-G181.

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

MONTAGNE, L.; PLUSKE J.R.; HAMPSON, D.J. 2003. 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*. 108, 95-117.

MONTAGNE, L.; CAVANEY, F.S.; HAMPSON, D.J.; LALLES, J.P.; PLUSKE, J. R. 2004. Effect of diet composition on postweaning colibacillosis in piglets. *Journal Animal Science*. 82, 2364–2374.

MONTAGNE, L.; BOUDRY, G.; FAVIER, C.L.E.; HUEROU-LURON, I.; LALLES J.P.; SEVE, B. 2007. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning. *British Journal of Nutrition*. 97, 45-57.

MONSAN, P.; PAUL, F. 1995. **Enzymatic synthesis of oligosaccharides**. FEMS Microbiology Reviews. 16, 187-192.

MORAN, E.T.J.R. 2008. **Intestinal balance and equilibrium: setting the scene for health and management**. In: Gut efficiency: the key ingredient in pig and poultry production - Elevating animal performance and health, Eds: J.A. Taylor-Pickard, P. Sprins. Wageningen Academic Publishers. 97-109.

MOSENTHIN, R.E. HAMBERECHT AND WC. SAUER. 1999. **Utilisation of different fibers in piglet feeds**. In: Recent Advances in Animal Nutrition. (Ed. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman). Nottingham University Press. Nottingham, UK. 227-256.

MROZ, Z.; BAKKER, G.C.M.; JONGBLOED, A.W.; DEKKER, R.A.; JONGBLOED, R.; VAN BEERS, R. 1996. Apparent digestibility of nutrients in diets with different energy density as estimated by direct and marker methods for pigs with and without ileo-cecal cannulas. **Journal of Animal Science**. 74, 403-412.

MUL, A.J.; PERRY, F.G. The role of fructooligosaccharides in animal nutrition. In: GARNSWORTHY, P.C. e COLE, D.J.A. **Recent Advances in Animal Nutrition**. Nottingham, UK, Nottingham University Press, 57-79, 1994

NABUURS, M.J.A.; HOOGENDOORN, A.; VAN ZIJDERVELD, F.G. 1994. Effects of weaning and enterotoxigenic Escherichia coli on net absorption in the small intestine of pigs. Research in **Veterinary Science**. 56, 379-385.

NOBLET, J.; PEREZ, J.M. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal Animal Science**. 71, 3389-3398.

OLI, M.N.; PETSCHOW, B.W.; BUDDINGSTON, R.K. 1998. Evaluation of fructooligosaccharide supplementation of oral electrolyte solutions for treatment of diarrhea recovery of intestinal bacteria. **Digestive Diseases and Sciences**. 43, 138-147.

OLSON, A.; GRAY, M.G.; CHIU, M.C. 1987. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. **Food Technology**, Chicago. 41, 71-82.

PASCOAL, L.A.F.; THOMAZ, M.C.; WATANABE, P.H.; RUIZ, U.S.; EZEQUIEL, J.M.B.; AMORIM, A.B.. DANIEL. E.; MASSON, G.C.I. 2012. Fiber sources in diets for newly weaned piglets, **Revista Brasileira de Zootecnia**.41, 636-642

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

PLUSKE, J.R., WILLIAMS, I.H., AHME, F.X., 1995. **Nutrition of the neonatal pig**. In: Varley, M.A. (Ed.), The Neonatal Pig: Development and Survival. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 1X7-235.

- PLUSKE, J.R.; WILLIAMS, I.H.; AHERNE, F.X. 1996. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. **Animal Science**. 62, 131-144.
- PLUSKE J.R.; HAMPSON D.J.; WILLIAMS I.H. 1997. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pigs: a review. **Livestock Production Science**. 51, 215-236.
- PLUSKE, J.R.; DURMIC, Z.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. 1998. Confirmation of the role of rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. **Journal of Nutrition**. 128,1737–1744.
- PLUSKE, J.R.; PETHICK, D.W.; DURMIC, Z.; HAMPSON, D.J.; MULLAN, B.P. 2001. **Non-starch polysaccharides in pig diets and their influence on intestinal microflora, digestive physiology and enteric disease**. In: P.C. Garnsworthy, J. Wiseman (eds.) Recent developments in pig nutrition. 3. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp 123-160.
- PRESCOTT, L.; HARLEY, J.; KLEIN. D. 1996. **Microbiology**. 3rd ed. WCB Publishers. Chicago, IL. 811-877.
- PROSKY, L., N. G. ASP, I. FRUDA, J. W. DEVIRES, T. F. SCHWEIZER, AND B. F. HARLAND. 1985. Determination of total dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. **Journal Association of Official Analytical Chemists**. 68,677–679.
- PROSKY, L., N. G. ASP, T. F. SCHWEIZER, J. W. DEVIRES, AND I. FRUDA. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. **Journal Association of Official Analytical Chemists**. 71,1017–1023.
- PRYDE S.E.; DUNCAN, S.H.; HOLD, G.L.; STEWART, C.S.; FLINT, H.J., 2002. **The microbiology of butyrate formation in the human colon**. FEMS Microbiology Letters. **217**, 133-139.
- RAINBIRD, A.L.; SISSONS, J.W. 1985. Effect of gastric cannulation motility in the pig. In: Proceedings of the 3 International seminar on digestive physiology in the pig. Just H., Jørgensen, Fernandez J. Ed. **Copenhagen National Institute of Animal Science**. 69-71.
- REFSTIE, S.; SVIHUS, B.; SHEARER, KD; STOREBAKKEN, T. 1999. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soybean products. **Animal Feed Science and Technology**, 79, 331-345.

- REILLY, P.; SWEENEY, T.; SHEA, C. O; PIERCE, K.M.; FIGAT, S.; SMITH, A.G.; GAHAN, D.A.; O'DOHERTY J.V. 2010. The effect of cereal-derived beta-glucans and exogenous enzyme supplementation on intestinal microflora, nutrient digestibility, mineral metabolism and volatile fatty acid concentrations in finisher pigs. **Animal Feed Science and Technology**. 165-176.
- REMAUD-SIMON, M.; WILLEMOT, R-M.; SARÇABAL, P.; MONTALK, G. P.; MONSAN, P. Glucansucrases: molecular engineering and oligosaccharide synthesis. **Journal of Molecular Catalysis**, New York, v. 10, n. 1-3, p. 117-128, 2000
- ROBERFROID, M. 2007. Prebiotics: The concept revisited. **Journal of Nutrition**, 137: 830S-837S.
- ROEDIGER WE: **Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of the rat colon**. Gastroenterology 1982. 83, 424-9.
- SAJILATA, M.G.; SINGHAL, R.S.; KULKAMS, P.R. 2006. Resistant starch – a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. 5, 1-17.
- SAMBROOK, I. E. Studies on the flow and composition of bile in growing pigs. **The Journal of the Science of Food and Agricultural**, London, v. 32, n. 8, p. 781-791, 1981.
- SAMBUCETTI, M.E.; ZULETA, A. 1996. Resistant starch in dietary fiber values measured by the AOAC method in different cereals. **Cereal Chemistry**. 73, 759-761.
- SCHIAVON, S.; TAGLIAPIETRA, F.; BAILONI, L.; BORTOLOZZO, A. 2004. Effects of sugar beet pulp on growth and health status of weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science** 337-351.
- SCHLEY, P.D.; FIELD, C.J. 2002. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. **British Journal of Nutrition**. 87, 221-230.
- SHI, X. S.; NOBLET, J. 1993. Contribution of the hindgut to digestion of diets in growing pigs and adult sows: Effect of diet composition. **Livestock Production Science**. 34, 237-252.
- SILVA, L.P.; NÖRNBERG, J.L. 2003. Prebióticos na nutrição de não-ruminantes. **Revista Ciência Rural**. 33, 55-65.
- SMITH, F.; CLARK, J.E; OVERMAN, B.L.; TOZEL, C.C.; HUANG, J.H.; RIVIER, J.E.F.; BLISKLAGER, A.T.; MOESER, A.J. 2010. Early weaning stress impairs development of mucosal barrier function in the porcine intestine. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, 298, G352-G363.
- SPREEUWENBERG, M.A.M.; VERDONK, J.M.A.J.; GASKINS, H.R.; VERSTEGEN, M.W.A. 2001, Small intestine epithelial barrier function is

compromised in pigs with low feed intake at weaning. **Journal of Nutrition**. 131, 1520-1527.

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

THEANDER, O.; WESTERLUND, E.; AMAN, P.; GRAHAM, H. 1989. Plante cell walls and monogastric diets. **Animal Feed Science and Technology**. 23, 205-225.

TROWELL, H. C., SOUTHGATE, D. A. T., WOLEVER, T. M. S., LEEDS, A. R., GASSULL, M. A., JENKINS, D. J. A., 1976. Dietary fiber redefined, *Lancet*. 1: 967

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

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

WAITZBERG, DAN L. **Nutrição oral, enteral e paraenteral na pratica clinica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2004.

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

WANG, J. F.; ZHU, Y. H.; LI, D. F.; WANG, Z.; JENSEN, B. B. 2004. In vitro fermentation of various fiber and starch sources by pig fecal inocula. **Journal of Animal Science**, Champaign. 82, 2615-2622.

WARNER, A. C. I. 1981. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts & Reviews**. (Series 'B'), Farnham Royal. 51, 789-975.

WARPECHOWSKI, M.B. **Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrintestinal de matrizes machos pesados, intactos, cecectomizados e fistulados no íleo terminal**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996 . 118f. Dissertação de Mestrado.

WENK, C. 1992. **Enzymes in the nutrition of monogastric farm animals**. pages 205-218. In *Biotechnology in the feed industry*. Proceedings of Alitech's eighth annual symposium. Alltech Technical Publications. Nicholasville, Kentucky. USA.

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

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. 2007. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. **Livestock Science**, v.109 p. 27–29.

WILLIAMS, B. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Reviews**. 14, 207-227.

YIN, YL, DENG, ZY, HUANG, HL; HOU, ZP Nutritional and health functions of carbohydrate for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.13, p.523-538, 2004.

## **CAPÍTULO II**

---

### **Implicações gastrointestinais da fibra em rações para leitões recém-desmamados**



## **Implicações gastrointestinais da fibra em rações para leitões recém-desmamados**

**RESUMO** – Com este estudo objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de fibra em detergente neutro (FDN) da ração sobre o pH e viscosidade da digesta no estômago, intestino delgado e ceco, a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal, impactos sobre a morfologia da mucosa intestinal e ocorrência de diarreia em leitões recém-desmamados. Foram utilizados 30 leitões, machos castrados, da linha genética Topigs, desmamados com 21 dias de idade, com peso médio  $7,48 \pm 0,46$  kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos, considerando os níveis de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5% FDN, seis repetições e um animal por parcela, sendo os pesos iniciais dos animais o critério para a formação dos blocos. Não foi verificada diferença significativa para o pH e viscosidade da digesta nas diferentes seções do trato gastrointestinal e na concentração dos ácidos acético, propiônico, butírico e ácidos graxos totais do conteúdo cecal. Todavia houve efeito quadrático para altura de vilosidade no duodeno e jejuno e na profundidade de cripta do jejuno, com melhor resultado estimado para o nível de 12,2% de FDN na ração. Observou-se, também redução linear na ocorrência de diarreia à medida que houve o aumento do nível de FDN. Concluiu-se que em rações para leitões recém-desmamados, o aumento do nível de FDN, de 8,5 até 16,5%, reduz a ocorrência de diarreia, obtendo-se melhor morfologia da mucosa intestinal com nível de 12% de FDN na ração.

**Palavras-chave:** ácidos graxos de cadeia curta, fibra em detergente neutro, leitões, parâmetros histológicos.

## **Gastrointestinal implications of fiber in rations for weanling piglets**

**ABSTRACT** – This study it was evaluated the effects of levels of neutral detergent fiber (NDF) of diets on pH and viscosity of the digesta in the stomach, small intestine and cecum, the concentration of short chain fatty acids in cecal contents, impacts on the morphology of the intestinal mucosa and occurrence of diarrhea in newly weaned piglets. We used 30 piglets, castrated male, of the genetic line Topigs, weaned at average age of 21 days and average weight of  $7.48 \pm 0.46$  kg, distributed in randomized block design with five treatments, considering the levels of neutral detergent fiber (NDF) of 8.5; 10.5; 12.5; 14.5 and 16.5% and six replications per treatment with one animal per plot, being the initial weights of the animals the criterion used for the formation of blocks. Was not verified significant differences for pH and viscosity of the digesta in the different sections of the gastrointestinal tract and in the concentration of acetic, propionic, butyric acids and total fatty acids in the cecal contents. However there was quadratic effect on villus height in the duodenum and jejunum and crypt depth in the jejunum, with better results for the estimated level of 12.2% NDF in the ration. There was also linear reduction in the occurrence of diarrhea as there was an increase in the level of NDF. It was concluded that in diets for weanling pigs, increased levels of NDF, 8.5 to 16.5%, reduces the occurrence of diarrhea, obtaining improved morphology of the intestinal mucosa with 12% level of NDF in ration.

**Keywords:** histological parameters, neutral detergent fiber, piglets, short-chain fatty acids.

## INTRODUÇÃO

A manutenção da saúde intestinal em leitões depende de um equilíbrio entre os nutrientes da dieta, microflora comensal e integridade da mucosa. Qualquer perturbação desse equilíbrio pode alterar as propriedades físico-químicas da digesta e as funções digestivas do trato gastrointestinal, desencadeando um quadro diarreico com impactos negativos no crescimento e na taxa mortalidade dos animais.

Em relação à dieta na fase de creche, a modulação do nível e do tipo de fibra dietética, configura-se como uma ferramenta que pode atuar na manutenção das funções digestivas, uma vez que alteram as propriedades do bolo alimentar, interferindo na composição da microbiota e nas suas atividades metabólicas limitando as perturbações digestivas e preservando a saúde dos leitões (Bach Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003).

Dentre os efeitos fisiológicos e metabólicos da fibra dietética de relevância na nutrição e saúde intestinal de leitões destacam-se alterações no pH, viscosidade, capacidade de retenção de água e volume do bolo alimentar (Van Soest, 1994; Annison & Choct, 1994), modificações nas populações e atividades dos microrganismos intestinais, bem como a interação destes com a mucosa intestinal, além dos efeitos sobre divisão celular e taxa de excreção endógena (Refstie et al., 1999; Bach Knudsen, 2001; Wenk, 2001). Nesse sentido, embora estudos tenham sido conduzidos para avaliar fontes de alimentos fibrosos, as pesquisas relacionadas ao nível de fibra dietética especificamente para leitões são escassas.

Considerando os métodos de determinação dos componentes fibrosos, aqueles baseados na digestão enzimática são os que melhor expressam o conteúdo de fibra dietética dos alimentos, entretanto são ainda pouco usuais, onerosos e de difícil aplicação, exigindo um grande número de repetições. Por outro lado, o método proposto por Van Soest (1967) de determinação da fibra em detergente neutro (FDN) é amplamente empregado na alimentação animal por ser marcha analítica rápida e de simples aplicação e, por ter entre seus constituintes a hemicelulose, configurando-se como o dado com melhor correlação com teor de fibra dietética total (Silva & Queiroz 2006), além de constar na base de dados da maioria dos sistemas de composição químico-bromatológica de alimentos para animais (NRC, 2012 e Rostagno et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de FDN em rações de leitões recém-desmamados sobre o pH e viscosidade da digesta no estômago, intestino delgado e ceco, a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal, impactos sobre a morfologia da mucosa intestinal e ocorrência de diarreia.

## **MATERIAL E METODOS**

Os protocolos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo no 55/2013 de 27 de novembro de 2013, e está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Foi conduzido um experimento, no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, com 30 leitões, machos castrados, da linha genética Topigs, desmamados com média de 21 dias de idade e peso vivo médio de  $7,48 \pm 0,46$  kg, durante o período de 21 a 42 dias de idade.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria equipadas com comedouro semiautomático, bebedouro tipo chupeta e cortinas laterais, as quais eram manejadas diariamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado por meio de quatro datalogger's distribuídos no interior do galpão, a 60cm do piso, nos quais as temperaturas e umidade relativa foram registradas durante o período experimental em intervalos de 10 minutos.

Os leitões foram distribuídos seguindo um delineamento em blocos casualizados, considerando o peso médio de  $7,85 \pm 0,29$  kg para formação do bloco de animais pesado e  $7,10 \pm 0,21$  kg para o bloco de animais leves, em cinco tratamentos, considerando os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5% com seis repetições por tratamento, sendo um animal por parcela, sendo os pesos iniciais dos animais o critério para a formação dos blocos.

As análises químico-bromatológica dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, onde os mesmos foram submetidos às análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) de acordo com Silva & Queiroz (2006) e fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) conforme metodologia descrito por Van Soest et al. (1991), cuja

os valores determinados foram 89,71% de MS, 8,21% de PB, 12,47% de FDN e 2,30% de FDA para o milho; 90,60% de MS, 38,96% de PB, 18,54% de FDN e 10,01% de FDA para o farelo de soja; 89,96% de MS, 32,96% de PB, 15,15% de FDN e 7,28% de FDA para a soja integral extrusada e 94,40% de MS, 14,79% de PB, 38,10% de FDN e 28,18% de FDA para o farelo de trigo. Conforme a similaridade dos valores médios para os ingredientes preconizado por Rostagno et al (2001), utilizou-se os valores de energia metabolizável, gordura, cálcio, fósforo, sódio, lisina, metionina, treonina, triptofano e amido dos ingredientes de acordo com estes mesmos autores.

As rações experimentais utilizadas (Tabelas 1) foram formuladas para serem isocalóricas e isonutritivas, considerando-se as exigências nutricionais para leitões de 21 a 32 e 33 a 42 dias de idade, de acordo com Rostagno et al. (2011). Durante todo o período experimental, as rações e a água foram fornecidas aos animais à vontade.

Para a determinação da ocorrência de diarreia, os leitões e as fezes foram observados uma vez ao dia, durante todo o período experimental, sempre pelo mesmo observador às 15 horas. Mediante análise visual, as fezes foram classificadas a partir de suas características físicas, sendo registradas as observações de fezes moles ou aquosas, considerada como diarreia. A partir das observações foram calculadas as porcentagens de ocorrência de diarreia por tratamento (Huaynate et al., 2006), e os dados submetidos à transformação radical ( $y = \sqrt{x + 1}$ ) para atender as premissas da análise de variância.

Ao final do período experimental todos os animais foram individualmente pesados, insensibilizados por eletroanestesia e abatidos mediante sangria, não passando por período de jejum. Imediatamente após o abate, as vísceras foram expostas por uma incisão mediana e as seções do trato gastrointestinal foram isoladas com dupla ligadura.

Foram retiradas amostras dos conteúdos do estômago, intestino delgado e ceco para mensuração do pH através de um pHmetro de bancada digital, modelo HI 2221 padronizado à temperatura de 25°C e 95% de sensibilidade. As mesmas amostras foram diluídas em água destilada na proporção de 1:1 e centrifugadas a 12.000 rpm x g por 8 minutos, sendo o sobrenadante utilizado para a determinação da viscosidade em reômetro de cisalhamento, modelo DSR 5, com taxa de cisalhamento de 60 s<sup>-1</sup>.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase de creche

| Ingredientes                                 | 21 a 32 dias de idade                    |        |        |        |        | 33 a 42 dias de idade |        |        |        |        |
|--|--|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
|  | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |
|  | 8,50                                     | 10,50  | 12,50  | 14,50  | 16,50  | 8,50                  | 10,50  | 12,50  | 14,50  | 16,50  |
| Milho grão                                   | 24,81                                    | 31,46  | 35,08  | 43,20  | 34,34  | 18,50                 | 22,86  | 50,54  | 41,68  | 32,81  |
| Farelo de soja                               | 24,69                                    | 21,40  | 18,42  | 10,10  | 0,41   | 30,06                 | 27,01  | 20,26  | 10,57  | 0,88   |
| Soja integral extrusada                      | 0,00                                     | 0,00   | 0,00   | 5,76   | 15,23  | 0,00                  | 0,00   | 1,49   | 10,96  | 20,43  |
| Farelo de trigo                              | 0,54                                     | 5,19   | 10,69  | 15,02  | 24,15  | 0,00                  | 5,29   | 4,11   | 13,23  | 22,36  |
| Amido  | 21,21                                    | 14,56  | 9,95   | 0,00   | 0,00   | 26,51                 | 21,40  | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| Glúten de milho 60%                          | 8,00                                     | 8,00   | 8,00   | 8,00   | 8,00   | 8,00                  | 8,00   | 8,00   | 8,00   | 8,00   |
| Leite permeado em pó                         | 1,50                                     | 1,50   | 1,50   | 1,50   | 1,50   | 1,50                  | 1,50   | 1,50   | 1,50   | 1,50   |
| Leite desnatado em pó                        | 5,50                                     | 5,50   | 5,50   | 5,50   | 5,50   | 5,50                  | 5,50   | 5,50   | 5,50   | 5,50   |
| Açúcar                                       | 3,00                                     | 3,00   | 3,00   | 3,00   | 3,00   | 3,00                  | 3,00   | 3,00   | 3,00   | 3,00   |
| Óleo de soja                                 | 2,60                                     | 2,60   | 2,60   | 2,60   | 2,60   | 1,20                  | 1,20   | 1,20   | 1,20   | 1,20   |
| Fosfato mono-bicálcico                       | 1,83                                     | 1,76   | 1,69   | 1,62   | 1,50   | 1,54                  | 1,47   | 1,46   | 1,34   | 1,22   |
| Calcário                                     | 0,85                                     | 0,88   | 0,92   | 0,95   | 0,99   | 0,92                  | 0,96   | 0,98   | 1,02   | 1,05   |
| Sal comum                                    | 0,56                                     | 0,56   | 0,56   | 0,55   | 0,55   | 0,44                  | 0,43   | 0,42   | 0,43   | 0,43   |
| Suplemento vitamínico e mineral              | 0,40                                     | 0,40   | 0,40   | 0,40   | 0,40   | 0,40                  | 0,40   | 0,40   | 0,40   | 0,40   |
| L-Lisina HCl                                 | 0,70                                     | 0,76   | 0,82   | 0,89   | 0,92   | 0,38                  | 0,44   | 0,57   | 0,60   | 0,62   |
| DL-Metionina                                 | 0,20                                     | 0,19   | 0,19   | 0,19   | 0,20   | 0,09                  | 0,09   | 0,08   | 0,09   | 0,09   |
| L-Treonina                                   | 0,24                                     | 0,26   | 0,28   | 0,30   | 0,31   | 0,09                  | 0,11   | 0,14   | 0,15   | 0,16   |
| L-Triptofano                                 | 0,07                                     | 0,08   | 0,09   | 0,10   | 0,09   | 0,02                  | 0,03   | 0,04   | 0,03   | 0,04   |
| BHT  | 0,01                                     | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01                  | 0,01   | 0,01   | 0,01   | 0,01   |
| Inerte                                       | 3,29                                     | 1,89   | 0,30   | 0,31   | 0,30   | 1,84                  | 0,30   | 0,30   | 0,29   | 0,30   |
| Total  | 100,00                                   | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00                | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição nutricional calculada             |  |        |        |        |        |                       |        |        |        |        |
| Energia metabolizável (kcal/kg) <sup>a</sup> | 3.325                                    | 3.325  | 3.325  | 3.325  | 3.325  | 3.325                 | 3.325  | 3.325  | 3.325  | 3.325  |
| Proteína bruta (%) <sup>a</sup>              | 19,56                                    | 19,56  | 19,56  | 19,56  | 19,56  | 20,56                 | 20,56  | 20,56  | 20,56  | 20,56  |
| Fósforo disponível (%) <sup>a</sup>          | 0,49                                     | 0,49   | 0,49   | 0,49   | 0,49   | 0,44                  | 0,44   | 0,44   | 0,44   | 0,44   |
| Cálcio (%) <sup>a</sup>                      | 0,83                                     | 0,83   | 0,83   | 0,83   | 0,83   | 0,81                  | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   |
| Lisina digestível (%) <sup>a</sup>           | 1,42                                     | 1,42   | 1,42   | 1,42   | 1,42   | 1,30                  | 1,30   | 1,30   | 1,30   | 1,30   |
| Met. + cistina digestível (%) <sup>a</sup>   | 0,79                                     | 0,79   | 0,79   | 0,79   | 0,79   | 0,73                  | 0,73   | 0,73   | 0,73   | 0,73   |
| Treonina digestível (%) <sup>a</sup>         | 0,89                                     | 0,89   | 0,89   | 0,89   | 0,89   | 0,82                  | 0,82   | 0,82   | 0,82   | 0,82   |
| Triptofano digestível (%) <sup>a</sup>       | 0,26                                     | 0,26   | 0,26   | 0,26   | 0,26   | 0,23                  | 0,23   | 0,23   | 0,23   | 0,23   |
| Sódio (%) <sup>a</sup>                       | 0,27                                     | 0,27   | 0,27   | 0,27   | 0,27   | 0,22                  | 0,22   | 0,22   | 0,22   | 0,22   |
| Gordura                                      | 3,17                                     | 3,90   | 4,40   | 6,33   | 7,66   | 2,74                  | 3,29   | 5,92   | 7,25   | 8,58   |
| Amido  | 38,78                                    | 38,24  | 37,87  | 35,02  | 31,75  | 39,95                 | 39,54  | 37,19  | 33,91  | 30,63  |
| FDN  | 8,50                                     | 10,50  | 12,50  | 14,50  | 16,50  | 8,50                  | 10,50  | 12,50  | 14,50  | 16,50  |
| FDA  | 3,45                                     | 3,80   | 4,15   | 4,45   | 4,70   | 3,70                  | 4,05   | 4,41   | 4,66   | 4,90   |
| Hemicelulose                                 | 5,05                                     | 6,70   | 8,35   | 10,05  | 11,80  | 4,80                  | 6,45   | 8,09   | 9,84   | 11,60  |

\* Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina D3 450.000,00 UI, Vitamina E 7.500,00 mg, Vitamina K3 1.500,00 Tiamina (Vitamina B1) 250,00 mg, Riboflavina (Vitamina B2) 1.300,00 mg, Piridoxina (Vitamina B6) 375,00 mg, Vitamina B12 5.000,00 mg, Niacina 7.500,00 mg, Pantotenato de Cálcio 4.500,00 mg, Ácido Fólico 150,00 mg, Biotina 22,50 mg, Colina 68,000,00 mg, Ferro 12.500,00 mg, Cobre 5.250,00 mg, Manganês 8.750,00 mg, Zinco 26.250,00 mg, Iodo 350,00 mg, Selênio 75,00 mg, Antioxidante 1.000,00 mg, q.s.p.veículo.

<sup>a</sup> Rostagno et al. (2011).

Foram determinadas as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta do conteúdo cecal de acordo com a metodologia descrita por Erwin et al. (1961). Para isto, amostras de aproximadamente 10 g foram retiradas, pesadas e acidificadas com 30 mL de ácido fórmico, para inativar os processos fermentativos, as quais 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 para a separação do sobrenadante que foi congelado e posteriormente analisado. As análises foram realizadas por meio de cromatografia gasosa, sendo utilizado um cromatógrafo a gás (Modelo Focus GC, Thermo Scientific, com injetor automático AS 3000), equipado com coluna de vidro de dois metros de comprimento x 1/8" de diâmetro, empacotada com 80/120 Carbopack B-DA/4% Carbowax 20M, calibrado com injeções de 1 µL da solução de padrão misto e uma curva já estabelecida no software do microcomputador (ChromQuest 4.2.34 versão 3.1.6). Os gases utilizados foram o nitrogênio, como gás de arraste na vazão de 25 ml/minuto, oxigênio, como gás comburente na vazão de 175 mL/minuto, e hidrogênio, como gás combustível na vazão de 15 mL/minuto. As temperaturas utilizadas para operação foram de 220°C do injetor para o vaporizador; inicialmente 150°C da coluna, mantendo por 2 minutos e seguida aumentos progressivos de 10°C por minutos até atingir 210°C; e 250°C para o detector de ionização de chamas.

Para estudo da estrutura do intestino delgado, foram colhidas amostras de 1,5 cm das porções médias do duodeno e jejuno, que foram abertas pela borda mesentérica, fixadas em papel filtro, armazenadas em cassetes histológicos e acondicionadas em frascos de vidro contendo 100 ml de solução aquosa de formol a 10% por 24 horas, tempo necessário para fixação no formol. Após este período, as amostras foram lavadas em álcool etílico 70% para retirada do fixador e posteriormente, desidratadas em séries crescentes de álcoois, 70 a 100%, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina.

A microtomia das amostras foi realizada à espessura de 5µm, sendo feitos 8 cortes semi-seriados. Duas amostras de cada segmento foram coradas com hematoxilina-eosina, onde foram realizadas as medidas na mucosa intestinal. 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 J®, com aumento de 125 vezes. Foram avaliadas a altura das vilosidades (AV), e a profundidade das criptas (PC), sendo realizadas 20 leituras por

amostra para cada parâmetro, em vilos e criptas bem orientadas. De posse dos resultados de AV e PC, calculou-se a relação AV/PC.

A análise estatística foi realizada mediante utilização do software estatístico Statistical Analyses System (Sas Institute, 2001). Os dados foram submetidos à análise de regressão, onde os graus de liberdade, referentes aos níveis de fibra em detergente neutro nas rações, foram desdobrados em polinômios, para estabelecer a curva que melhor descrevesse o comportamento dos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura ambiental média durante o período experimental foi de 28,10°C, sendo 33,12°C e 23,58°C as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente. A média da umidade relativa do ar foi 62,36%. As médias de temperaturas observadas estiveram acima da faixa ideal de conforto térmico para leitões desmamados (22 a 24°C), mantidos em condições de umidade relativa do ar de 50 - 70%, porém abaixo da temperatura crítica superior (35°C), o que garantiu um ambiente térmico adequado para expressão do potencial produtivo dos animais, segundo Hannas (1999).

Não foi observado efeito do nível de FDN sobre o pH e viscosidade da digesta das diferentes seções do trato gastrointestinal dos leitões (Tabela 2). Em geral, as alterações do pH e viscosidade no bolo alimentar mediante o incremento da fibra dietética são relacionadas a ação específicos e predominantes de fonte solúveis ou insolúvel de fibra. Dessa forma, no presente estudo, a ausência de efeito pode estar relacionado a reduzida fração de fibra solúvel dos quatro principais ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais.

O pH do conteúdo do trato gastrintestinal tende a aumentar ao longo do seu comprimento, chegando a neutro no reto (Adams, 2000). Observou-se que o pH do conteúdo do estômago encontrava-se acima da faixa ótima para atuação da pepsina (2 a 3) proposta por Rajagopalan et al.(1966), visto que a produção adequada de ácido clorídrico pelas células parietais do estômago de suínos é alcançada apenas entre a sétima e a décima semana de vida dos leitões (Blanchard, 2000). Em relação ao pH do intestino delgado, observou-se valores abaixo da faixa de pH ideal (7,8 a 8,1) para a ação da tripsina e quimotripsina, segundo Makkink et al. (1994). Nesse sentido,



independente do nível de fibra na ração, a imaturidade fisiológico do sistema digestório dos leitões até 42 dias de idade pode resultar em menor aproveitamento da proteína da dieta, podendo resultar em maior proliferação de *E. coli* e maior ocorrência de diarreia (Lima et al., 2009).

A ausência de efeito sobre o pH do estômago, em função da inclusão de fibra na ração, também foi relatada por Johansen (1993), que não verificou alterações no pH do estômago de leitões em crescimento alimentados com dietas pobre ou ricas em fibra. Por outro lado, Jensen & Jørgensen (1994) observaram redução no pH do ceco e cólon de leitões em crescimento alimentados dietas fibrosas, a base de pectina e fibra de ervilha, enquanto, Freire et al. (2000) verificaram aumento do pH do ceco de leitões em fase de creche alimentados com as rações com mais de 15% FDN. Da mesma forma Ma, et al. (2002) observaram maior pH do conteúdo do jejuno de leitões alimentados com rações contendo 10,6% de FDN, proveniente do farelo de trigo. Por sua vez, Högberg & Lindberg (2004) observaram que o aumento 10,5 para 21,5% de FDN resultou na redução nos pH do conteúdo do ceco e cólon de leitão recém-desmamados.

Tabela 2. pH e viscosidade do conteúdo do trato gastrointestinal de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes níveis fibra em detergente neutro

| Parâmetros                 | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão       | P valor |
|----------------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|-----------------|---------|
|                            | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                 |         |
| <b>pH</b>                  |  |       |       |       |       |                     |                 |         |
| Estômago                   | 3,637                                    | 3,892 | 4,090 | 3,167 | 3,117 | 27,19               | NS <sup>2</sup> | 0,3110  |
| Intestino delgado          | 5,702                                    | 5,670 | 5,675 | 5,707 | 5,900 | 4,64                | NS <sup>2</sup> | 0,1940  |
| Ceco                       | 5,517                                    | 5,533 | 5,447 | 5,762 | 5,615 | 4,32                | NS <sup>2</sup> | 0,3970  |
| <b>Viscosidade (mPa.s)</b> |  |       |       |       |       |                     |                 |         |
| Estômago                   | 1,857                                    | 1,861 | 1,896 | 1,859 | 1,842 | 5,89                | NS <sup>2</sup> | 0,8290  |
| Intestino delgado          | 2,013                                    | 2,094 | 2,120 | 2,005 | 2,079 | 5,95                | NS <sup>2</sup> | 0,8460  |
| Ceco                       | 1,896                                    | 1,986 | 2,009 | 2,021 | 2,193 | 8,00                | NS <sup>2</sup> | 0,9330  |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS – não significativo.

Em estudos similares, Van der Meullen & Bakker (1991) verificaram que altos teores de fibra promoveram um incremento na viscosidade do conteúdo estomacal de suínos. Da mesma forma que Johansen et al. (1996), que também reportaram incremento na viscosidade do conteúdo do estômago de suínos com o aumento do nível

de polissacarídeos não amiláceos de 3,2 para 15,4%, mediante a inclusão subprodutos da aveia, em rações para leitões.

As diferenças dos resultados entre as pesquisas possivelmente estão relacionadas aos tipos de fontes e níveis de fibra, uma vez que o redução no pH e aumento da viscosidade dos conteúdos foram encontrados, na maioria dos casos, com dietas com alto teores de inclusão de fontes de fibras solúveis, enquanto que as fontes de fibra insolúvel tende a não promover tais alterações.

Observou-se que o aumento do nível de FDN nas rações resultou na alteração da estrutura da mucosa intestinal (Tabela 3), mostrando efeito quadrático para altura de vilosidade no duodeno, bem como na altura de vilosidade e profundidade de cripta no jejuno, cujo maior altura de vilosidade, tanto no duodeno quanto no jejuno, foi estimado no nível de 12% de FDN, sendo este responsável pela maior área superficial disponível para digestão e absorção dos nutrientes, enquanto que os níveis abaixo e acima produziram um maior desgaste da estrutura da mucosa, representado principalmente pela atrofia dos vilos.

Tabela 3 - Parâmetros histológicos do intestino de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro

| Parâmetro            | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Efeito de Regressão     | P valor |
|----------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------------------------|---------|
|                      | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                         |         |
| Duodeno              |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| AV <sup>3</sup> (µm) | 0,290                                    | 0,290 | 0,327 | 0,288 | 0,282 | 20,53               | Quadrático <sup>6</sup> | 0,0001  |
| PC <sup>4</sup> (µm) | 0,194                                    | 0,191 | 0,191 | 0,191 | 0,187 | 24,91               | NS <sup>2</sup>         | 0,3198  |
| AV/PC <sup>5</sup>   | 1,504                                    | 1,499 | 1,711 | 1,506 | 1,608 | 19,14               | NS <sup>2</sup>         | 0,6180  |
| Jejuno               |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| AV <sup>1</sup> (µm) | 0,258                                    | 0,287 | 0,295 | 0,272 | 0,243 | 16,75               | Quadrático <sup>7</sup> | 0,0001  |
| PC <sup>2</sup> (µm) | 0,187                                    | 0,198 | 0,190 | 0,184 | 0,171 | 24,41               | Quadrático <sup>8</sup> | 0,0001  |
| AV/PC <sup>3</sup>   | 1,427                                    | 1,479 | 1,580 | 1,477 | 1,421 | 19,99               | NS <sup>2</sup>         | 0,6864  |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS - não significativo; <sup>3</sup>altura de vilosidade; <sup>4</sup>profundidade de cripta; <sup>5</sup>relação altura de vilosidade/profundidade de cripta; <sup>6</sup> $y = 0,0728 + 0,0385x - 0,016x^2$  e  $R^2 0,46$ ; <sup>7</sup> $y = -0,0766 + 0,0604x - 0,0025x^2$  e  $R^2 0,98$ ; <sup>8</sup> $y = 0,0929 + 0,0183x - 0,0008x^2$  e  $R^2 0,93$ .

Esses resultados podem ser explicados pelas diferenças na composição de ingredientes das dietas, onde as rações com menor teor FDN apresentaram maior quantidade de subprodutos da soja, fonte de fibra solúvel, enquanto o aumento do nível de FDN nas rações foi acompanhado pela redução gradativa dos subprodutos da soja e

incremento do farelo de trigo, fonte de fibra insolúvel, principalmente celulose e arabinoxilanos (Cummings & Stephen, 1980; Selvendran, 1984; Wilfart, et al., 2007). Dessa forma, as rações com 8,5 e 10,5% de FDN, podem ter resultado em substrato para as bactérias patogênicas no decorrer do trato intestinal, causando um possível efeito inflamatório da mucosa (Karr-Lilienthal et al., 2005; Brasil et al., 2009), enquanto as dietas com mais 12% de FDN podem ter exercido efeito mecânico, limitando a aderência de bactérias patogênicas que, possivelmente, excretadas junto às fezes, porém com efeito abrasivo sobre o epitélio intestinal, causando atrofia dos vilos com a maior descamação de células, que pode até incrementar a excreção de nitrogênio nas fezes (Schley & Field, 2002; Yin et al. 2004).

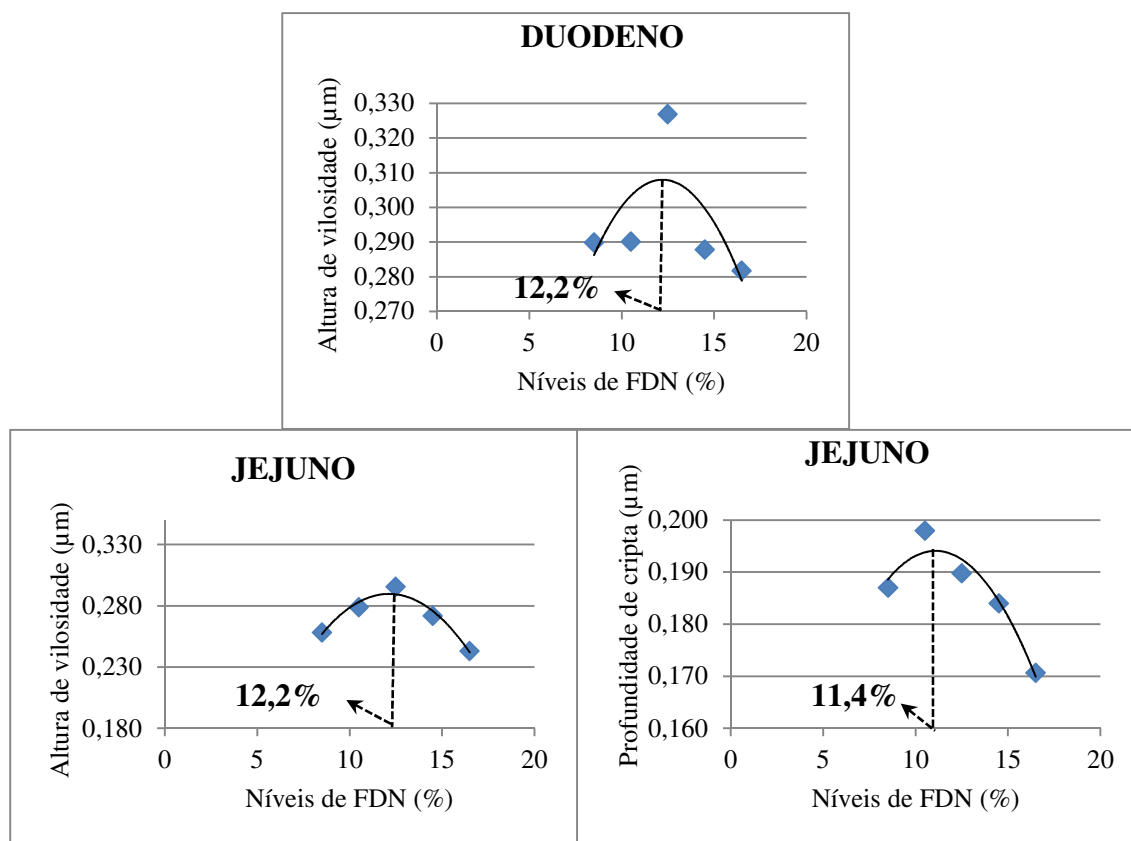


Figura 1 - Curvas da altura de vilosidade e profundidade de cripta do duodeno e jejuno de leitões alimentados com rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN).

Os resultados estão de acordo com os relatados por Hedemann et al. (2006) que verificaram aumento da taxa de perda de células nas vilosidades com o incremento de fontes de fibra solúvel, e conseqüentemente atrofia das mesmas, enquanto o maior nível de fibra insolúvel resultou em melhoria na morfologia intestinal e aumento da atividade

enzimática de leitões recém desmamados. Por outro lado, McDonalld et al. (2001) avaliando o efeito de uma fibra sintética solúvel e pouco viscosa (carboximetilcelulose) em rações para leitões recém-desmamados, encontraram aumentos de altura nas vilosidades. Por sua vez, Hanczakowska et al. (2008) verificaram que dietas com 22,5% de FDN, mediante a adição de até 2% de celulose, melhorou a relação entre a altura de vilosidade e profundidade de cripta na mucosa do intestino delgado de leitões em creche.

Como via de regra, os suínos não são dotados de mapas metabólicos para sínteses endógenas de enzimas que atuem na digestão dos polissacarídeos que compoem a fibra dietética. Todavia uma gama desses substratos não digeridos pode ser hidrolisada no intestino grosso por meio da ação bacteriana, com produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), fonte de energia para as atividades metabólicas do animal.

Contudo, neste estudo não foi verificado a efeito significativo do teor de FDN na concentração dos ácidos acéticos, propiônico, butírico e total de ácidos graxos no ceco dos leitões (Tabela 4).

Tabela 4 - Concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no ceco de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo níveis de fibra em detergente neutro

| AGCC<br>(mmol/L) | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão       | P<br>valor |
|------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|-----------------|------------|
|                  | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                 |            |
| Acetato          | 28,37                                    | 32,91 | 26,70 | 27,44 | 27,26 | 17,29               | NS <sup>2</sup> | 0,449      |
| Propionato       | 16,07                                    | 18,39 | 17,06 | 18,00 | 15,91 | 20,99               | NS <sup>2</sup> | 0,494      |
| Butirato         | 8,10                                     | 8,99  | 10,32 | 9,41  | 10,36 | 24,71               | NS <sup>2</sup> | 0,541      |
| Total AGCC       | 52,54                                    | 60,28 | 54,08 | 54,84 | 53,53 | 17,71               | NS <sup>2</sup> | 0,617      |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS – não significativo.

As proporções de AGCC cecal variam de acordo com as características da fibra, atividade microbiana e a duração do trânsito digestivo (Englyst et al.,1987). Assim, para que o perfil de ácidos graxos cecal seja alterado é necessário quantidade significativa de substrato para que haja modificações eficientes na microbiota intestinal (Bach Knudsen, 2001; Schavion et al., 2004). Além disso, a fibra solúvel tende a ser altamente fermentável (Bach Knudsen, 2001), enquanto, a insolúvel pode aumentar a capacidade de retenção de água e proporcionar um substrato que é lentamente fermentado pela microflora no intestino distal (Freire et al. , 2000). Dessa forma, a ausência de efeito significativo nas concentrações de ácidos graxos nessa pesquisa pode ser associada á

variabilidade das fontes de fibra e a maior inclusão do farelo de trigo nos níveis mais elevados de FDN, que além de proporcionar substrato de fermentação lenta, tende a acelerar o ritmo de trânsito intestinal (Wilfart et al., 2007), o que não favoreceu a ação microbiana no intestino grosso.

Diferente do objetivo da presente pesquisa, na literatura tem sido relatadas modificações na concentração dos ácidos graxos em função das fontes de fibra na ração. Freire et al. (2000) verificaram que a inclusão de casca de soja aumentou a concentração de ácido acético enquanto que a do farelo de trigo incrementou a produção de butirato no ceco de leitões desmamados. Por sua vez, Ma et al. (2002) verificaram maior concentração de ácidos acético, propiônico, butírico e AGCC totais no conteúdo cecal de leitões em creche alimentados com a dieta contendo 10,54% de FDN, proveniente do farelo de trigo. Awaiti et al. (2006a), ao comparar uma dieta semipurificada, pobre em fibras fermentáveis, com outra contendo polpa de beterraba, fonte de fibra solúvel, para leitões desmamados observaram que a dieta rica em fibra promoveu o aumento nas concentrações de acetato, propionato, butirato, bem como no total de ácidos graxos nos conteúdos do intestino delgado, ceco e colón. Molist et al. (2009) constataram aumento na concentração de ácido butírico no ceco de leitões desmamados alimentados com rações 9,6% de FDN mediante a inclusão do farelo de trigo.

Os resultados de diarreia mostraram que a porcentagem de ocorrência nos tratamentos não ultrapassou 30% das verificações, sendo verificado efeito linear, com redução da frequência à medida que houve o aumento do nível de FDN (Tabela 5).

A redução da inclusão de farelo de soja e soja integral extrusada associada ao aumento da inclusão do farelo de trigo nas rações, conforme houve o aumento do nível de FDN, pode explicar a redução na frequência de diarreia, uma vez que alimentos provenientes da soja apresentam elevados conteúdos de fibra solúvel, que pode servir como substrato para as bactérias patogênicas. Em contrapartida, o subproduto do trigo, caracterizado como fonte de polissacarídeo não-amiláceos insolúvel, constituída principalmente por celulose insolúvel e arabinoxilanos, estimula a motilidade intestinal mecanicamente acelerando o ritmo de trânsito intestinal (Cummings & Stephen, 1980; Selvendran, 1984; Wilfart et al., 2007).

Tabela 5 - Ocorrência de diarreia e médias de ocorrência de diarreia transformadas (MODT) de leitões alimentados com níveis de fibra em detergente neutro

| Consistência das fezes | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Efeito de regressão | P valor |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------|
|                        | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                     |         |
| Normal e pastosa       | 89                                       | 98    | 104   | 106   | 113   | -                   | -                   | -       |
| Líquida (diarreia)     | 37                                       | 28    | 22    | 20    | 13    | -                   | -                   | -       |
| Total                  | 126                                      | 126   | 126   | 126   | 126   | -                   | -                   | -       |
| % de diarreia          | 29,37                                    | 22,22 | 17,46 | 15,87 | 10,32 | -                   | -                   | -       |
| MODT                   | 2,508                                    | 2,312 | 2,116 | 1,921 | 1,725 | 32,09               | Linear <sup>2</sup> | 0,046   |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>y = 3,3402 - 0,0979x e R<sup>2</sup> 0,93.

Mateos et al. (2006) e Kim et al. (2008) comentaram que inclusão de fibra insolúvel proporciona a redução da diarreia e leitões recém-desmamados. De acordo com Schley & Field, (2002); Yin et al. (2004) a inclusão de fibra insolúvel pode limitar a aderência de bactérias patogênicas, imobilizando ou reduzindo a sua capacidade para permanecer no trato gastrointestinal resultando na sua eliminação nas fezes e reduzindo a diarreia.

Os resultados dessa pesquisa concordam com os encontrados por Hanczakowska et al. (2008) testando níveis de suplementação de celulose pura na dieta dos leitões desmamados, verificaram que a adição da fibra resultou em menor ocorrência de diarreia. Por outro lado discordam com dos resultados encontrado por Carneiro et al. (2008) e Pascoal et al. (2012), que ao testarem fontes de fibra em dietas para leitões, comentam que o uso de fibra solúvel em rações para leitões causou uma maior ocorrência de diarreia.

## CONCLUSÕES

Concluiu-se que, em rações para leitões recém-desmamados, o aumento do nível de FDN, de 8,5% até 16,5 %, não altera o pH e a viscosidade da digesta e reduz a ocorrência de diarreia, obtendo-se melhor morfologia da mucosa intestinal com o nível de 12% de FDN na ração.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) pelo apoio financeira do projeto de pesquisa, a Coordenação de Aperfeiçoamento em Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e a Universidade Federal do Ceará (UFC) disponibilização da infraestrutura necessária para a condução da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). 2001. Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46, 112.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Plant polysaccharides – their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994, Nottingham. Proceedings... Nottingham: University Press, 1994. p. 51-56.

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.A. 2006b. Dietary carbohydrates with different rates of fermentation affect fermentation end-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**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 3-20, 2001.

BLANCHARD, P. 1992. **Less buffering, more enzymes and organic acids**. [S.1]: Feed Mix, 2000.

BURACZEWSKA, L., et al. **Ileal and total digestibility of NDF and ADF of different feedstuffs in the pig**. In: BURACZEWSKA L.; BURACZEWSKI S.; PASTUCZEWSKA B.; ZEBROWSKA T. (ed.) *Digestive Physiology in the Pig*. Jablonna, Poland. Proc. 4th Int. Seminar. Institute of Animal Physiology and Nutrition, 1988. p. 224-228.

- 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**, Amsterdam, v. 146, p. 124-136, 2008.
- CERA, K.R., MAHAN, D.C., CROOS, R.F. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine, *Journal. Animal Science.*, 66:74-84.
- CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. 1980. The Role of Dietary Fiber in the Human-Cólon. **Canadian Medical Association Journal** . 123, 1109-1114.
- DROCHNER, W.; MEYER, H. Digestion of organic matter in the large intestine of ruminants, horses, pigs and dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.65, p.18-40, 1991
- DROCHNER, W. AND COENEN, M. 1986. Pflanzliche Strukturstoffe in der Schweineernährung, Übers. Tierernährg. 14: 1–50.
- ENGLYST, H.N., SHAY, G.T., MACFARLANE, S. (1987). Polysaccharide breakdown by mixed populations of human faecal bacteria. *FEMS microbiology ecology*, 95: 163-171.
- ERWIN, W.S.; MARCO, G.J.; MERY, E.M. 1961. Volatile fat acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, hampign, c v.44, p.1768-71.
- FREIRE, J. P. B., A. J. G. GUERREIRO, L. F. CUNHA, AND A. AUMAITRE. 2000. Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**. 87:71–83.
- HANNAS, M.I. **Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos.** FEALQ. Piracicaba, pp 33, 1999.
- HANCZAKOWSKA, E. SWIATKIEWICZ, M. BIALECKA, A. Pure cellulose as feed supplement for piglets. **Medycyna Wet.** v.64, p.45-48, 2008.
- 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.
- 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.



- HUAYNATE, R.A.R.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; FRAGA, A.L.; SCANDOLERA, A.J.; BUDIÑO, F.E.L. 2006. Uso de probióticos em dietas de suínos ocorrência de diarreia, desempenho zootécnico e digestibilidade de rações. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 43, 664-673.
- JENSEN, B. B., AND H. JORGENSEN. 1994. Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. **Applied and Environmental Microbiology**. 60:1897-1904.
- JOHANSEN, H.N. 1993. Dietary fiber from oats: physicochemical properties and physiological function in the stomach and small intestine of pigs. Ph.D Thesis. The royal veterinary and agricultural university, Copenhagen, Denmark,
- JOHANSEN, H.N., BACH KNUDSEN, K. E., BRITTMARIE SANDSTROM, SKJOTH, F. 1996. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. **British Journal of Nutrition**. 75, 339-351.
- JØRGENSEN, H., ZHAO, X, KNUDSEN, K. E. B; EGGUM, B. O. 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**. 75:379-395.
- KIM, J. C., B. P. MULLAN, D. J. HAMPSON, AND J. R. PLUSKE. 2008. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. **British Journal of Nutrition**. 99:1217–1225.
- LIMA, G.J.M.M.; MORÉS, N.; SANCHES, R.L. 2009. As diarreias nutricionais na suinocultura. **Acta Scientiae Veterinariae**. 37: 17-30.
- MA, Y.; LI, D.; QIAO, S.Y.; HUANG, C.H.; HAN, I.K. 2002 . The Effects of Fiber Source on Organ Weight, Digesta pH, Specific Activities of Digestive Enzymes and Bacterial Activity in the Gastrointestinal Tract of Piglets. **Australasian Journal of Animal Sciences**, 10: 1432 - 1488 .
- MAKKINK, C.A.; BERNTSEN, P.J.M.; KAMP, B.M.L.; KEMP, B.; VERSTEGEN, M.W.A. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to different dietary protein sources in newly weaned pigs. **Journal Animal Science**, v.72, p.2843-2850, 1994.
- MATEOS, G.G; MARTIN, F.; LATORRE, M.A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. 2006. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. **Journal Animal Science**, 82, 57-63.
- MOLIST, F., DE SEGURA, A.G., GASA, J., HERMES, R.G., MANZANILLA, E.G., ANGUITA, M., Pérez, J.F. 2009. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on

the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology** 149,346-353.

MCDONALD, D. E., W. PETHICK, B. P. MULLAN AND D. J. HAMPSON. 2001. 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**. 86:487-498.

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 New and Information**, v.16, n.3, p.93N-97N, 1995.

NRC (National Research Council) 2012. **Nutrient Requirements of Swine**, 11th Revised Edition. Washington, DC: National Academic Press.

PASCOAL, L.A.F., THOMAZ, M.C., WATANABE, P.H., RUIZ, U.S., EZEQUIEL, J.M.B., AMORIM, A.B., DANIEL. E., MASSON, G.C.I. 2012. Fiber sources in diets for newly weaned piglets, **Revista Brasileira de Zootecnia**.41, 636-642

PLUSKE, J. R.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P. Differential effects of feeding fermentable carbohydrate to growing pig on performance, gut size and slaughter characteristics. **Animal Science**, London, v. 67, n. 1, p. 147-156, 1998.

RAJAGOPALAN, T. G., S. MOORE, AND W. H. STEIN. Pepsin from pepsinogen, preparation and properties. **Journal of Biological Chemistry**, v.241, p.4940-4950, 1996.

REFSTIE, S.; SVIHUS, B.; Shearer, KD; STOREBAKKEN, T. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharides content in different soybean products. **Animal Feed Science and Technology**, V.79, p.331-345, 1999.

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

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. 2001. **Users guide: statistics**. Version 8. Cary: SAS Institute. v.2, 1452p.

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

- SCHLEY, P.D.; FIELD, C.J. 2002. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. **British Journal of Nutrition**. 87, 221-230.
- SELVEDRAN, R.R. 1984. The plant cell wall as a source of dietary fiber: chemistry and structure. **American Journal of Clinical Nutrition**, 39, 320-337.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV. 235p
- VAN DER MEULEN, J., BAKKER, J.G.M., 1991. Effect of various sources of dietary fibre on chemico-physical characteristics of digesta in the stomach and the small intestine of the pig. In: Verstegen, M.W.A., Huisman, J., den Hartog, L.A. (Eds.), Proceedings of the Fifth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, 24–26 April 1991, Wageningen, The Netherlands, pp. 440–445.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal Animal Science**. 1967, 26(1):119-120.
- VAN SOEST, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- YIN, YL, DENG, ZY, HUANG, HL; HOU, ZP Nutritional and health functions of carbohydrate for **pigs**. **Animal Feed Science and Technology**, v.13, p.523-538, 2004.
- WENK C: The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, 2001, 90: 21-33.

## **CAPÍTULO III**

---

**Influência da fibra na dinâmica do trânsito gastrointestinal,  
digestibilidade, diarreia e desempenho de leitões recém-desmamados**

## **Influência da fibra na dinâmica do trânsito gastrointestinal, digestibilidade, diarreia e desempenho de leitões recém-desmamados**

**RESUMO** - Foram conduzidos dois experimentos envolvendo 120 leitões, machos castrados, desmamados com 21 dias de idade. No primeiro ensaio foram utilizados 30 animais com peso médio inicial de  $7,48 \pm 0,46$  kg, durante a fase de 21 a 42 dias de idade com objetivo de avaliar o tempo de trânsito gastrointestinal e digestibilidade da energia e nutrientes das rações. No segundo ensaio foram utilizados 90 com peso médio inicial de  $6,84 \pm 0,48$ kg, durante a fase de 21 a 70 dias de idade, com o objetivo de avaliar a ocorrência de diarreias e o desempenho zootécnico. Em ambos os experimentos os leitões foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos, considerando os níveis de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5% FDN e seis repetições, sendo um animal por parcela, no primeiro ensaio, e, três leitões por unidade experimental, no segundo ensaio, sendo os pesos iniciais dos animais o critério para a formação dos blocos. Constatou-se que níveis de FDN abaixo de 10,2 ou acima de 13,5% reduziram o tempo de trânsito da digesta. Foi verificado efeito quadrático do nível de FDN sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia, bem como no ganho de peso e conversão alimentar dos animais, não sendo observado efeito na ocorrência de diarreia. Conclui-se que níveis de FDN entre 10,2 e 13,5% reduzem o tempo de trânsito da digesta no trato digestório, enquanto a melhor digestibilidade dos nutrientes e energia das rações foi obtida entre 10 e 11,5% de FDN, sendo o melhor desempenho conseguido com 10% FDN.

**Palavras-chave:** fibra dietética, tempo de retenção, suínos.

## **Influence of fiber in the dynamics of gastrointestinal transit, digestibility, diarrhea and performance of weanling pigs**

**ABSTRACT** - Two experiments were conducted involving 120 piglets, castrated male, weaned at 21 days of age. In the first experiment 30 animals were used with an initial average weight of  $7.48 \pm 0.46$  kg, during the 21-42 days of age, with objective to evaluate the gastrointestinal transit time and the digestibility of energy and nutrients in diets. In the second experiment were used 90 with an average initial weight of  $6.84 \pm 0.48$  kg, during the 21-70 days of age, with the objective of evaluate the occurrence of diarrhea and productive performance. In both experiments, the piglets were distributed following a randomized block design with five treatments, considering the levels of neutral detergent fiber (NDF) of 8.5; 10.5; 12.5; 14.5 and 16.5% and six replications per treatment, one animal per plot, in the first trial, and three piglets per plot in the second test, and the initial weights of the animals the criterion used for the formation of blocks. It was found that NDF levels below 10.2 or above 13.5% reduced the transit time of digesta. Quadratic effect was observed in the level of NDF on the digestibility of all variables, as well as weight gain and feed conversion of animals, no effect in the occurrence of diarrhea was observed. It is concluded that NDF levels between 10.2 and 13.5% reduce transit time of food in the digestive tract, while the best digestibility and energy of the diets were obtained between 10 and 11.5% NDF, and the best performance achieved with 10% NDF.

**Keywords:** dietary fiber, retention time, swine.

## INTRODUÇÃO

O interesse no estudo da fibra nas dietas para leitões recém-desmamados resulta da possibilidade da mesma estar envolvida na manutenção da saúde intestinal, prevenindo doenças, como a diarreia pós-desmame, que tem impactos negativos diretos no desempenho e mortalidade dos leitões (Bindelle et al., 2008, Budiño et al., 2010; Montagne et al., 2014). Além disso, a fração fibrosa do alimento pode apresentar efeitos fisiológicos e metabólicos, decorrentes de alterações na taxa passagem do alimento no trato gastrointestinal e na taxa de excreção endógena de nitrogênio, modificações no quimo, aumentando a capacidade de retenção de água, o volume, o pH e a fermentação, com consequente produção ácidos graxos de cadeia curta, que são as principais fontes de energia para os enterócitos, ou ainda, por alterações nas populações dos microrganismos intestinais (Bach Knudsen, 2008).

Nesse cenário, um nível mínimo de fibra deve ser incluído em dietas para suínos para garantir a atividade fisiológica normal no trato digestivo. Mateos et al. (2006) sugeriram que leitões na fase de creche devem receber rações com no mínimo de 6% fibra. Contudo, Wilfart et al. (2007) observaram que dietas ricas em fibra, com 27% de fibra dietética total, podem afetar negativamente o consumo e digestibilidade de nutrientes em suínos jovens.

No entanto, os atuais sistemas de exigências nutricionais para suínos não possuem definições claras sobre as exigências de fibra e de carboidratos não fibrosos na dieta, considerando ainda a expressividade destas, percentualmente, na matéria seca do total de alimentos ingeridos diariamente pelos leitões na fase de creche. Além disso, os diferentes métodos de determinação dos componentes fibrosos de um alimento ou dieta também resultam em diferentes interpretações. Embora a metodologia enzimática de determinação das fibras dietéticas solúvel, insolúvel e total ser aquela que expressa com maior precisão o conteúdo de fibra dos alimentos, o custo da análise dificulta sua aplicação prática. Dessa forma, o método proposto por Van Soest (1967) de determinação da fibra em detergente neutro (FDN) configura-se como o dado com melhor correlação ao teor de fibra dietética total (Silva & Queiroz 2006), além de constar na base de dados da maioria dos sistemas de composição químico-bromatológica de alimentos para animais (NRC, 2012 e Rostagno et al., 2011), possibilitando o uso em formulações de rações para leitões.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos do nível de fibra em detergente neutro em rações de leitões de 21 a 70 dias de idade sobre o tempo de trânsito da digesta, digestibilidade da energia e nutrientes das rações, desempenho e na ocorrência de diarreia.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os protocolos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo no 55/2013 de 27 de novembro de 2013, e está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Foram realizados dois experimentos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, envolvendo 120 leitões, machos castrados, da linha genética Topigs, desmamados com 21 dias de idade. No primeiro ensaio foram utilizados 30 animais com peso médio inicial de  $7,48 \pm 0,46$  kg, durante a fase de 21 a 42 dias de idade, com objetivo de avaliar o tempo de trânsito gastrointestinal das digestas e da digestibilidade da energia e nutrientes das rações. No segundo ensaio foram utilizados 90 com peso médio inicial de  $6,84 \pm 0,48$  kg, durante a fase de 21 a 70 dias de idade, com objetivo de avaliar a ocorrência de diarreia e o desempenho zootécnico.

Os leitões foram distribuídos seguindo um delineamento em blocos casualizados, em cinco tratamentos, considerando os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5% com seis repetições por tratamento, sendo um animal por parcela, no primeiro ensaio, e, três leitões por unidade experimental, no segundo ensaio, sendo os pesos iniciais dos animais o critério utilizado para a formação dos blocos.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria equipadas com comedouro semiautomático, bebedouro tipo chupeta e cortinas laterais, as quais eram manejadas diariamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado por meio de quatro datalogger's distribuídos no interior do galpão, a 60cm do piso, nos quais as temperaturas e umidade relativa foram registradas durante o período experimental em intervalos de 10 minutos.

As análises químico-bromatológica dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará,



onde os mesmos foram submetidos às análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) de acordo com Silva & Queiroz (2006) e fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) conforme metodologia descrito por Van Soest et al. (1991), cuja os valores determinado foram 89,71% de MS, 8,21% de PB, 12,47% de FDN e 2,30% de FDA para o milho; 90,60% de MS, 38,96% de PB, 18,54% de FDN e 10,01% de FDA para o farelo de soja; 89,96% de MS, 32,96% de PB, 15,15% de FDN e 7,28% de FDA para a soja integral extrusada e 94,40% de MS, 14,79% de PB, 38,10% de FDN e 28,18% de FDA para o farelo de trigo. Conforme a similaridade dos valores médios para os ingredientes preconizado por Rostagno et al (2001), utilizou-se os valores de energia metabolizável, gordura, cálcio, fósforo, sódio, lisina, metionina, treonina, triptofano e amido dos ingredientes de acordo com estes mesmos autores.

As rações experimentais utilizadas (Tabelas 1) foram formuladas para serem isocalóricas e isonutritivas, considerando-se as exigências nutricionais para leitões de 21 a 32, 33 a 42 e 43 a 70 dias de idade, de acordo com Rostagno et al. (2011). Durante todo o período experimental as rações e a água foram fornecidas aos animais à vontade.

Os coeficientes de digestibilidade da energia bruta, matéria seca, matéria orgânica, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose das rações, foram determinados pelo método da coleta parcial de fezes, com inclusão de 0,5% de Celite® 545 às rações e utilizando a cinza ácida insolúvel (CAI) como indicador. A determinação foi realizada entre 33º e 40º dia de idade, sendo dois dias de adaptação e cinco dias de coletas. Assim, após o período de adaptação foram realizadas as coletas de aproximadamente de 200g de fezes de cada animal, duas vezes ao dia, durante quatro dias consecutivos, sendo as amostras acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer a -20°C as quais foram posteriormente homogeneizadas e submetidas às análises de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e matéria orgânica, de acordo com Silva & Queiroz (2006); fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose, com as devidas correções de procedimento para a presença de amido, conforme metodologia descrito por Van Soest et al. (1991) e energia por meio de combustão em bomba calorimétrica adiabática (Modelo 1242, Parr Instruments Co. EUA.)

Para determinação do tempo de trânsito gastrointestinal da digesta, foi utilizado o método descrito por Zhang et al. (2001). Assim, no 32º dia de idade foram ofertadas aos

leitões, suas respectivas rações experimentais, marcadas com 0,5% de Celite® 545, sendo as quantidades calculadas com base no consumo e peso metabólico dos animais. Logo após o período de consumo, as sobras de ração foram coletadas e os comedouros abastecidos com as rações experimentais não marcadas. Após 15 horas do fornecimento das rações marcadas as fezes foram coletadas em intervalos de 3 horas durante um período 12 horas, sendo as amostras mantidas congeladas. Posteriormente as fezes foram descongeladas, submetidas à pré-secagem, em estufa com circulação de ar forçada a 55° C durante 72 horas, moídas em moinho de porcelana, digeridas em ácido clorídrico 4N e queimada em mufla conforme metodologia de Van Keulen & Young (1977). A partir destes dados foram determinadas as concentrações de CAI excretadas pelos leitões nos diferentes tempos de coletas.

Para a mensuração das variáveis de desempenho foi realizado a pesagem dos animais e suas respectivas rações no início e fim de cada fase, bem como, das rações desperdiçadas, que foram recolhidas em sacos plásticos e quantificadas diariamente para correlação do consumo. Os dados de ganho de peso médio diário e consumo de ração médio diário foram obtidos pelas diferenças de pesagens, sendo a conversão alimentar calculada a partir destes.

Para a determinação da ocorrência de diarreia os leitões e as fezes foram observados uma vez ao dia, durante todo o período experimental, sempre pelo mesmo observador às 15 horas. Mediante análise visual, as fezes foram classificadas a partir de suas características físicas, sendo registradas as observações de fezes moles ou aquosas, considerada como diarreia. A partir das observações foram calculadas as porcentagens de ocorrência de diarreia para cada tratamento (Huaynate et al., 2006), e os dados submetidos à transformação radical ( $y = \sqrt{x + 1}$ ) para atender as premissas da análise de variância.

A análise estatística foi realizada mediante utilização do software estatístico Statistical Analyses System (SAS INSTITUTE, 2001). Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, onde os graus de liberdade, referentes aos níveis de FDN nas rações, foram desdobrados em polinômios, para estabelecer a curva que melhor descrevesse o comportamento dos dados.

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase creche

| Ingredientes                                 | 21 a 32 dias de idade                    |               |               |               |               | 33 a 42 dias de idade |               |               |               |               | 43 a 70 dias de idade |               |               |               |               |
|--|--|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|  | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |
|  | 8,50                                     | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         | 8,50                  | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         | 8,50                  | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         |
| Milho grão                                   | 24,81                                    | 31,46         | 35,08         | 43,20         | 34,34         | 18,50                 | 22,86         | 50,54         | 41,68         | 32,81         | 24,04                 | 41,50         | 52,80         | 45,01         | 42,75         |
| Farelo de soja                               | 24,69                                    | 21,40         | 18,42         | 10,10         | 0,41          | 30,06                 | 27,01         | 20,26         | 10,57         | 0,88          | 24,90                 | 17,33         | 9,26          | 0,99          | 0,00          |
| Soja integral extrusada                      | 0,00                                     | 0,00          | 0,00          | 5,76          | 15,23         | 0,00                  | 0,00          | 1,49          | 10,96         | 20,43         | 0,78                  | 4,50          | 9,56          | 17,22         | 15,61         |
| Farelo de trigo                              | 0,54                                     | 5,19          | 10,69         | 15,02         | 24,15         | 0,00                  | 5,29          | 4,11          | 13,23         | 22,36         | 0,38                  | 2,07          | 5,50          | 14,30         | 21,42         |
| Amido  | 21,21                                    | 14,56         | 9,95          | 0,00          | 0,00          | 26,51                 | 21,40         | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 27,24                 | 11,81         | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Glúten de milho 60%                          | 8,00                                     | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00                  | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00                  | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00          |
| Leite permeado em pó                         | 1,50                                     | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 1,50                  | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 2,50                  | 2,50          | 2,50          | 2,50          | 2,50          |
| Leite desnatado em pó                        | 5,50                                     | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 5,50                  | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 2,50                  | 2,50          | 2,50          | 2,50          | 2,50          |
| Açúcar                                       | 3,00                                     | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00                  | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00                  | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00          |
| Óleo de soja                                 | 2,60                                     | 2,60          | 2,60          | 2,60          | 2,60          | 1,20                  | 1,20          | 1,20          | 1,20          | 1,20          | 0,00                  | 0,00          | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Fosfato mono-bicálcico                       | 1,83                                     | 1,76          | 1,69          | 1,62          | 1,50          | 1,54                  | 1,47          | 1,46          | 1,34          | 1,22          | 1,31                  | 1,28          | 1,22          | 1,11          | 1,02          |
| Calcário                                     | 0,85                                     | 0,88          | 0,92          | 0,95          | 0,99          | 0,92                  | 0,96          | 0,98          | 1,02          | 1,05          | 0,95                  | 0,98          | 1,01          | 1,05          | 1,09          |
| Sal comum                                    | 0,56                                     | 0,56          | 0,56          | 0,55          | 0,55          | 0,44                  | 0,43          | 0,42          | 0,43          | 0,43          | 0,39                  | 0,38          | 0,38          | 0,38          | 0,38          |
| Suplemento vitamínico e mineral              | 0,40                                     | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40                  | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40                  | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40          |
| L-Lisina HCl                                 | 0,70                                     | 0,76          | 0,82          | 0,89          | 0,92          | 0,38                  | 0,44          | 0,57          | 0,60          | 0,62          | 0,28                  | 0,38          | 0,46          | 0,48          | 0,52          |
| DL-Metionina                                 | 0,20                                     | 0,19          | 0,19          | 0,19          | 0,20          | 0,09                  | 0,09          | 0,08          | 0,09          | 0,09          | 0,01                  | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01          |
| L-Treonina                                   | 0,24                                     | 0,26          | 0,28          | 0,30          | 0,31          | 0,09                  | 0,11          | 0,14          | 0,15          | 0,16          | 0,01                  | 0,04          | 0,06          | 0,08          | 0,09          |
| L-Triptofano                                 | 0,07                                     | 0,08          | 0,09          | 0,10          | 0,09          | 0,02                  | 0,03          | 0,04          | 0,03          | 0,04          | 0,00                  | 0,02          | 0,03          | 0,03          | 0,03          |
| BHT  | 0,01                                     | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01                  | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01                  | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01          |
| Inerte                                       | 3,29                                     | 1,89          | 0,30          | 0,31          | 0,30          | 1,84                  | 0,30          | 0,30          | 0,29          | 0,30          | 3,30                  | 3,29          | 3,30          | 2,93          | 0,67          |
| <b>Total</b>                                 | <b>100,0</b>                             | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,0</b>          | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,0</b>          | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Composição nutricional calculada</b>      |  |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |
| Energia metabolizável (kcal/kg) <sup>a</sup> | 3.325                                    | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.325                 | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.230                 | 3.230         | 3.230         | 3.230         | 3.230         |
| Proteína bruta (%) <sup>a</sup>              | 19,56                                    | 19,56         | 19,56         | 19,56         | 19,56         | 20,56                 | 20,56         | 20,56         | 20,56         | 20,56         | 18,13                 | 18,13         | 18,13         | 18,13         | 18,13         |
| Fósforo disponível (%) <sup>a</sup>          | 0,49                                     | 0,49          | 0,49          | 0,49          | 0,49          | 0,44                  | 0,44          | 0,44          | 0,44          | 0,44          | 0,36                  | 0,36          | 0,36          | 0,36          | 0,36          |
| Cálcio (%) <sup>a</sup>                      | 0,83                                     | 0,83          | 0,83          | 0,83          | 0,83          | 0,81                  | 0,81          | 0,81          | 0,81          | 0,81          | 0,73                  | 0,73          | 0,73          | 0,73          | 0,73          |
| Lisina digestível (%) <sup>a</sup>           | 1,42                                     | 1,42          | 1,42          | 1,42          | 1,42          | 1,30                  | 1,30          | 1,30          | 1,30          | 1,30          | 1,04                  | 1,04          | 1,04          | 1,04          | 1,04          |
| Met. + cistina digestível (%) <sup>a</sup>   | 0,79                                     | 0,79          | 0,79          | 0,79          | 0,79          | 0,73                  | 0,73          | 0,73          | 0,73          | 0,73          | 0,58                  | 0,58          | 0,58          | 0,58          | 0,58          |
| Treonina digestível (%) <sup>a</sup>         | 0,89                                     | 0,89          | 0,89          | 0,89          | 0,89          | 0,82                  | 0,82          | 0,82          | 0,82          | 0,82          | 0,65                  | 0,65          | 0,65          | 0,65          | 0,65          |
| Triptofano digestível (%) <sup>a</sup>       | 0,26                                     | 0,26          | 0,26          | 0,26          | 0,26          | 0,23                  | 0,23          | 0,23          | 0,23          | 0,23          | 0,19                  | 0,19          | 0,19          | 0,19          | 0,19          |
| Sódio (%) <sup>a</sup>                       | 0,27                                     | 0,27          | 0,27          | 0,27          | 0,27          | 0,22                  | 0,22          | 0,22          | 0,22          | 0,22          | 0,20                  | 0,20          | 0,20          | 0,20          | 0,20          |
| Gordura                                      | 3,17                                     | 3,90          | 4,40          | 6,33          | 7,66          | 2,74                  | 3,29          | 5,92          | 7,25          | 8,58          | 3,27                  | 5,53          | 7,58          | 8,65          | 8,39          |
| Amido  | 38,78                                    | 38,24         | 37,87         | 35,02         | 31,75         | 39,95                 | 39,54         | 37,19         | 33,91         | 30,63         | 43,63                 | 41,01         | 38,25         | 35,60         | 36,19         |
| FDN  | 8,50                                     | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         | 8,50                  | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         | 8,50                  | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         |
| FDA  | 3,45                                     | 3,80          | 4,15          | 4,45          | 4,70          | 3,70                  | 4,05          | 4,41          | 4,66          | 4,90          | 3,48                  | 3,81          | 4,12          | 4,38          | 4,74          |
| Hemicelulose                                 | 5,05                                     | 6,70          | 8,35          | 10,05         | 11,80         | 4,80                  | 6,45          | 8,09          | 9,84          | 11,60         | 5,02                  | 6,69          | 8,38          | 10,12         | 11,76         |

\* Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina D3 450.000,00 UI, Vitamina E 7.500,00 mg, Vitamina K3 1.500,00 Tiamina (Vitamina B1) 250,00 mg, Riboflavina (Vitamina B2) 1.300,00 mg, Piridoxina (Vitamina B6) 375,00 mg, Vitamina B12 5.000,00 mg, Niacina 7.500,00 mg, Pantotenato de Cálcio 4.500,00 mg, Ácido Fólico 150,00 mg, Biotina 22,50 mg, Colina 68.000,00 mg, Ferro 12.500,00 mg, Cobre 5.250,00 mg, Manganês 8.750,00 mg, Zinco 26.250,00 mg, Iodo 350,00 mg, Selênio 75,00 mg, Antioxidante 1.000,00 mg, q.s.p.veiculo.

<sup>a</sup> Rostagno et al. (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de temperaturas ambiental registradas no primeiro e segundo experimento foram, respectivamente: 28,23°C, sendo 33,27°C e 24,96°C as médias das temperaturas máximas e mínimas, com umidade relativa do ar média de 62,36% e; 28,10°C, sendo 33,12°C e 23,58°C a média das temperaturas máximas e mínimas, com média da umidade relativa do ar de 62,80%. As médias de temperaturas observadas estiveram acima da faixa ideal de conforto térmico para leitões desmamados (22 a 24°C), mantidos em condições de umidade relativa do ar de 50 - 70%, porém abaixo da temperatura crítica superior (35°C), o que garantiu um ambiente térmico adequado para expressão do potencial produtivo dos animais, segundo Hannas (1999).

Foi verificado efeito quadrático na excreção de CAI às 15; 18; 21; e 27 horas após fornecimento da ração em função dos níveis de FDN testados (Tabela 2, Figura 1). Inicialmente, o aumento da FDN na ração promoveu redução na excreção de CAI nas fezes coletadas às 15; 18; 21; e 27 horas após o fornecimento das rações, obtendo-se os menores valores para os níveis de 10,2; 11,0; 11,1 e 13,5% de FDN, respectivamente. Por sua vez, a inclusão de FDN acima desses níveis resultou em maior excreção da CAI.

Considerando que a menor excreção de CAI reflete o maior tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal, constatou-se que níveis FDN abaixo ou acima da faixa de 10,2 a 13,5% resultam na redução do tempo de trânsito da digesta, indicando que a fibra exerce papel regulador da motilidade da digesta no trato gastrointestinal.

Tabela 2 - Concentração de cinza ácida insolúvel nas fezes de leitões alimentados com níveis fibra em detergente neutro em função do tempo de retenção do alimento

| Tempo de retenção | Nível de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | Regressão       |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-----------------|
|                   | 8,5                                     | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                 |
|                   | Cinza ácida insolúvel (%)               |       |       |       |       |                 |
| 15h               | 0,109                                   | 0,072 | 0,135 | 0,195 | 0,322 | Quadrático      |
| 18h               | 0,116                                   | 0,103 | 0,128 | 0,098 | 0,244 | Quadrático      |
| 21h               | 0,094                                   | 0,034 | 0,104 | 0,093 | 0,191 | Quadrático      |
| 24h               | 0,104                                   | 0,152 | 0,096 | 0,082 | 0,078 | NS <sup>1</sup> |
| 27h               | 0,088                                   | 0,026 | 0,012 | 0,064 | 0,029 | Quadrático      |

<sup>1</sup>NS – não significativo

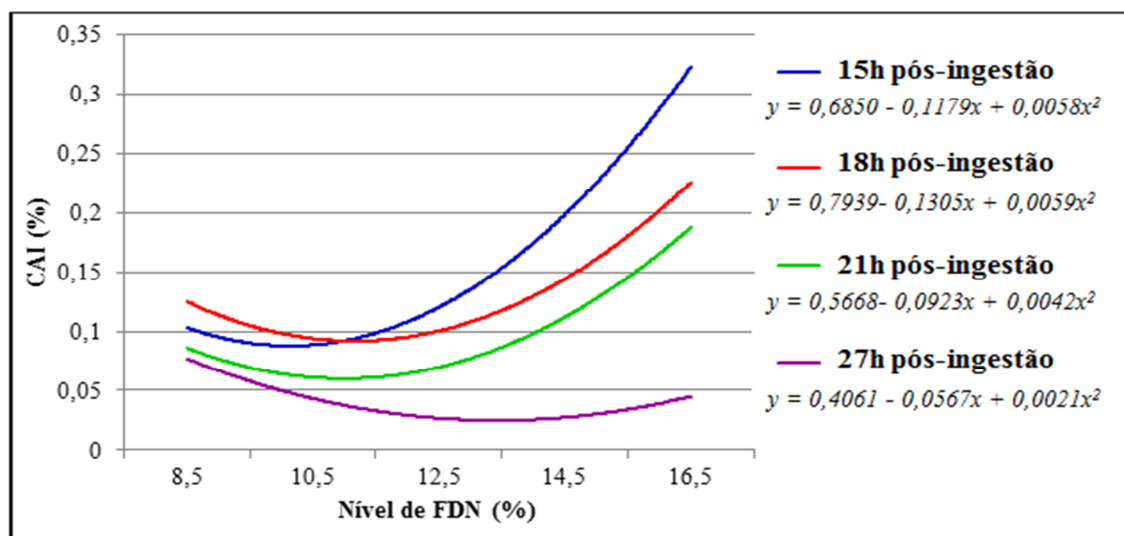


Figura 1 - Curvas de excreção da cinza ácida insolúvel de leitões alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FDN).

Esse efeito pode estar condicionado a maior inclusão de farelo de trigo, fonte de fibra insolúvel, em substituição aos subprodutos da soja, fonte de fibra solúvel, a mediada que houve aumento do nível de FDN, uma vez que o teor elevado desta fração fibrosa pode exercer ação mecânica no trato gastrointestinal, estimulando o peristaltismo e acelerando o trânsito da digesta, (Cukier et al., 2005).

Resultados similares foram encontrados por Freire et al. (2000) que verificaram redução no tempo de trânsito da digesta de leitões desmamados alimentados com rações contendo 15,6% de FDN, proveniente do farelo de alfafa. Da mesma forma Wilfart et al. (2007) constataram que o aumento de 22 para 27% de fibra dietética total reduziu o tempo de retenção da digesta no trato digestivo.

Na análise dos coeficientes de digestibilidade (Tabela 3 e Figura 2) observou-se efeito quadrático do nível de FDN da ração sobre a digestibilidade de todos os nutrientes, estimando-se o melhor coeficiente de digestibilidade das matérias seca, orgânica e mineral nos níveis de 10,6, 10,4 e 10,4% de FDN, respectivamente. Para a proteína bruta, extrato etéreo e energia, foram estimados que os níveis de 10,7; 11,5 e 10,2% de FDN foram, respectivamente, os quais oportunizaram maior aproveitamento destes nutrientes. Para a fração fibrosa, os maiores coeficientes de digestão da, FDN, FDA e hemicelulose foram estimados para os níveis de 10,9; 11,2 e 9,0% de FDN nas rações, respectivamente.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis de rações para leitões na fase de creche contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro

| Nutriente                                 | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |          |          |          |          | CV (%) <sup>1</sup> | Equações                 | P valor |
|---|--|----------|----------|----------|----------|---------------------|--------------------------|---------|
|   | 8,5                                      | 10,5     | 12,5     | 14,5     | 16,4     |                     |                          |         |
| Coeficientes de Digestibilidade (%)       |  |          |          |          |          |                     |                          |         |
| Matéria seca                              | 98,58                                    | 99,15    | 98,74    | 96,94    | 94,13    | 0,64                | Quadrática <sup>2</sup>  | 0,0001  |
| Proteína bruta                            | 92,61                                    | 96,22    | 94,09    | 83,49    | 67,33    | 5,11                | Quadrática <sup>3</sup>  | 0,0001  |
| Extrato etéreo                            | 99,63                                    | 99,80    | 99,82    | 99,57    | 99,37    | 0,09                | Quadrática <sup>4</sup>  | 0,0001  |
| Matéria mineral                           | 84,63                                    | 89,17    | 85,55    | 68,55    | 50,37    | 6,08                | Quadrática <sup>5</sup>  | 0,0001  |
| Matéria orgânica                          | 95,92                                    | 97,44    | 96,00    | 89,24    | 81,09    | 2,32                | Quadrática <sup>6</sup>  | 0,0001  |
| Fibra em detergente neutro                | 84,52                                    | 92,24    | 89,86    | 74,49    | 60,31    | 6,41                | Quadrática <sup>7</sup>  | 0,0001  |
| Fibra em detergente ácido                 | 72,84                                    | 88,93    | 86,78    | 62,42    | 35,94    | 9,33                | Quadrática <sup>8</sup>  | 0,0001  |
| Hemicelulose                              | 95,45                                    | 94,33    | 91,54    | 80,21    | 70,60    | 3,10                | Quadrática <sup>9</sup>  | 0,0001  |
| Energia                                   | 94,32                                    | 96,29    | 94,22    | 84,10    | 74,48    | 2,99                | Quadrática <sup>10</sup> | 0,0001  |
| Nutrientes Digestíveis                    |  |          |          |          |          |                     |                          |         |
| Matéria seca digestível (%)               | 88,86                                    | 87,76    | 88,49    | 86,63    | 83,25    | 0,99                | Quadrática <sup>11</sup> | 0,0001  |
| Proteína digestível (%)                   | 19,04                                    | 19,78    | 19,35    | 17,17    | 13,84    | 5,11                | Quadrática <sup>12</sup> | 0,0001  |
| Extrato Etéreo digestível (%)             | 2,73                                     | 3,28     | 5,91     | 7,22     | 8,53     | 7,38                | Quadrática <sup>13</sup> | 0,0001  |
| Matéria mineral digestível (%)            | 7,21                                     | 4,44     | 3,67     | 3,54     | 2,89     | 10,56               | Quadrática <sup>14</sup> | 0,0001  |
| Matéria orgânica digestível (%)           | 87,74                                    | 92,59    | 91,88    | 84,63    | 76,43    | 2,45                | Quadrática <sup>15</sup> | 0,0001  |
| Fibra em detergente neutro digestível (%) | 7,18                                     | 9,69     | 11,23    | 10,80    | 9,95     | 7,76                | Quadrática <sup>16</sup> | 0,0001  |
| Fibra em detergente ácido digestível (%)  | 2,62                                     | 3,47     | 3,77     | 3,03     | 2,00     | 9,23                | Quadrática <sup>17</sup> | 0,0001  |
| Hemicelulose digestível (%)               | 4,56                                     | 5,86     | 7,18     | 7,79     | 8,20     | 3,50                | Quadrática <sup>18</sup> | 0,0001  |
| Energia digestível (kcal/kg)              | 3.136,07                                 | 3.201,56 | 3.132,92 | 2.796,30 | 2.404,11 | 2,99                | Quadrática <sup>19</sup> | 0,0001  |

<sup>1</sup>CV - coeficiente de variação; <sup>2</sup>y = 82,145 + 3,2202x - 0,1518x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,91; <sup>3</sup>y = - 5,2325 + 19,097x - 0,8946x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,87; <sup>4</sup>y = 97,294 + 0,4382x - 0,0191x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,81; <sup>5</sup>y = - 30,426 + 22,931x - 1,1009x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,92; <sup>6</sup>y = 47,855 + 9,5746x - 0,461x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,91; <sup>7</sup>y = - 28,752 + 22,053x - 1,0145x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,90; <sup>8</sup>y = - 151,87 + 42,871x - 1,9156x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,91; <sup>9</sup>y = 58,76 + 8,2008x - 0,4557x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,94; <sup>10</sup>y = 38,389 + 11,354x - 0,5579x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,93; <sup>11</sup>y = 75,232 + 2,6808x - 0,1326x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,86; <sup>12</sup>y = - 1,0758 + 3,9262x - 0,1839x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,87; <sup>13</sup>y = - 3,2466 + 0,6136x + 0,0069x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,97; <sup>14</sup>y = 23,498 - 2,7024x + 0,0891x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,92; <sup>15</sup>y = 16,422 + 13,588x - 0,6073x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,90; <sup>16</sup>y = - 17,371 + 4,2087x - 0,1551x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,91; <sup>17</sup>y = - 9,8417 + 2,2898x - 0,0964x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,89; <sup>18</sup>y = - 7,5294 + 1,919x - 0,0586x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,97; <sup>19</sup>y = 849,7 + 457,18x - 22,135x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,93.

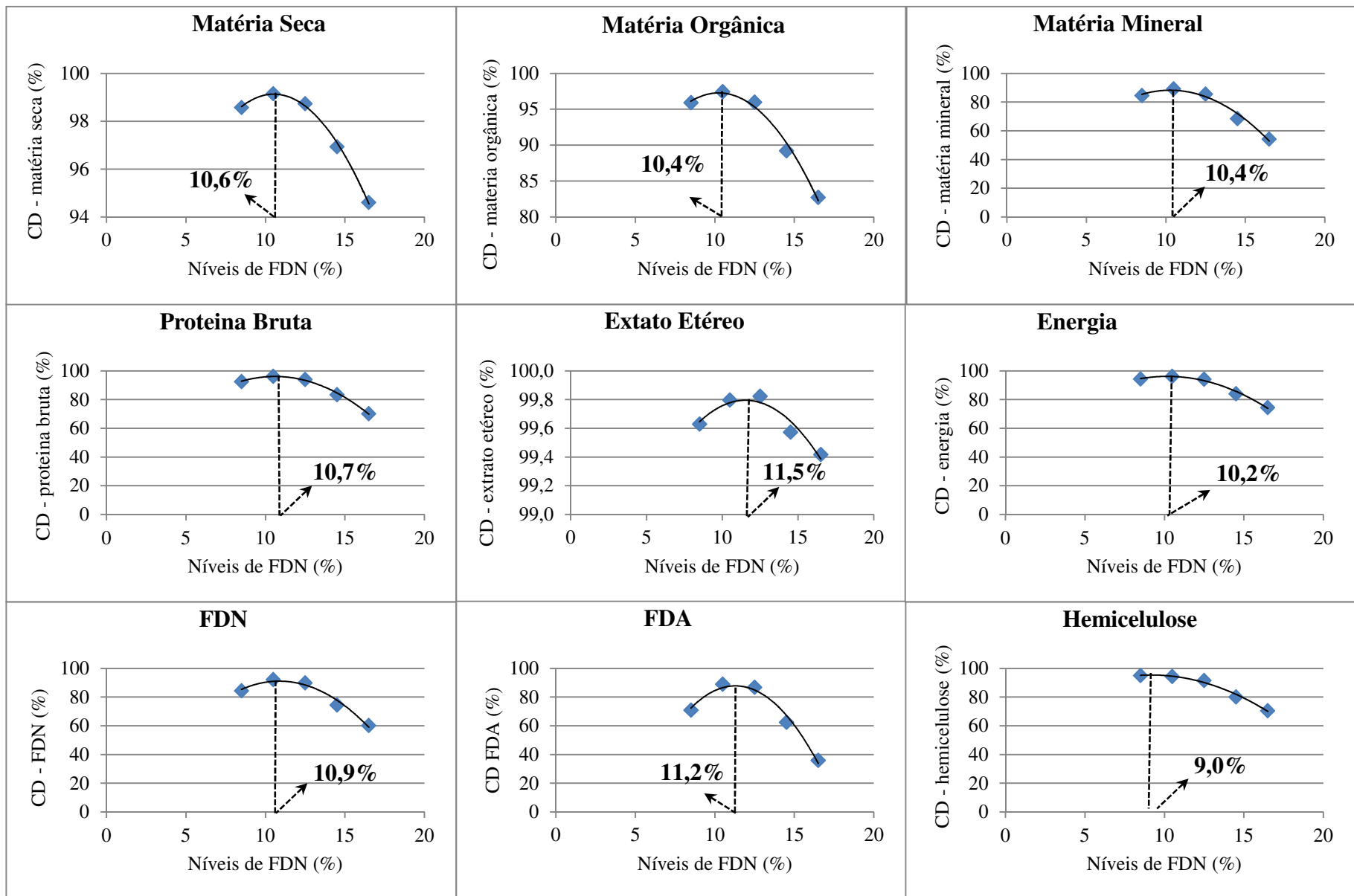


Figura 2 - Curvas dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e energia de rações para leitões recém-desmamados contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro.

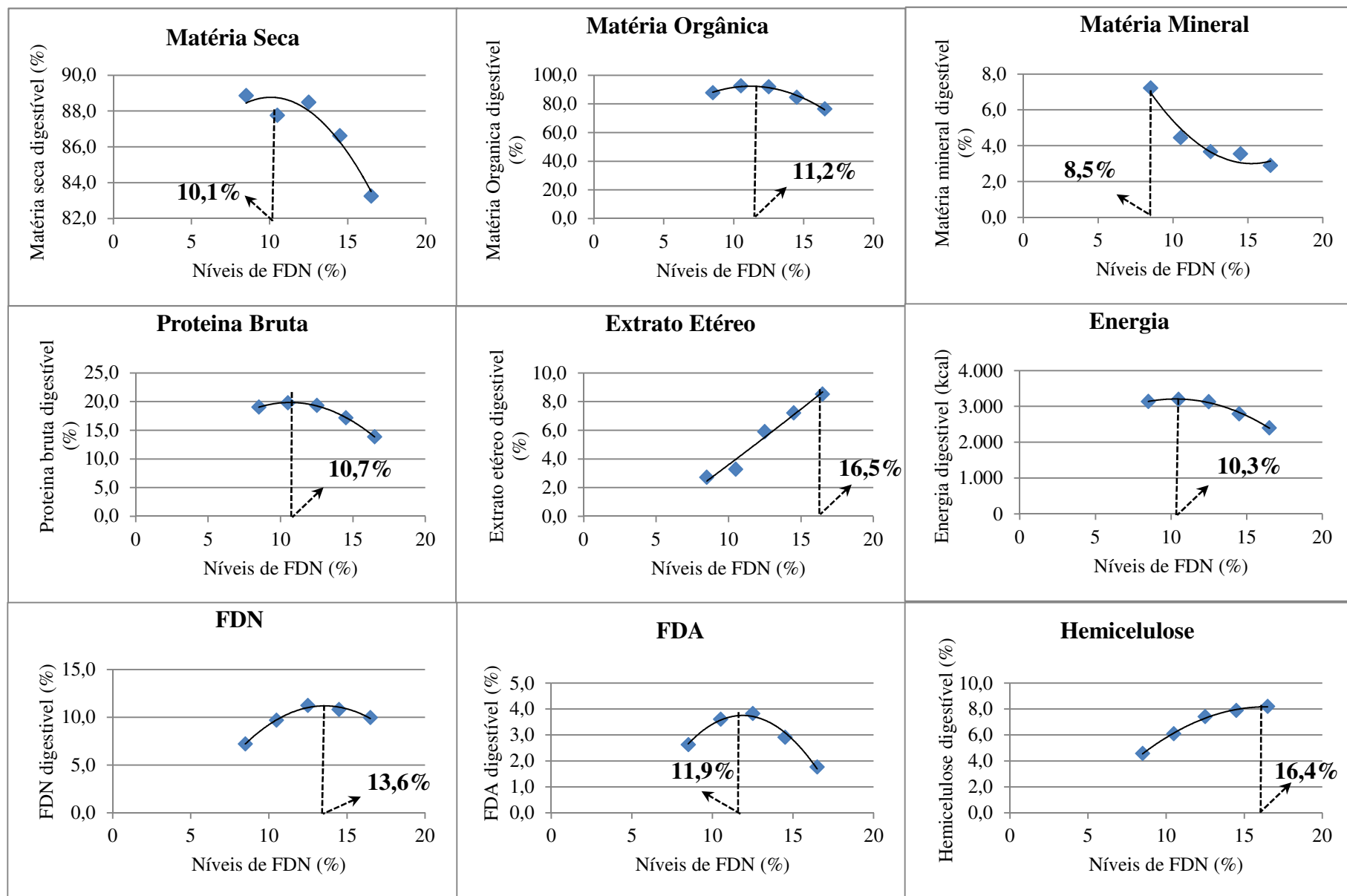


Figura 3 - Curvas de nutrientes e energia digestíveis de rações para leitões recém-desmamados contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro.



Foram detectados efeitos quadráticos em todos os nutrientes digestíveis (Tabela 3 e Figura 3) estimando-se maiores valores das matérias seca, orgânica e mineral digestível nos níveis de 10,1; 11,2 e 8,5% de FDN, enquanto que para a proteína bruta extrato etéreo e energia digestível as maiores frações digestíveis nos níveis de 10,7; 16,5 e 10,3% de FDN, respectivamente. No que compete a digestibilidade das frações fibrosas, foram estimados que níveis de 13,6; 11,9; e 16,4% de FDN nas rações seriam responsáveis pelo maior quantidade de FDN, FDA e hemicelulose digestíveis, respectivamente.

Comparando os melhores resultados observados dos coeficientes de digestibilidade e nutrientes digestíveis, observou-se que a elevação do teor de FDN nas dietas deprimiu a eficiência de aproveitamento da fração digestível da gordura, hemicelulose, FDN, FDA e conseqüentemente da matéria orgânica.

A redução da digestibilidade dos nutrientes com o aumento da FDN da ração, em média a partir de 11% de FDN, está de acordo com os relatos da literatura (Wenk, 2001; Högberg & Lindberg, 2004a; Högberg & Lindberg, 2004b; Len et al, 2009a; Len et al, 2009b) e pode ser associada aos efeitos adversos dessa fração na alimentação de suínos. Wenk (2001) relatou que os prejuízos causados pelo elevado teor de fibra, na digestão e absorção dos nutrientes, ocorrem devido a esta fração atuar como barreira física, impedindo que as enzimas digestivas acessem o conteúdo interno das células vegetais.

Outro impacto fisiológico de dietas com elevado teor de fibra é a perda de células epiteliais por descamação da mucosa, com conseqüente aumento da taxa de renovação celular (Hedemann et al. 2006), que implica no comprometimento da estrutura da borda em escova, trazendo prejuízos sobre a digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes em suínos, bem como desequilíbrio do gasto energético, redirecionado de outras funções para a recuperação da superfície da mucosa. De acordo com Jørgensen et al, (1996) a depreciação da digestibilidade em função da inclusão de fibra é resultado do aumento da ação peristáltica e redução do tempo de trânsito no intestino delgado e grosso, com conseqüente redução do tempo de exposição da digesta as enzimas digestivas, além de incremento do nitrogênio endógeno, provenientes das secreções de sucos digestivos (Mosenthin et al.,1994).

No entanto há de se considerar que houve melhora no coeficiente de digestibilidade dos nutrientes com aumento do nível de FDN da ração de 8,5 para cerca

de 10% a 11%, indicando que leitões recém-desmamados necessitam de uma quantidade mínima de fibra na ração. Conforme os relatos da literatura (Mateos et al., 2006), essa presença de fibra é necessária para garantir a motilidade normal do trato gastrointestinal e tempo de exposição do bolo alimentar aos processos digestivos para que não haja prejuízos na digestibilidade da matéria orgânica e conseqüentemente dos nutrientes e energia.

Na análise de desempenho (Tabela 4), observou-se efeito quadrático do nível de FDN da ração sobre o ganho de peso e conversão alimentar nos períodos de 21 a 32 e 21 a 70 dias de idade, estimando-se melhores resultados para ambas variáveis nos níveis de 10,4% de FDN (Figura 4), para a primeira fase, e 9,9% de FDN para o período total (Figura 5). Assim, níveis de FDN na ração inferiores ou superiores aos estimados comprometeram negativamente o ganho de peso e a conversão alimentar.

Tabela 4 - Consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de leitões alimentados com diferentes níveis fibra em detergente neutro

| Variáveis             | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Equação                 | P valor |
|-----------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------------------------|---------|
|                       | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                         |         |
| 21 a 32 dias de idade |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| CRMD (kg)             | 0,174                                    | 0,184 | 0,190 | 0,168 | 0,166 | 10,13               | NS <sup>2</sup>         | 0,0724  |
| GPMD (kg)             | 0,125                                    | 0,134 | 0,135 | 0,099 | 0,092 | 24,20               | Quadrática <sup>3</sup> | 0,0132  |
| CA (kg/kg)            | 1,470                                    | 1,443 | 1,427 | 1,765 | 2,032 | 24,12               | Quadrática <sup>4</sup> | 0,0113  |
| 21 a 42 dias de idade |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| CRMD (kg)             | 0,309                                    | 0,311 | 0,319 | 0,299 | 0,286 | 12,50               | NS <sup>2</sup>         | 0,5356  |
| GPMD (kg)             | 0,208                                    | 0,210 | 0,217 | 0,197 | 0,198 | 14,68               | NS <sup>2</sup>         | 0,3832  |
| CA (kg/kg)            | 1,487                                    | 1,481 | 1,485 | 1,534 | 1,570 | 6,49                | NS <sup>2</sup>         | 0,0929  |
| 21 a 70 dias de idade |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| CRMD (kg)             | 0,751                                    | 0,751 | 0,751 | 0,732 | 0,717 | 9,30                | NS <sup>2</sup>         | 0,3359  |
| GPMD (kg)             | 0,425                                    | 0,430 | 0,434 | 0,373 | 0,370 | 11,75               | Quadrática <sup>5</sup> | 0,0244  |
| CA (kg/kg)            | 1,771                                    | 1,745 | 1,733 | 1,969 | 1,982 | 9,92                | Quadrática <sup>6</sup> | 0,0214  |

<sup>1</sup>CV-coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS - não significativo; <sup>3</sup>y = - 0,0095 + 0,0271x - 0,0013x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,84; <sup>4</sup>y = 3,2543 - 0,3552x + 0,0171x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,96; <sup>5</sup>y = 0,284 + 0,0298x - 0,0015x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,79; <sup>6</sup>y = 2,346 - 0,1208x + 0,0061x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,79.

Considerando que a quantidade de nutrientes e energia disponíveis para o metabolismo basal e de produção dos leitões está diretamente relacionado à taxa de ganho de peso é possível afirmar que os resultados de desempenho refletem os efeitos dos níveis de FDN sobre a digestibilidade dos nutrientes da ração. Isso fica evidente

pela similaridade das estimativas para o máximo desempenho e digestibilidade da proteína e energia.

As estimativas dos melhores níveis de FDN da ração para o desempenho dos leitões observados diferem, em parte, dos relatados por alguns pesquisadores. Mateos et al. (2006), não verificaram comprometimento do desempenho dos leitões com rações contendo 6% de FDN. Entretanto, Högberg & Lindberg (2004a) observaram que o aumento 10,5 para 21,5% de FDN resultou em maior ganho de peso dos leitões desmamados. Por sua vez, Schiavon et al. (2004) observaram redução no ganho de peso dos leitões alimentados com ração em que a inclusão da polpa de beterraba resultou em dieta com 18,5% de FDN. No tocante a disparidade nos resultados para os efeitos da fração fibrosa da ração sobre o desempenho de suínos, há de se considerar que isso está associado aos efeitos fisiológicos causados pelas características químicas, físicas, bem como pelo grau de lignificação e das quantidades incluídas, dos alimentos utilizados como fonte de fibra (Wenk, 2001).

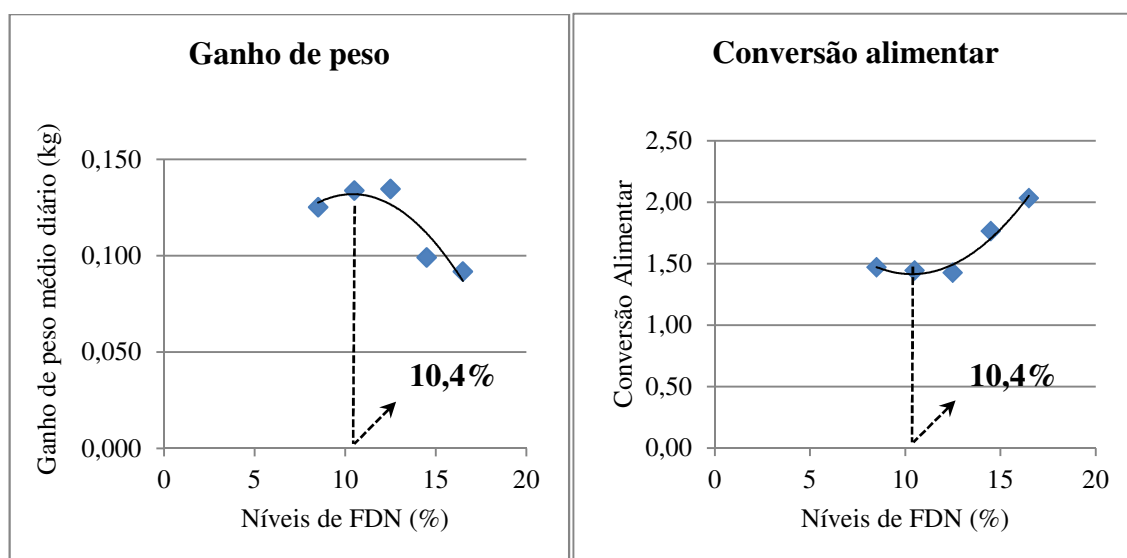


Figura 4 - Curvas de ganho de peso e conversão alimentar de leitões de 21 a 32 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro.

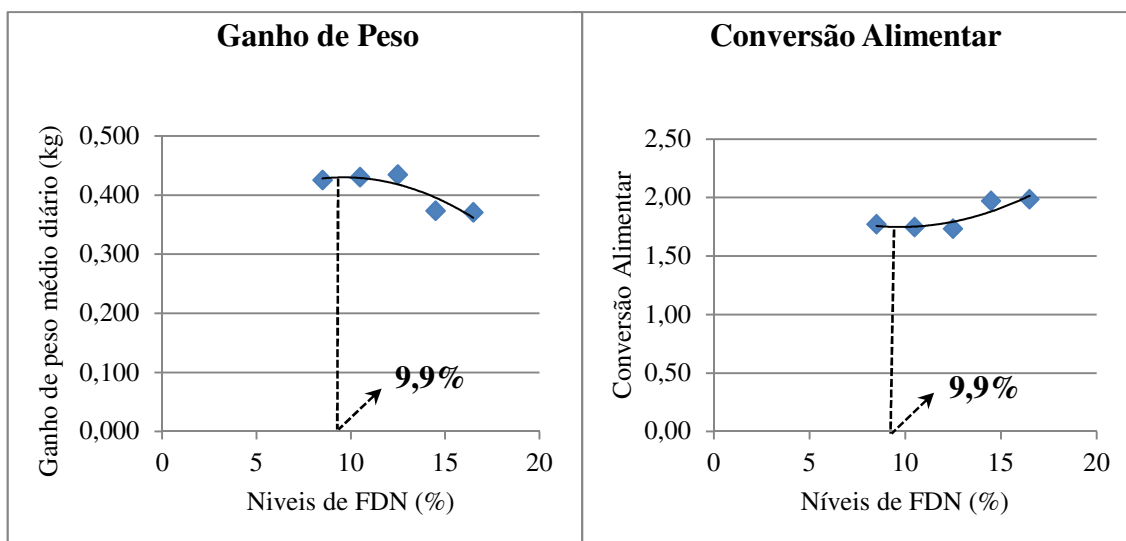


Figura 5 – Curvas de ganho de peso e conversão alimentar de leitões de 21 a 70 dias de idade alimentados com diferentes níveis de fibra em detergente neutro.

Na avaliação da ocorrência de diarreias, observou-se que a variação de 8,5% a 16,5% de FDN não afetou significativamente os resultados (Tabela 5). Porém há de se considerar que a percentagem de ocorrências entre os tratamentos não ultrapassou 15% das verificações.

Tabela 5 - Ocorrência de diarreia e médias de ocorrência de diarreia transformadas (MODT) de leitões alimentados com níveis de fibra em detergente neutro

| Consistência das fezes | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão       | P     |
|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|-----------------|-------|
|                        | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                 |       |
| Normal e pastosa       | 322                                      | 329   | 335   | 340   | 345   | -                   | -               | -     |
| Líquida (diarreia)     | 56                                       | 49    | 43    | 38    | 33    | -                   | -               | -     |
| Total                  | 378                                      | 378   | 378   | 378   | 378   | -                   | -               | -     |
| % de diarreia          | 14,81                                    | 12,96 | 11,38 | 10,05 | 8,73  | -                   | -               | -     |
| MODT                   | 1,885                                    | 1,803 | 1,784 | 1,700 | 1,611 | 33,57               | NS <sup>2</sup> | 0,143 |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS – não significativo.

Vários estudos já demonstraram que a fibra dietética em função da sua solubilidade pode interferir positiva ou negativamente na ocorrência da diarreia pós-desmame de leitões. Yin et al. (2004) verificaram que a inclusão de fibra insolúvel pode limitar a aderência de bactérias patogênicas, imobilizando ou reduzindo a sua capacidade para permanecer no trato gastrointestinal resultando na sua eliminação com o quimo e reduzindo a diarreia. Em relação ao efeito da fibra solúvel, Carneiro et al. (2008) e

Pascoal et al. (2012), afirmaram que o uso da mesma em rações para leitões causou o aumento da ocorrência de diarreia.

Contudo a ausência de efeito, nesse estudo, pode ser associada ao uso de um conjunto heterogêneo de fontes de fibra, de forma que o aumento do teor da FDN entre os tratamentos promoveu a redução das quantidades de subprodutos da soja, fontes de fibra solúvel, com aumento da inclusão do farelo de trigo, caracterizado como fonte de fibra insolúvel, (Wilfart, et al., 2007), onde a variação dos teores das frações solúvel e insolúvel da fibra dietética não foi suficiente para que tenha afetado a frequência de diarreias nos animais.

Os resultados discordam com os encontrados por Hanczakowska et al. (2008) que verificaram que a suplementação de celulose pura na dieta de leitões desmamados resultou em menor ocorrência de diarreia. Discordam também dos resultados encontrado por Carneiro et al. (2008) e Pascoal et al. (2012) que observaram que o uso de fibra solúvel em rações para leitões causou uma maior ocorrência de diarreia.

## **CONCLUSÕES**

Conclui-se que o tempo de trânsito da digesta, em leitões desmamados, é regulado pelo nível de FDN na ração, de modo que níveis abaixo de 10,2 e superiores a 13,5% reduzem o tempo de trânsito da digesta pelo trato digestório; a maior digestibilidade dos nutrientes e energia das rações pelos leitões pode ser obtida com rações contendo níveis de FDN entre 10 e 11,5%; o melhor desempenho foi obtido com cerca de 10% FDN; e a ocorrência de diarreias nos leitões não é influenciada pelo aumento de 8,5 para 16,5% de FDN nas rações.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) pelo apoio financeiro do projeto de pesquisa, a Coordenação de Aperfeiçoamento em Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e a Universidade Federal do Ceará (UFC) disponibilização da infraestrutura necessária para a condução da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, v.46, n.3, p.112-125, 2001.
- BACH KNUDSEN, K.E.; LAERE, H.N.; HEDEMANN, M.S. The role of fibre in piglet gut health. In: Taylor-Pickard, J.A.; Sprins, P. (Eds) **Gut efficiency: the key ingredient in pig and poultry production - Elevating animal performance and health**, Wageningen Acadm. Publishers, 2008. p.65-94.
- BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition. **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v.12, p.69-80, 2008.
- BUDIÑO, F.E.L; CASTRO JÚNIOR, F.G.; OTSUK, I.P. Adição de frutoligossacarídeo em dietas para leitões desmamados: desempenho, ocorrência de diarreia e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2187-2193, 2010.
- 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.
- CUKIER, C.; MAGNONI, D.; ALVAREZ, T.. **Nutrição baseada na fisiologia dos órgãos e sistemas**. São Paulo: Sarvier, 2005. 718p.
- FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fibre 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.
- HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. In: Silva, I.J.O. (Eds) **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. FEALQ. Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p.1-33.
- HEDEMANN, M.S.; ESKILDSEN, M.; LARKE, 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 Animal Science**, v.84, p.1375-1386, 2006.
- 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. 2004a.

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J.E. Influence of cereal non-starch polysaccharides on digestion site and gut environment in growing pigs. **Livestock Production Science**, v.87, p.121-130, 2004b.

HUAYNATE, R.A.R.; THOMAZ, M.C.; KRONKA, R.N.; FRAGA, A.L.; SCANDOLERA, A.J.; BUDIÑO, F.E.L. Uso de probióticos em dietas de suínos ocorrência de diarreia, desempenho zootécnico e digestibilidade de rações. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.43, p.664-673, 2006.

JØRGENSEN, H.; ZHAO, X.; KNUDSEN, K.E.B.; EGGUM, B.O. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.379-395, 1996.

LEN, N.T.; HONG, T.T.T.; OGLE, B.; LINDBERG, J.E. Comparison of total tract digestibility, development of visceral organs and digestive tract of Mong cai and Yorkshire x Landrace piglets fed diets with different fibre sources. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.93, p.181-191, 2009a.

LEN, N.T.; NGOC, T.B.; OGLE, B.; LINDBERG, J.E. Ileal and total tract digestibility in local (Mong Cai) and exotic (Landrace x Yorkshire) piglets fed low and high-fibre diets, with or without enzyme supplementation. **Livestock Science**, v.126, p.73-79, 2009b.

MATEOS, G.G.; MARTIN, F.; LATORRE, M.A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. **Journal Animal Science**, v.82, p.57-63, 2006.

MONTAGNE, L.; LOISEL, F.; LE NAOU, T.; GONDRET, F.; GILBERT, H.; LE GALL, M. Difference in short-term responses to a high-fiber diet in pigs divergently selected for residual feed intake. **Journal Animal Science**, v.92, p.1512-1523, 2014.

MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; AHRENS, F. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretions in growing pigs. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1222-1229, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**, 11<sup>th</sup> ed. Washington: National Academic Press, 2012.

PASCOAL, L.A.F.; THOMAZ, M.C.; WATANABE, P.H.; RUIZ, U.S.; EZEQUIEL, J.M.B.; AMORIM, A.B.; DANIEL, E.; MASSON, G.C.I. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.636-642, 2012.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, L.S.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. 2520p.

- 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.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, Departamento de Zootecnia, 2006. 235p.
- VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal Animal Science**, v.26, p.119-120, 1967.
- VAN KEULEN, J.; YOUNG, BA. 1977. Evaluation of Acid insoluble ash as a natural markers in ruminant digestibility studies. **Journal Animal Science**, 44, 82-287.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- 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.
- WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. **Livestock Science**, v.109, p.27-29, 2007.
- YIN, Y.L.; DENG, Z.Y.; HUANG, H.L.; HOU, Z.P. Nutritional and health functions of carbohydrate for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.13, p.523-538, 2004.
- ZHANG, L.; LI D.; QIAO, S.; WANG, J.; BAI, L.; WANG, Z.; HAN, I.K. The effect of soybean galactooligosaccharides on nutrient and energy digestibility and digesta transit time in weanling piglets. **Australasian Journal of Animal Sciences**, v.14, p.1598-1604, 2001.



## **CAPÍTULO IV**

---

### **Influência da fibra no desempenho e composição corporal de leitões recém-desmamados**

## **Influência da fibra no desempenho e composição corporal de leitões recém-desmamados**

**RESUMO** - Foram utilizados 30 leitões, machos castrados, da linha genética Topigs, desmamados com 21 dias de idade, com peso médio  $7,48 \pm 0,46$  kg, objetivando avaliar os efeitos de níveis de FDN sobre o desempenho, peso dos órgãos, composição e taxa de deposição corporal de nutrientes e energia de leitões de 21 a 42 dias de idade. Os leitões foram distribuídos seguindo um delineamento em blocos casualizados, em cinco tratamentos, considerando os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5%, com seis repetições por tratamento e um animal por parcela, sendo os pesos iniciais dos animais o critério para a formação dos blocos. A inclusão de fibra apresentou efeito quadrático com melhor ganho de peso no nível de e 10,6% de FDN e o pior para as dietas com 16,5% de FDN. Foi detectado efeito linear crescente nos pesos do estômago, ceco e colón, de forma que o aumento no nível de FDN nas rações provocou incremento no peso desses segmentos do trato digestivo. O aumento do nível de FDN promoveu aumento linear do teor de gordura na carcaça, sangue e corpo, enquanto que a energia na carcaça, vísceras e corpo apresentou resposta inversa. Os resultados de taxa de deposição diária de nutrientes nas diferentes frações do corpo também demonstraram sofrer influência negativa pela inclusão da fibra, sendo os piores resultados encontrados no nível de 16,5%, com exceção da taxa de deposição de gordura nas vísceras que foi registrado nas rações com menor nível de FDN. Na carcaça, as melhores taxas de retenção de água, proteína, gordura e energia foram estimadas nos níveis de 10,3; 10,2; 11,7; e 8,9% de FDN, respectivamente. Já nas vísceras, as rações com níveis de 10,5; 10,8; 13,6 e 8,5% de FDN promoveram a maior deposição diária de água, proteína, gordura e energia, respectivamente. Por outro lado, a melhor taxa de deposição corporal de água, proteína bruta, gordura e energia foram estimadas, respectivamente, nas rações com 10,3; 10,3; 11,8; e 8,6% de FDN. Para deposição da matéria mineral, os melhores resultados foram encontrados nas rações com 8,5% FDN. Conclui-se que aumento do teor de FDN nas rações promoveu incremento nos pesos do estômago, ceco e colón, bem como aumento do teor de gordura no corpo de leitões aos 42 dias de idade, sendo os níveis estimados de 10,3 e 10,6% de FDN responsáveis pela maior deposição proteica corporal e maior ganho de peso, respectivamente.

**Palavras-chave:** fibra dietética, retenção de nutrientes, suínos.

## **Influence of fiber on performance and body composition of weanling pigs**

**ABSTRACT** - We used 30 piglets, castrated male, of the genetic line Topigs, weaned at average age of 21 days and average weight of  $7.48 \pm 0.46$  kg, with the objective to evaluate the effect of NDF levels on productive performance, weight of the organ, composition and deposition rate of nutrients and energy in the body of pigs from 21 to 42 days of age. The piglets were distributed following a randomized block design with five treatments, considering the levels of neutral detergent fiber (NDF) of 8.5; 10.5; 12.5; 14.5 and 16.5% and six replications per treatment, one animal per plot, being the initial weights of the animals the criterion used for the formation of blocks. The inclusion of fiber showed a quadratic effect with best weight gain in level and 10.6% NDF. It has been detected effect linear increase in the weights of the stomach and cecum and colon, so that the increase in the level of NDF. The increased level of NDF caused a linear increase in fat in the carcass, blood and body, whereas the energy in the carcass, viscera and body showed an inverse response. The results of the daily rate of deposition of nutrients in the different fractions of the body demonstrated also suffer negative influence of the inclusion of the fiber, with in casting the best retention rates of water, protein, fat and energy levels were estimated in 10.3; 10.2; 11.7; and 8.9% NDF, respectively. Already in the viscera, diets with levels of 10.5; 10.8; 13.6 and 8.5% NDF promoted the highest daily deposition of water, protein, fat and energy, respectively. On the other hand the best rate of deposition of body water, protein and fat were estimated, respectively, in the feed 10.3; 10.3; 11.8; and 8.6% NDF. For the deposition of mineral matter best results were found in diets with 8.5% NDF. It was concluded that increased NDF content in the diets promoted increase in the weights of the stomach, cecum and colon, as well as increased fat content in the body of piglets at 42 days of age, the estimated levels of 10.3 and 10, 6% NDF responsible for greater and greater body weight gain, protein deposition respectively.

**Keywords:** dietary fiber, nutrient retention, pigs.

## INTRODUÇÃO

A definição da máxima taxa de deposição de nutrientes na carcaça, nas diferentes fases de criação dos suínos, é uma informação fundamental na determinação da exigência nutricional que possibilite a expressão do máximo desempenho dos animais.

Porém as exigências nutricionais e energéticas dos animais são difíceis de serem determinadas, porque a eficiência de utilização dos nutrientes e energia para os diversos processos fisiológicos, como manutenção, crescimento, gestação e lactação, é variável, além de existirem muitos outros fatores que interferem, como o clima, a atividade muscular realizado pelo animal, a composição químico-bromatológica e a concentração energética da dieta.

Assim, alguns componentes alimentares como a fração fibrosa, podem comprometer a eficiência e o aproveitamento dos nutrientes e da energia das rações, principalmente nas fases iniciais da vida dos leitões, que são dotados de sistemas imunitários e digestivos ainda imaturos, com produção insuficiente de enzimas específicas para a digestão de ingredientes vegetais e alta demanda por nutrientes (Aumaitre, 2000; Hedemann et al, 2006), o que pode levar a uma resposta inflamatória do trato digestório, desencadeando processos diarreicos, com consequente retardamento do crescimento, além de impactos negativos diretos no desempenho dos leitões.

Em contrapartida algumas pesquisas tem sugerido que o uso de diferentes fontes fibra nas dietas de leitões recém-desmamados pode promover a manutenção e prevenção da saúde intestinal e de algumas doenças como a diarreia pós-desmame em leitões (Mosenthin et al., 1999; Montagne et al., 2003; Budiño et al., 2010).

No entanto, a definição do incremento de fibra na ração de leitões e sua relação com a taxa de deposição de nutrientes e energia no corpo do animal dever ser clara para que seja possível o máximo aproveitamentos nutrientes das rações pelo animal, bem como dos possíveis benefícios provenientes da fração fibrosa da dieta.

Nesse contexto há de se considerar que a fibra dietética, definida como a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e a absorção no intestino delgado de animais superiores e fermentadas completa ou parcialmente no intestino grosso (AACC, 2001), pode ser expressa de diferentes formas em função da diversidade de métodos analíticos de isolamento e quantificação.

Considerando os diferentes métodos de determinação dos componentes fibrosos, aqueles baseados na digestão enzimática são os que melhor expressam o conteúdo de fibra dietética dos alimentos, entretanto são ainda pouco usuais, onerosos e de difícil aplicação, exigindo um grande número de repetições. Por outro lado, o método proposto por Van Soest (1967) de determinação da fibra em detergente neutro (FDN) é amplamente empregado na alimentação animal por ser marcha analítica rápida e de simples aplicação e, por ter entre seus constituintes a hemicelulose, configurando-se como o dado com melhor correlação com teor de fibra dietética total (Silva & Queiroz 2006), além de constar na base de dados da maioria dos sistemas de composição químico-bromatológica de alimentos para animais (NRC, 2012 e Rostagno et al., 2011).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de FDN sobre o desempenho produtivo, peso dos órgãos, composição e taxa de deposição de nutrientes e energia no corpo de leitões de 21 a 42 dias de idade.

## **MATERIAL E METODOS**

Os protocolos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará, sob o protocolo no 55/2013 de 27 de novembro de 2013, e está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Foi conduzido um experimento, no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, com 30 leitões, machos castrados, da linha genética Topigs, desmamados com média de 21 dias de idade e peso vivo médio de  $7,48 \pm 0,46$  kg, durante o período de 21 a 42 dias de idade.

Os leitões foram distribuídos seguindo um delineamento em blocos casualizados, considerando o peso médio de  $7,85 \pm 0,29$  kg para formação do bloco de animais pesado e  $7,10 \pm 0,21$  kg para o bloco de animais leves, em cinco tratamentos, considerando os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) de 8,5; 10,5; 12,5; 14,5 e 16,5%, com seis repetições por tratamento e um animal por parcela, sendo os pesos iniciais dos animais o critério para a formação dos blocos.

Os animais foram alojados em baias de alvenaria equipadas com comedouro semiautomático, bebedouro tipo chupeta e cortinas laterais, as quais eram manejadas diariamente. O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado por meio de quatro datalogger's distribuídos no interior do galpão, a 60cm do piso, nos quais as temperaturas e umidade relativa foram registradas em intervalos de 10 minutos.

As análises químico-bromatológica dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, onde os mesmos foram submetidos às análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) de acordo com Silva & Queiroz (2006) e fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) conforme metodologia descrito por Van Soest et al. (1991), cuja os valores determinado foram 89,71% de MS, 8,21% de PB, 12,47% de FDN e 2,30% de FDA para o milho; 90,60% de MS, 38,96% de PB, 18,54% de FDN e 10,01% de FDA para o farelo de soja; 89,96% de MS, 32,96% de PB, 15,15% de FDN e 7,28% de FDA para a soja integral extrusada e 94,40% de MS, 14,79% de PB, 38,10% de FDN e 28,18% de FDA para o farelo de trigo. Conforme a similaridade dos valores médios para os ingredientes preconizado por Rostagno et al (2001), utilizou-se os valores de energia metabolizável, gordura, cálcio, fósforo, sódio, lisina, metionina, treonina, triptofano e amido dos ingredientes de acordo com estes mesmos autores.

As rações experimentais utilizadas (Tabelas 1) foram formuladas para serem isocalóricas e isonutritivas, considerando-se as exigências nutricionais para leitões de 21 a 32 e 33 a 42 dias de idade, de acordo com Rostagno et al. (2011). Durante todo o período experimental as rações e a água foram fornecidas aos animais à vontade.

Para a mensuração das variáveis de desempenho foi realizado a pesagem dos animais e suas respectivas rações no início e fim de cada fase, bem como, das rações desperdiçadas, que foram recolhidas em sacos plásticos e quantificadas diariamente para correlação do consumo. Os dados de ganho de peso médio diário e consumo de ração médio diário foram obtidos pelas diferenças de pesagens, sendo a conversão alimentar calculada a partir desses.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das rações experimentais para leitões na fase creche

| Ingredientes                                 | 21 a 32 dias de idade                    |               |               |               |               | 33 a 42 dias de idade |               |               |               |               |
|--|--|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|  | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |
|  | 8,50                                     | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         | 8,50                  | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         |
| Milho grão                                   | 24,81                                    | 31,46         | 35,08         | 43,20         | 34,34         | 18,50                 | 22,86         | 50,54         | 41,68         | 32,81         |
| Farelo de soja                               | 24,69                                    | 21,40         | 18,42         | 10,10         | 0,41          | 30,06                 | 27,01         | 20,26         | 10,57         | 0,88          |
| Soja integral extrusada                      | 0,00                                     | 0,00          | 0,00          | 5,76          | 15,23         | 0,00                  | 0,00          | 1,49          | 10,96         | 20,43         |
| Farelo de trigo                              | 0,54                                     | 5,19          | 10,69         | 15,02         | 24,15         | 0,00                  | 5,29          | 4,11          | 13,23         | 22,36         |
| Amido  | 21,21                                    | 14,56         | 9,95          | 0,00          | 0,00          | 26,51                 | 21,40         | 0,00          | 0,00          | 0,00          |
| Glúten de milho 60%                          | 8,00                                     | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00                  | 8,00          | 8,00          | 8,00          | 8,00          |
| Leite permeado em pó                         | 1,50                                     | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 1,50                  | 1,50          | 1,50          | 1,50          | 1,50          |
| Leite desnatado em pó                        | 5,50                                     | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 5,50                  | 5,50          | 5,50          | 5,50          | 5,50          |
| Açúcar                                       | 3,00                                     | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00                  | 3,00          | 3,00          | 3,00          | 3,00          |
| Óleo de soja                                 | 2,60                                     | 2,60          | 2,60          | 2,60          | 2,60          | 1,20                  | 1,20          | 1,20          | 1,20          | 1,20          |
| Fosfato mono-bicálcio                        | 1,83                                     | 1,76          | 1,69          | 1,62          | 1,50          | 1,54                  | 1,47          | 1,46          | 1,34          | 1,22          |
| Calcário                                     | 0,85                                     | 0,88          | 0,92          | 0,95          | 0,99          | 0,92                  | 0,96          | 0,98          | 1,02          | 1,05          |
| Sal comum                                    | 0,56                                     | 0,56          | 0,56          | 0,55          | 0,55          | 0,44                  | 0,43          | 0,42          | 0,43          | 0,43          |
| Suplemento vitamínico e mineral              | 0,40                                     | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40                  | 0,40          | 0,40          | 0,40          | 0,40          |
| L-Lisina HCl                                 | 0,70                                     | 0,76          | 0,82          | 0,89          | 0,92          | 0,38                  | 0,44          | 0,57          | 0,60          | 0,62          |
| DL-Metionina                                 | 0,20                                     | 0,19          | 0,19          | 0,19          | 0,20          | 0,09                  | 0,09          | 0,08          | 0,09          | 0,09          |
| L-Treonina                                   | 0,24                                     | 0,26          | 0,28          | 0,30          | 0,31          | 0,09                  | 0,11          | 0,14          | 0,15          | 0,16          |
| L-Triptofano                                 | 0,07                                     | 0,08          | 0,09          | 0,10          | 0,09          | 0,02                  | 0,03          | 0,04          | 0,03          | 0,04          |
| BHT  | 0,01                                     | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01                  | 0,01          | 0,01          | 0,01          | 0,01          |
| Inerte                                       | 3,29                                     | 1,89          | 0,30          | 0,31          | 0,30          | 1,84                  | 0,30          | 0,30          | 0,29          | 0,30          |
| <b>Total</b>                                 | <b>100,00</b>                            | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b>         | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> | <b>100,00</b> |
| <b>Composição nutricional calculada</b>      |  |               |               |               |               |                       |               |               |               |               |
| Energia metabolizável (kcal/kg) <sup>a</sup> | 3.325                                    | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.325                 | 3.325         | 3.325         | 3.325         | 3.325         |
| Proteína bruta (%) <sup>a</sup>              | 19,56                                    | 19,56         | 19,56         | 19,56         | 19,56         | 20,56                 | 20,56         | 20,56         | 20,56         | 20,56         |
| Fósforo disponível (%) <sup>a</sup>          | 0,49                                     | 0,49          | 0,49          | 0,49          | 0,49          | 0,44                  | 0,44          | 0,44          | 0,44          | 0,44          |
| Cálcio (%) <sup>a</sup>                      | 0,83                                     | 0,83          | 0,83          | 0,83          | 0,83          | 0,81                  | 0,81          | 0,81          | 0,81          | 0,81          |
| Lisina digestível (%) <sup>a</sup>           | 1,42                                     | 1,42          | 1,42          | 1,42          | 1,42          | 1,30                  | 1,30          | 1,30          | 1,30          | 1,30          |
| Met. + cistina digestível (%) <sup>a</sup>   | 0,79                                     | 0,79          | 0,79          | 0,79          | 0,79          | 0,73                  | 0,73          | 0,73          | 0,73          | 0,73          |
| Treonina digestível (%) <sup>a</sup>         | 0,89                                     | 0,89          | 0,89          | 0,89          | 0,89          | 0,82                  | 0,82          | 0,82          | 0,82          | 0,82          |
| Triptofano digestível (%) <sup>a</sup>       | 0,26                                     | 0,26          | 0,26          | 0,26          | 0,26          | 0,23                  | 0,23          | 0,23          | 0,23          | 0,23          |
| Sódio (%) <sup>a</sup>                       | 0,27                                     | 0,27          | 0,27          | 0,27          | 0,27          | 0,22                  | 0,22          | 0,22          | 0,22          | 0,22          |
| Gordura                                      | 3,17                                     | 3,90          | 4,40          | 6,33          | 7,66          | 2,74                  | 3,29          | 5,92          | 7,25          | 8,58          |
| Amido  | 38,78                                    | 38,24         | 37,87         | 35,02         | 31,75         | 39,95                 | 39,54         | 37,19         | 33,91         | 30,63         |
| FDN  | 8,50                                     | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         | 8,50                  | 10,50         | 12,50         | 14,50         | 16,50         |
| FDA  | 3,45                                     | 3,80          | 4,15          | 4,45          | 4,70          | 3,70                  | 4,05          | 4,41          | 4,66          | 4,90          |
| Hemicelulose                                 | 5,05                                     | 6,70          | 8,35          | 10,05         | 11,80         | 4,80                  | 6,45          | 8,09          | 9,84          | 11,60         |

\* Vitamina A 1.500.000,00 UI, Vitamina D3 450.000,00 UI, Vitamina E 7.500,00 mg, Vitamina K3 1.500,00 Tiamina (Vitamina B1) 250,00 mg, Riboflavina (Vitamina B2) 1.300,00 mg, Piridoxina (Vitamina B6) 375,00 mg, Vitamina B12 5.000,00 mg, Niacina 7.500,00 mg, Pantotenato de Cálcio 4.500,00 mg, Ácido Fólico 150,00 mg, Biotina 22,50 mg, Colina 68.000,00 mg, Ferro 12.500,00 mg, Cobre 5.250,00 mg, Manganês 8.750,00 mg, Zinco 26.250,00 mg, Iodo 350,00 mg, Selênio 75,00 mg, Antioxidante 1.000,00 mg, q.s.p.veículo.

<sup>a</sup> Rostagno et al. (2011).

Para determinação da composição química corporal e taxa de deposição de nutrientes, os 30 leitões aos 42 dias de idades foram sacrificados por atordoamento elétrico e sangria total, juntamente com um grupo de referência composto por 4 leitões de mesma linhagem, recém-desmamados de 21 dias de idade e peso médio de 7,09 kg, usados para estimar a composição corporal inicial. O sangue foi coletado em sacos plásticos e pesado. As vísceras foram retiradas, esvaziadas e pesadas. Considerou-se como vísceras os tratos digestório e urinário vazios e glândulas anexas, órgãos reprodutivos, coração, fígado, baço, pulmão, rins e gordura perirenal. A carcaça, que incluiu cabeça, pêlos, pés e unhas, foi serrada ao meio no sentido longitudinal e as metades pesadas individualmente. Separadamente, a metade esquerda das carcaças, as vísceras e o sangue foram embaladas e congeladas a -15° até o processamento.

Posteriormente as carcaças e vísceras foram cortadas em serra de fita e moídas em moedor industrial de carnes, e após homogeneização foram coletadas uma sub-amostra de cada fração e congeladas (-20°C) para posterior análise. As amostras de carcaça, vísceras e sangue foram submetidos às análises de MS, PB, EE, MM de acordo com Silva & Queiroz (2002) e energia por meio de combustão em bomba calorimétrica adiabática (Modelo 1242, Parr Instruments Co. EUA.), sendo que para determinação da proteína bruta, as amostras foram previamente desengorduradas em sistemas de refluxo com hexano em aparelho de Soxhlet por 8 horas.

Para o cálculo da composição das diferentes frações do corpo (carcaça, sangue, vísceras e corpo), os resultados das análises químicas foram corrigidos em função do peso de cada parte do respectivo animal, ao abate.

As taxa de deposição diária de PB, EE, MM, água e energia da carcaça, vísceras e sangue foi obtida de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de Deposição} = \frac{(\text{conteúdo final em g ou kcal}) - (\text{conteúdo inicial em g ou kcal})}{\text{número de dias}}, \text{ sendo a taxa}$$

deposição corporal definida a partir do somatório das partes.

Por ocasião do abate, os órgãos do trato digestório foram retirados e separados, sendo o estômago, intestino delgado, intestino grosso, ceco e colón esvaziados, e logo após pesados individualmente, assim como o pâncreas, fígado e do baço.

A análise estatística foi realizada mediante utilização do software estatístico Statistical Analyses System (SAS INSTITUTE, 2001). Os dados foram submetidos à análise de regressão, onde os graus de liberdade, referentes aos níveis de fibra em



detergente neutro nas rações, foram desdobrados em polinômios, para estabelecer a curva que melhor descrevesse o comportamento dos dados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura ambiental média durante o período experimental foi de 28,10°C, sendo 33,12°C e 23,58°C as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente. A média da umidade relativa do ar foi 62,36%. As médias de temperaturas observadas estiveram acima da faixa ideal de conforto térmico para leitões desmamados (22 a 24°C), mantidos em condições de umidade relativa do ar de 50 - 70%, porém abaixo da temperatura crítica superior (35°C), o que garantiu um ambiente térmico adequado para expressão do potencial produtivo dos animais, segundo Hannas (1999).

Na análise desempenho (Tabela 2) observou-se efeito quadrático do nível de FDN da ração sobre o consumo de ração e ganho de peso dos animais no período de 21 a 32 dias de idade, estimando-se melhores resultados para ambas variáveis no nível de 11% de FDN. Também foi verificado efeito quadrático sobre o ganho de peso no período de 21 a 42 dias de idade, que teve melhor resultado estimado no nível de 10,6% de FDN. Assim, níveis de FDN na ração inferiores ou superiores aos estimados comprometeram negativamente o consumo e o ganho de peso dos animais, indicando que leitões recém-desmamados necessitam de requerimento mínimo de fibra em suas dietas para a manutenção da atividade do trato gastrointestinal, necessária para que haja o melhor aproveitamento dos nutrientes disponibilizados nas rações.

Tabela 2 - Consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) de leitões alimentados com diferentes níveis fibra em detergente neutro

| Variáveis             | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão               | P valor |
|-----------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------------------------|---------|
|                       | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                         |         |
| 21 a 32 dias de idade |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| CRMD (kg)             | 0,180                                    | 0,185 | 0,203 | 0,157 | 0,141 | 17,95               | Quadrática <sup>3</sup> | 0,0006  |
| GPMD (kg)             | 0,113                                    | 0,117 | 0,129 | 0,087 | 0,073 | 29,98               | Quadrática <sup>4</sup> | 0,0005  |
| CA (kg/kg)            | 1,760                                    | 1,718 | 1,595 | 1,814 | 2,020 | 20,48               | NS <sup>2</sup>         | 0,0566  |
| 21 a 42 dias de idade |  |       |       |       |       |                     |                         |         |
| CRMD (kg)             | 0,311                                    | 0,311 | 0,315 | 0,287 | 0,271 | 15,30               | NS                      | 0,0671  |
| GPMD (kg)             | 0,259                                    | 0,264 | 0,269 | 0,232 | 0,210 | 16,54               | Quadrático <sup>5</sup> | 0,0029  |
| CA (kg/kg)            | 1,224                                    | 1,201 | 1,172 | 1,237 | 1,325 | 12,86               | NS                      | 0,1373  |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS – não significativo; <sup>3</sup>y = - 0,0423 + 0,0421x - 0,0019x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,82; <sup>4</sup>y = - 0,0684 + 0,0351x - 0,0016x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,84; <sup>5</sup>y = 0,0761 + 0,0359x + - 0,0017x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,93.

As estimativas dos melhores níveis de FDN da ração para o desempenho dos leitões observados diferem, em parte, dos relatados por alguns pesquisadores. Mateos et al. (2006), não verificaram comprometimento do desempenho dos leitões com rações contendo 6% de FDN. Entretanto, Högberg & Lindberg (2004a) observaram que o aumento 10,5 para 21,5% de FDN resultou em maior ganho de peso dos leitões desmamados. Por sua vez, Schiavon et al. (2004) observaram redução no ganho de peso dos leitões alimentados com ração em que a inclusão da polpa de beterraba resultou em dieta com 18,5% de FDN. No tocante a disparidade nos resultados para os efeitos da fração fibrosa da ração sobre o desempenho de suínos, há de se considerar que isso está associado aos efeitos fisiológicos causados pelas características químicas, físicas, bem como pelo grau de lignificação e das quantidades incluídas, dos alimentos utilizados como fonte de fibra (Wenk, 2001).

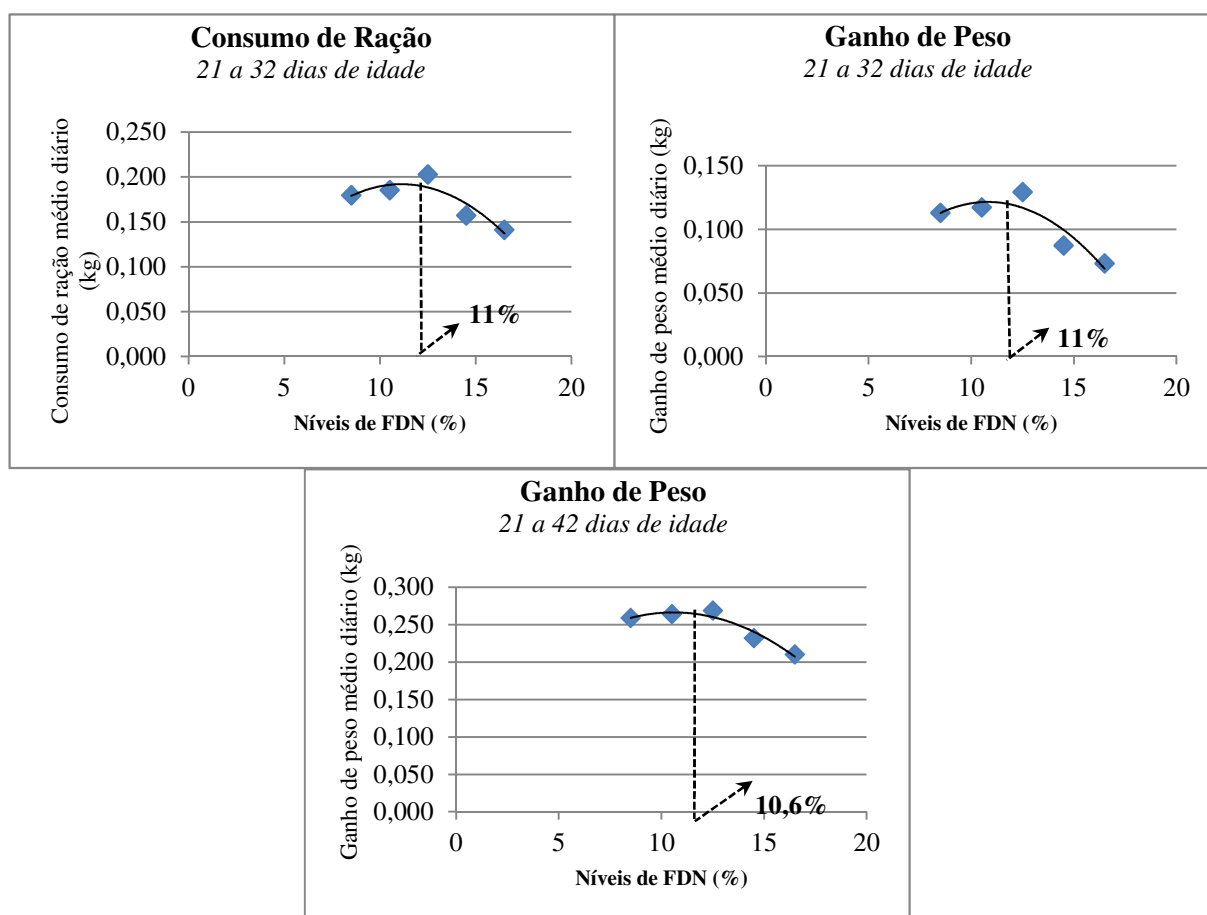


Figura 1 - Curvas de consumo de ração e ganho de peso de leitões de 21 a 32 e 21 a 42 dias de idade alimentados com diferente níveis de fibra em detergente neutro (FDN).

Foram observadas alterações no peso em segmentos do trato gastrointestinal em função do nível de FDN, sendo detectado efeito linear crescente nos pesos do estômago e ceco e colón à medida que houve aumento no nível de FDN nas rações (Tabela 3).

Tabela 3 - Peso médio dos órgãos digestivos (expressos em porcentagem de peso vivo) de leitões de 21 a 42 dias de idade alimentados com rações contendo níveis de fibra em detergente neutro

| Órgãos digestivos | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |       |       |       |       | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão           | P valor |
|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------|
|                   | 8,5                                      | 10,5  | 12,5  | 14,5  | 16,5  |                     |                     |         |
|                   | Peso médio dos órgãos digestivos (kg)    |       |       |       |       |                     |                     |         |
| Fígado            | 3,35                                     | 3,42  | 3,08  | 2,65  | 3,10  | 19,83               | NS <sup>2</sup>     | 0,2952  |
| Pâncreas          | 0,25                                     | 0,26  | 0,27  | 0,26  | 0,25  | 22,99               | NS <sup>2</sup>     | 0,8492  |
| Estômago          | 0,75                                     | 0,82  | 0,86  | 0,97  | 0,93  | 8,85                | Linear <sup>3</sup> | 0,0001  |
| Intestino delgado | 5,00                                     | 5,06  | 4,60  | 4,79  | 4,60  | 10,12               | NS <sup>2</sup>     | 0,1847  |
| Ceco e colón      | 1,64                                     | 1,61  | 1,70  | 1,79  | 1,94  | 16,23               | Linear <sup>4</sup> | 0,0283  |
| Reto              | 0,447                                    | 0,463 | 0,421 | 0,455 | 0,397 | 21,37               | NS <sup>2</sup>     | 0,6115  |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS – não significativo; <sup>3</sup>y = 0,7225 + 0,0091x e R<sup>2</sup> 0,86; <sup>4</sup>y = 1,5135 + 0,0144x e R<sup>2</sup> 0,84.

Esse efeito pode ser uma resposta morfológica adaptativa as características das dietas com elevados teores, em função da maior capacidade de retenção de água e da maior volumetria resultantes da inclusão da fibra (Annison & Choct, 1994), responsável pela expansão do volume do bolo alimentar que podem ter promovido maior distensão das paredes do estômago, ceco e colón, resultando em órgãos mais pesados.

É importante ressaltar que a natureza dos incrementos de peso e a sua importância biológica ainda não são claras, mas presume-se que a ingestão prolongada de dietas com alta concentração de fibra podem conduzir a uma hipertrofia e, conseqüentemente, aumento do peso dos segmentos do trato gastrointestinal (Stanogias & Pearce, 1985). Além disso, o ceco e colón são os principais sítios de fermentação do material fibroso não hidrolisado pelas enzimas digestivas, sofrendo influência direta do nível de fibra, uma vez que o maior teor de fibra tende a resultar na maior quantidade de substrato para as bactérias e, conseqüentemente, na maior produção de ácidos graxos de cadeia curta, usados como principal fonte de energia na multiplicação e renovação das células epiteliais da mucosa intestinal.

Estudos anteriores demonstraram um aumento nos pesos dos órgãos viscerais em resposta à inclusão de fibra na dieta de suínos. Pekas et al. (1983) encontraram maior

peso do colón, de suínos em terminação alimentados com 50% de feno de alfafa. Já Jorgensen et al. (1996) verificaram que os animais alimentados com dietas contendo 26,8% de fibra dietética apresentaram estômago, ceco e colón mais pesados. Por outro lado, Kass et al. (1990) verificaram menor peso do estômago e maior peso do intestino delgado, ceco e colo de suínos em crescimento alimentados com dietas com 43% de FDN, enquanto, Jin et al. (1994) não verificaram efeito sobre o peso dos órgãos viscerais ao compararem rações com 11,6 e 16,5% de FDN.

O aumento do nível de FDN resultou em modificações na composição química corporal dos leitões (Tabela 4), tendo ocorrido aumento linear do teor de gordura na carcaça, sangue e corpo, em virtude do acréscimo do nível de FDN nas rações ser acompanhado pelo incremento de gordura. Em contrapartida a energia na carcaça, vísceras e corpo apresentou resposta inversa com efeito linear decrescente.

Tabela 4 - Efeitos de níveis de fibra em detergente neutro sobre a composição química corporal de leitões de 21 a 42 dias de idade

| Composição Química  | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |          |          |          |          | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão           | P valor |
|---------------------|--|----------|----------|----------|----------|---------------------|---------------------|---------|
|                     | 8,5                                      | 10,5     | 12,5     | 14,5     | 16,5     |                     |                     |         |
| Carcaça             |  |          |          |          |          |                     |                     |         |
| Água (%)            | 67,75                                    | 67,75    | 67,80    | 67,01    | 66,47    | 2,41                | NS <sup>2</sup>     | 0,2538  |
| Proteína (%)        | 18,40                                    | 18,47    | 18,53    | 17,80    | 17,65    | 4,20                | NS <sup>2</sup>     | 0,1017  |
| Gordura (%)         | 11,75                                    | 11,73    | 11,86    | 12,54    | 12,63    | 5,18                | Linear <sup>3</sup> | 0,0117  |
| Matéria Mineral (%) | 2,57                                     | 2,38     | 2,48     | 2,48     | 2,53     | 8,17                | NS                  | 0,5302  |
| Energia (kcal)      | 16.711,5                                 | 16.601,5 | 16.276,7 | 15.788,9 | 14.910,8 | 7,18                | Linear <sup>4</sup> | 0,0008  |
| Vísceras            |  |          |          |          |          |                     |                     |         |
| Água (%)            | 84,75                                    | 84,29    | 84,83    | 84,19    | 84,43    | 1,22                | NS <sup>2</sup>     | 0,7719  |
| Proteína (%)        | 12,25                                    | 12,28    | 12,32    | 12,11    | 12,12    | 4,06                | NS <sup>2</sup>     | 0,4997  |
| Gordura (%)         | 1,93                                     | 1,98     | 2,09     | 2,17     | 2,24     | 25,81               | NS <sup>2</sup>     | 0,4437  |
| Matéria Mineral (%) | 1,15                                     | 1,11     | 1,09     | 1,14     | 1,18     | 9,34                | NS <sup>2</sup>     | 0,4234  |
| Energia (kcal)      | 1.442,5                                  | 1.412,8  | 1.349,4  | 1.293,8  | 1.208,0  | 10,86               | Linear <sup>5</sup> | 0,0004  |
| Sangue              |  |          |          |          |          |                     |                     |         |
| Água (%)            | 70,66                                    | 70,6     | 70,84    | 70,82    | 70,12    | 1,43                | NS <sup>2</sup>     | 0,5893  |
| Proteína (%)        | 17,48                                    | 17,54    | 17,57    | 17,02    | 17,01    | 3,76                | NS <sup>2</sup>     | 0,2413  |
| Gordura (%)         | 9,59                                     | 9,75     | 9,90     | 9,98     | 10,61    | 5,96                | Linear <sup>6</sup> | 0,0221  |
| Matéria Mineral (%) | 2,26                                     | 2,11     | 2,19     | 2,19     | 2,26     | 6,81                | NS <sup>2</sup>     | 0,2474  |
| Energia (kcal)      | 687,2                                    | 673,0    | 645,0    | 633,3    | 624,3    | 15,25               | NS <sup>2</sup>     | 0,3596  |
| Corporal (%)        |  |          |          |          |          |                     |                     |         |
| Água (%)            | 70,05                                    | 70,02    | 69,75    | 70,14    | 69,47    | 1,51                | NS <sup>2</sup>     | 0,7102  |
| Proteína (%)        | 17,46                                    | 17,53    | 17,56    | 17,03    | 16,98    | 3,82                | NS <sup>2</sup>     | 0,2379  |
| Gordura (%)         | 10,13                                    | 10,26    | 10,42    | 10,56    | 11,20    | 5,89                | Linear <sup>7</sup> | 0,0172  |
| Matéria Mineral (%) | 2,35                                     | 2,19     | 2,27     | 2,27     | 2,35     | 6,87                | NS <sup>2</sup>     | 0,2609  |
| Energia (kcal)      | 18.841,3                                 | 18.687,3 | 18.271,2 | 17.716,5 | 16.743,1 | 6,56                | Linear <sup>8</sup> | 0,0002  |

<sup>1</sup>CV – coeficiente de variação; <sup>2</sup>NS – não significativo; <sup>3</sup>y = 10,5 + 0,1281x e R<sup>2</sup> = 0,83; <sup>4</sup>y = -220,7x + 18817 e R<sup>2</sup> = 0,90; <sup>5</sup>y = -29,399x + 1708,8 e R<sup>2</sup> = 0,97; <sup>6</sup>y = 0,1129x + 8,5552 e R<sup>2</sup> = 0,84; <sup>7</sup>y = 0,1213x + 8,9976 e R<sup>2</sup> = 0,85; <sup>8</sup>y = -258,38x + 21282 e R<sup>2</sup> = 0,92.

As rações com maior teor de fibra resultaram em leitões com maior concentração de gordura no corpo, porém com menor massa corporal, efeito decorrente do baixo ganho de peso dos animais alimentados com rações com maiores níveis de FDN, o que explica a redução do valor energético do corpo, uma vez que os resultados levaram em consideração o peso final do animal. Além disso, é preciso considerar também que dietas ricas em fibra, em geral, são acompanhadas de um maior incremento calórico aliado a menor taxa de eficiência dos processos digestivos, resultando em um maior gasto energético e uma menor taxa de ganho de matéria orgânica nos tecidos, conduzindo a uma menor concentração de energia corporal.

Observou-se efeito quadrático nas taxas de deposição de nutrientes e energia nas diferentes frações do corpo, com exceção da matéria mineral que apresentou efeito linear decrescente a mediada que houve aumento no nível de FDN (Tabela 5). Na carcaça as melhores taxas de deposição de água, proteína, gordura e energia foram estimadas nos níveis de 10,3; 10,2; 11,7; e 8,9% de FDN, respectivamente. Já nas vísceras, as rações com níveis de 10,5; 10,8; 13,6 e 8,5% de FDN promoveram a maior deposição diária de água, proteína, gordura e energia, respectivamente. Por outro lado, a melhor taxa de deposição corporal de água, proteína bruta, gordura, matéria mineral e energia foram estimadas, respectivamente, nas rações com 10,3; 10,3; 11,8; 8,5 e 8,6% de FDN (Figura 2).

As curvas das taxas de deposição de água, proteína e gordura na carcaça e corpo apresentaram comportamento semelhante à curva de ganho de peso médio diário dos leitões, onde níveis abaixo e acima da faixa entre 10,3 e 11,8% de FDN comprometeram a deposição de nutrientes no animal, provavelmente associados ao nível que houve o melhor aproveitamento dos nutrientes disponibilizados nas rações.

Por outro lado, as taxas de deposição de lipídios foram influenciadas pelos teores de gordura das rações que foram incrementadas por meio do aumento da inclusão de óleo à medida que houve aumento do nível de FDN. Contudo há de se considerar que a eficiência de aproveitamento da fração lipídica das rações pode ser comprometida em níveis acima de 11,5% de FDN das dietas. Além disso, os resultados mostraram que a deposição de gordura nas vísceras foi priorizada, o que condiz com o estudo alométrico realizado por Davies & Pryor (1977) que indicou que a deposição de gordura no organismo apresenta variação temporal ocorrendo em um maior ritmo de crescimento da gordura interna, caracterizada pela gordura do interior das cavidades abdominal e pélvica e gordura peritoneal, seguido pela gordura subcutânea e finalmente a gordura intermuscular.

Tabela 5 - Efeitos de níveis de fibra em detergente neutro sobre as taxas de deposição de nutrientes no corpo de leitões de 21 a 42 dias de idade

| Parâmetros              | Níveis de fibra em detergente neutro (%) |        |        |        |        | CV (%) <sup>1</sup> | Regressão                | P valor |
|-------------------------|--|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------------------------|---------|
|                         | 8,5                                      | 10,5   | 12,5   | 14,5   | 16,5   |                     |                          |         |
| <b>Carcaça</b>          |  |        |        |        |        |                     |                          |         |
| Água (g/dia)            | 121,03                                   | 127,38 | 129,08 | 95,32  | 90,14  | 28,72               | Quadrática <sup>2</sup>  | 0,0003  |
| Proteína (g/dia)        | 23,70                                    | 25,46  | 26,33  | 15,20  | 13,55  | 36,48               | Quadrática <sup>3</sup>  | 0,0009  |
| Gordura (g/dia)         | 3,78                                     | 4,65   | 5,46   | 3,25   | 2,78   | 56,89               | Quadrática <sup>4</sup>  | 0,0042  |
| Matéria mineral (g/dia) | 2,35                                     | 1,75   | 2,14   | 1,04   | 1,19   | 50,89               | Linear <sup>5</sup>      | 0,0001  |
| Energia (kcal/dia)      | 201,04                                   | 195,80 | 180,33 | 157,10 | 115,29 | 32,33               | Quadrático <sup>6</sup>  | 0,0020  |
| <b>Vísceras</b>         |  |        |        |        |        |                     |                          |         |
| Água (g/dia)            | 42,78                                    | 43,70  | 40,86  | 42,23  | 35,02  | 28,72               | Quadrático <sup>7</sup>  | 0,0001  |
| Proteína (g/dia)        | 5,98                                     | 6,26   | 5,77   | 5,96   | 4,84   | 37,23               | Quadrático <sup>8</sup>  | 0,0009  |
| Gordura (g/dia)         | 0,25                                     | 0,39   | 0,37   | 0,54   | 0,35   | 56,89               | Quadrático <sup>9</sup>  | 0,0042  |
| Matéria mineral (g/dia) | 0,62                                     | 0,61   | 0,54   | 0,61   | 0,54   | 50,89               | Linear <sup>10</sup>     | 0,0001  |
| Energia (kcal/dia)      | 42,80                                    | 41,39  | 38,37  | 35,72  | 31,64  | 32,33               | Quadrático <sup>11</sup> | 0,0008  |
| <b>Corporal</b>         |  |        |        |        |        |                     |                          |         |
| Água (g/dia)            | 163,80                                   | 171,08 | 169,94 | 137,55 | 125,17 | 23,16               | Quadrático <sup>12</sup> | 0,0001  |
| Proteína (g/dia)        | 29,67                                    | 31,72  | 32,11  | 21,16  | 18,38  | 27,66               | Quadrático <sup>13</sup> | 0,0005  |
| Gordura (g/dia)         | 4,03                                     | 5,03   | 5,83   | 3,79   | 3,14   | 44,49               | Quadrático <sup>14</sup> | 0,0038  |
| Matéria mineral (g/dia) | 2,98                                     | 2,36   | 2,68   | 1,65   | 1,74   | 34,06               | Linear <sup>15</sup>     | 0,0001  |
| Energia (kcal/dia)      | 243,84                                   | 237,19 | 218,71 | 192,83 | 146,93 | 25,02               | Quadrático <sup>16</sup> | 0,0006  |

<sup>1</sup>CV - coeficiente de variação; <sup>2</sup>y = - 9,9433 + 6,8849x - 0,3365x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,82; <sup>3</sup>y = 16,297 + 21,436x - 1,0451x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,82; <sup>4</sup>y = - 8,9374 + 2,3674x - 0,1015x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,75; <sup>5</sup>y = 3,588 - 0,1515x e R<sup>2</sup> 0,70; <sup>6</sup>y = 87,085 + 25,612x - 1,4448x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,90; <sup>7</sup>y = 19,634 + 4,5299x - 0,2152x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,82; <sup>8</sup>y = 1,7158 + 0,8252x - 0,0382x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,83; <sup>9</sup>y = - 0,0083x<sup>2</sup> + 0,225x - 1,0743 e R<sup>2</sup> 0,65; <sup>10</sup>y = 0,6818 - 0,0078x e R<sup>2</sup> 0,45; <sup>11</sup>y = 42,322 + 0,8198x - 0,0888x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,97; <sup>12</sup>y = 35,931 + 25,966x - 1,2603x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,91; <sup>13</sup>y = - 8,2275 + 7,7101x - 0,3747x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,86; <sup>14</sup>y = - 10,012 + 2,5924x - 0,1098x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,79; <sup>15</sup>y = 4,2698 - 0,1592x e R<sup>2</sup> 0,75; <sup>16</sup>y = 129,41 + 26,431x - 1,5336x<sup>2</sup> e R<sup>2</sup> 0,92;

O comportamento quadrático da curva de deposição de energia mostrou melhores resultados estimado para rações com 8,5 a 8,9% de FDN, diferentemente do ponto de máximo ganho de peso estimado para rações com 10,6% de FDN. Isso ocorre em função dos gastos de deposição de nutrientes no corpo dos animais, sendo a taxa de deposição de energia uma função que depende quantidade de nutrientes ingeridos e assimilados pelo animal e da relação entre anabolismo e catabolismo. Ewan (1991) comenta que a eficiência de utilização da energia em suínos é determinada pela deposição de gordura e proteína, sendo o custo para deposição de um grama de proteína de 1,12 kcal, enquanto, para a mesma quantidade de gordura, seria de 7,83 kcal. Assim a maior deposição de energia no corpo dos leitões alimentados com o menor nível de FDN pode ser correlacionada com a melhor relação entre nutrientes dietéticos assimilados e o maior saldo energético dos processos metabólicos direcionados para ao crescimento.

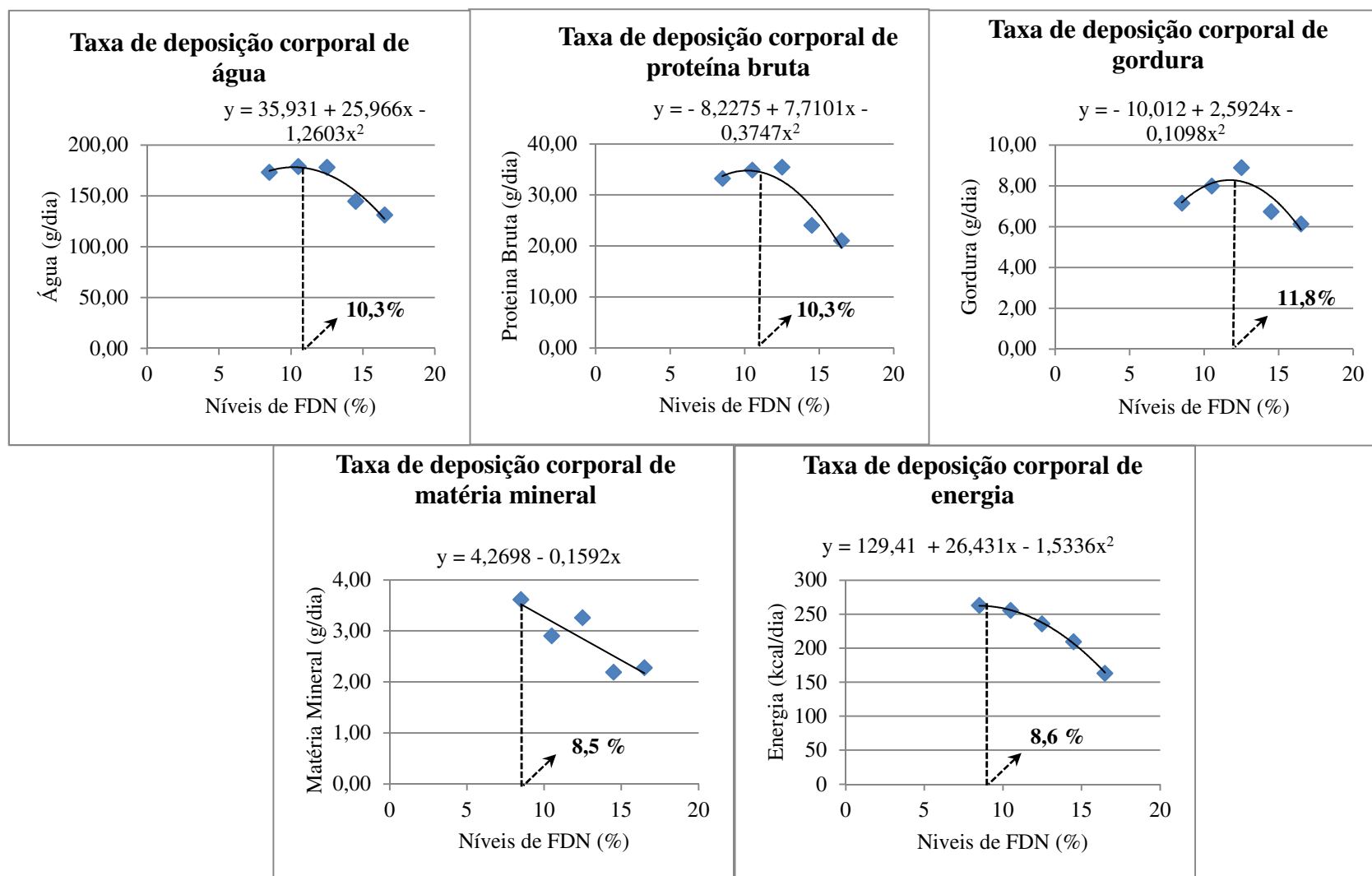


Figura 2 - Curvas de deposição diária de água, proteína bruta, gordura, matéria mineral e energia no corpo de leitões recém-desmamados alimentados com rações contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro (FND).

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o aumento do teor de FDN nas rações promove incremento no peso do estômago, ceco e colón, bem como aumento do teor de gordura no corpo de leitões aos 42 dias de idade, sendo os níveis de 10,3 e 10,6% de FDN responsáveis pela maior deposição proteica corporal e maior ganho de peso, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) pelo apoio financeiro do projeto de pesquisa, a Coordenação de Aperfeiçoamento em Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e a Universidade Federal do Ceará (UFC) disponibilização da infraestrutura necessária para a condução da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). 2001. Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46, 112.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Plant polysaccharides – their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 10., 1994, Nottingham. Proceedings... Nottingham: University Press, 1994. p. 51-56.

AUMAITRE, L.A. Adaptation and efficiency of the digestive process in the gut of the young piglet: consequences for the formulation of a weaning diet. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.13, p.227-242, 2000. Special issue, swine nutrition session.

BUDIÑO, F.E.L; CASTRO JÚNIOR, F.G.; OTSUK, I.P. 2010. Adição de frutoligossacarídeo los Dietas parágrafo Leitões desmamados: desempenho, Ocorrência de diarreia e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39, 2187-2193.



DAVIES, A. S., PRYOR, W. J. 1977. Growth changes in the distribution of dissectable and intramuscular fat in pigs. **Journal of Agricultural Science**, v. 89: p. 257-266.

EWAN, R.C. Energy utilization in swine nutrition. In: MILLER, E.R.; ULLREY, D.E.; LEWIS, A.J. (Eds.) **Swine nutrition**, 1.ed. Stonehan: Butterworth-Heinemann, 1991. p.121-132.

HANNAS, M.I. 1999. **Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente. Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. FEALQ. Piracicaba, pp 33.

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.

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J.E. (2004). Influence of cereal non-starch polysaccharides and enzyme supplementation on digestion site and gut environment in weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology** 116(1-2), 113-128.

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

JOHANSEN, H.N., BACH KNUDSEN, K. E., BRITTMARIE SANDSTROM, SKJOTH, F. 1996. Effects of varying content of soluble dietary fibre from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. **British Journal of Nutrition**. 75, 339-351.

KASS, M. L.; VAN SOEST, P. J.; POND, W. G. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. **Journal of Animal Science**, v. 50, p. 192-197, 1980.

MATEOS, G.G; MARTIN, F.; LATORRE, M.A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. 2006. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. **Journal Animal Science**, 82, 57-63.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. 2003. 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**.108, 95-117.

MOSENTHIN, R.E.; HAMBERECHT, AND WC. SAUER. W.C. 1999. **Utilisation of different fibers in piglet feeds**. In: Recent Advances in Animal Nutrition. (Ed. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman). Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp. 227-256.

NRC (National Research Council) 2012. **Nutrient Requirements of Swine**, 11th Revised Edition. Washington, DC: National Academic Press.

PASCOAL, L.A.F., THOMAZ, M.C., WATANABE, P.H., RUIZ, U.S., EZEQUIEL, J.M.B., AMORIM, A.B., DANIEL, E., MASSON, G.C.I. 2012. Fiber sources in diets for newly weaned piglets, **Revista Brasileira de Zootecnia**.41, 636-642

PEKAS, J. C.; YEN, J. T.; POND, W. G. 1983. Gastrointestinal carcass and performance traits of obese versus lean genotype swine: effect of dietary fiber. **Nutrition Reports International**, v. 27, p. 259-270.

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

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

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

STAGONIAS, G., PEARCE, G.R. 1985. The digestion of fibre in the pigs. 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. **British Journal of Nutrition**, 53, 513-530.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. 2001. **Users guide: statistics**. Version 8. Cary: SAS Institute. v.2, 1452p.

VAN SOEST, P.J. 1963 Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II - a rapid method for determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, 46:829-835.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV - Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, 50:50.

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

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

WHITTEMORE, E.C.; EMMANS, G.C.; KYRIAZAKIS, I. 2003. The relationship between live weight and the intake of bulky foods in pigs. **Animal Science** 76, 89-100.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A inclusão de ingredientes alternativos de origem vegetal nas rações para leitões recém-desmamados pode acarretar no aumento do nível de fibra da dieta e, embora, os atuais sistemas de exigências nutricionais para suínos não possuam definições claras sobre as exigências de fibra na dieta, este estudo trouxe informações importantes referentes aos efeitos do nível de FDN sobre o bolo alimentar e impactos sobre a morfometria e morfologia do trato gastrointestinal, taxa de passagem, aproveitamento dos nutrientes da dieta, deposição de nutrientes e composição corporal, desempenho produtivo e ocorrência de diarreia.

Assim com base nos resultados encontrados nesse trabalho, conclui-se que:

1. rações com níveis variando de 8,5 até 16,5% FDN não afeta o pH e viscosidade dos conteúdos de estômago, intestino delgado e ceco, mantendo as propriedades físico-químicas do bolo alimentar nas diferentes seções do trato gastrointestinal;
2. o aumento do teor de FDN em rações de leitões recém-desmamados de 8,5 até 16,5% FDN não altera a produção de a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no conteúdo cecal;
3. o tempo de trânsito da digesta, em leitões desmamados, é regulado pelo nível de FDN na ração, de modo que níveis abaixo de 10,2 e superiores a 13,5% reduzem o tempo de trânsito do alimento pelo trato digestório;
4. a ração com 16,5% de FDN foi a que mais comprometeu a eficiência da digestão e absorção dos nutrientes, sendo os melhores índices de digestibilidade da matéria seca, da matéria orgânica, proteína bruta e energia estimados para as rações com 10,6; 10,4; 10,7 e 10,3% de FDN , respectivamente;
5. o aumento do teor de FDN nas rações resultou na alteração da estrutura da mucosa intestinal do duodeno e jejuno, estimando o nível de 12% de FDN responsável pela maior área superficial da mucosa, enquanto incrementos de fibra a partir de 16,5% de FDN conduziram ao desgaste da estrutura da mucosa, representada principalmente pela atrofia das vilosidades;
6. o aumento do teor de FDN nas rações promoveu aumento gradativo dos pesos do estômago, ceco e colón;

7. o melhor desempenho zootécnico para leitões na fase de creche foi estimado para as rações com 9,9% de FDN e o pior para as dietas com 16,5% de FDN; e

8. a ocorrência de diarreia nos primeiros 21 dias da fase de creche em um dos experimentos não foi influenciada pelo nível de FDN das dietas, enquanto que no outro o aumento da FDN nas rações reduziu linearmente a ocorrência de diarreia, devendo esta variável ser avaliada em novos estudos para a obtenção de resultados mais conclusivos.

Portanto indica-se que em rações para leitões recém-desmamado a inclusão de ingredientes de origem vegetal não deve ultrapassar o nível de 10% de FDN, tendo em vista a expressão do máximo desempenho produtiva dos animais.

Por fim, novos estudos visando avaliar níveis de FDN com outros ingredientes de origem vegetal, bem como outras metodologias de isolamento e quantificação das diferentes frações da fibra dieta serão importantes para elucidar os efeitos da fibra dietética sobre o aproveitamento dos nutrientes por leitões na fase de creche.

## APÊNDICES

---



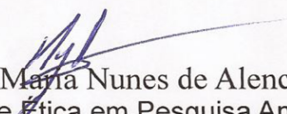
Universidade Federal do Ceará  
Comissão de Ética em Pesquisa Animal – CEPA  
Rua: Coronel Nunes de Melo, 1127 Rodolfo Teófilo  
Cep: 60430-970 Fortaleza-CE  
Tel: (85) 3366.8331 Fax: (85) 3366.8333

## DECLARAÇÃO

Declaramos que o protocolo para uso de animais em experimentação n° 55/2013, sobre o projeto intitulado: **“EFEITO DE DIETAS CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE INCREMENTO DE FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO PARA LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS”**, de responsabilidade do Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe e está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

Declaramos ainda que o referido projeto foi aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal – CEPA – em reunião realizada em 26 de setembro de 2013.

Fortaleza, 27 de novembro de 2013

  
Profa. Dra. Nylane Maria Nunes de Alencar  
Coordenadora da Comissão de Ética em Pesquisa Animal – CEPA

**Profa. Dra. Nylane M. Nunes de Alencar**  
Coordenadora da CEPA/DEF/IFAMEDI/UFC  
MAT. SIAPE 2166369