



**PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.**

### **Nutrição animal como forma de reduzir a poluição ambiental gerada pelos dejetos suínos**

---

Alexssandre Pinto de Carvalho<sup>1\*</sup>, Carolina Magalhães Caires Carvalho<sup>2</sup>, Renata Magalhães Caires<sup>3</sup>

1\*- Zootecnista. Secretaria Estadual de Meio Ambiente-SEMAD, Uberlândia-MG  
Rua Pedro Crosara Cherulli, 143 apto 1. 38400-044. Uberlândia, MG.

Alexssandrepc@yahoo.com.br

2-Mestre em Produção Animal. Universidade Federal de Uberlândia-UFU,  
Uberlândia-MG

3-Estudante de zootecnia. Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Montes  
Claros-MG.

---

#### **Resumo**

A produção de suínos é considerada pelos órgãos ambientais como atividade de grande potencial poluidor devido a presença de quantidades elevadas de alguns nutrientes como nitrogênio e fósforo. Os dejetos produzidos pelos suínos são consequência da quantidade e digestibilidade dos nutrientes fornecidos na dieta. Portanto, profissionais em nutrição animal podem contribuir para a redução da poluição ambiental através de estratégias nutricionais que possam otimizar a utilização de nutrientes pelos animais. São vários os aspectos que eles podem interferir, como por exemplo através do conhecimento das exigências nutricionais em várias fases de produção e por

sexo; utilização de aminoácidos sintéticos, formulação de dietas com base no conceito proteína ideal e uso de enzimas exógenas. Além de minimizar o problema da poluição ambiental, essas estratégias poderá proporcionar um aumento na lucratividade e da sustentabilidade do sistema de produção.

**Palavras-chave:** nitrogênio, fósforo, meio ambiente

### **Animal nutrition as form to reduce the ambient pollution generated by the swine manure**

#### **Abstract**

The swine production is considered by the ambient agencies as activity of great polluting potential which had the presence of high amounts of some nutrients as nitrogen and phosphorus. The manure produced for swines are consequência of the amount and digestibility of the nutrients supplied in the diet. Therefore, professionals in animal nutrition can contribute for the reduction of the ambient pollution through nutritional strategies that can optimize the use of nutrients for the animals. The aspects that they can intervene, as for example through the knowledge of the nutritional requirements in some phases of production are several and for sex; synthetic amino acid use, formulation of diets on the basis of the ideal concept protein and exógenas enzyme use. Beyond minimizing the problem of the ambient pollution, these strategies will be able to provide an increase in the profitability and of the support of the production system.

**Keywords:** nitrogen, phosphorus, environment

#### **Introdução**

A importância da suinocultura, no contexto nacional, reside não só no grande número de criadores envolvidos, como também no volume de empregos gerados direto e indiretamente e pela capacidade de produzir grande quantidade de proteína de alta qualidade em reduzida área e curto espaço de

tempo, em comparação com outras espécies de animais de médio e grande porte.

O sistema de produção de suínos emprega as mais modernas técnicas, no que se refere à seleção genética, ao manejo do plantel e ao padrão sanitário, adotando o sistema intensivo de confinamento. Por outro lado, essa estratégia tem provocado discussão acerca da questão ambiental e da sustentabilidade da produção primária da carne suína.

A suinocultura é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental como atividade de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes contidos nos seus efluentes, cuja ação individual ou combinada representa fonte potencial de contaminação do ar e da degradação dos recursos hídricos e do solo (Oliveira, 2003). Entre os principais componentes poluentes dos dejetos suínos estão o nitrogênio, o fósforo e alguns microminerais, tais como zinco e cobre.

Os dejetos produzidos pelos suínos são consequência da quantidade e digestibilidade dos nutrientes fornecidos pela dieta. Portanto, os nutricionistas podem contribuir para solução da questão da poluição ambiental através de estratégias nutricionais que possam minimizar o fornecimento de nutrientes poluentes e maximizar a sua utilização pelos animais (Penz Junior, 2000).

Essa revisão tem como objetivo discutir estratégias nutricionais como forma de reduzir a poluição ambiental gerada pelos dejetos suínos.

### **Produção de dejetos suínos**

O esterco líquido de suínos, também chamado de dejetos líquido, liquame ou chorume, oriundo dos sistemas de confinamento, é composto por fezes, urina, resíduos de ração, do excesso de água dos bebedouros e higienização, dentre outros componentes do processo criatório (Konzen et al. 1997). O volume de dejetos líquidos depende do sistema de manejo adotado, da quantidade de água desperdiçada nos bebedouros e na higienização das instalações bem como do número e categoria de animais, como mostra a Tab1.(Pedormo & Lima, 1998).

Tabela 1- Produção média diária de esterco (E), de esterco mais urina (EU) e de dejetos líquidos (DL) nas diferentes fases produtivas dos suínos

| <b>Categoria</b>               | <b>E (kg dia<sup>-1</sup>)</b> | <b>EU (kg dia<sup>-1</sup>)</b> | <b>DL (L dia<sup>-1</sup>)</b> |
|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Suínos de 25 a 100kg           | 2,30                           | 4,90                            | 7,00                           |
| Fêmeas em gestação             | 3,60                           | 11,00                           | 16,00                          |
| Fêmeas em lactação com leitões | 6,40                           | 18,00                           | 27,00                          |
| Machos                         | 3,00                           | 6,00                            | 9,00                           |
| Leitões                        | 0,35                           | 0,95                            | 1,40                           |
| <b>Média</b>                   | <b>3,13</b>                    | <b>8,17</b>                     | <b>12,08</b>                   |

Fonte: adaptado de Oliveira et al., (1993)

Para um suíno que consome, em média, 2,4 kg de ração e 5 litros de água por dia, foi verificado que apenas 30% dos alimentos (ração e água) ingeridos são convertidos pelo organismo em forma de crescimento e ganho de peso, sendo os 70% restantes eliminados pelas fezes e urina (Konzen et al., 1997).

Latimier (1993) mostrou que o volume total de dejetos produzidos pelos suínos em crescimento depende do ganho de peso e da eficiência de transformação dos nutrientes pelos animais. Nesse trabalho, suínos com peso entre 28 a 102 kg com ganho de peso diário de 740g, produziram um total de dejetos de 370 litros comparado aqueles animais com ganho de peso diário de 800g que produziram 310 litros. O mesmo autor também observou que os suínos que tiveram a conversão alimentar de 3,02 produziram 370 litros de dejetos e aqueles que tiveram a conversão alimentar de 2,75 produziram 314 litros de dejetos.

### **Composição dos dejetos**

A composição química dos dejetos pode variar de acordo com a alimentação fornecida aos suínos, da idade do animal, da quantidade de urina presente, da forma de coleta, do tipo de tratamento dado às fezes e do tempo de estocagem (Oliveira, 1994).

Geralmente, os dejetos contêm matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais (Diesel et al., 2002). Na Tab. 2 é apresentado características químicas e físicas dos dejetos de suínos nas fases de gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação.

Tabela 2- Características física e química dos dejetos de suínos nas fases de gestação (G), maternidade (M), creche (CR), crescimento (CS) e teminação (T)

| <b>Característica</b>                     | <b>G</b> | <b>M</b> | <b>CR</b> | <b>CS</b> | <b>T</b> |
|-------------------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| pH                                        | 8,0      | 7,5      | 7,1       | 7,6       | 7,9      |
| Sólidos dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> ) | 3,691    | 2,196    | 3,587     | 1,892     | 3,298    |
| Ca (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )   | 5,29     | 4,74     | 15,37     | 19,47     | 20,36    |
| Mg (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )   | 3,38     | 2,20     | 15,22     | 18,13     | 16,76    |
| Na (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )   | 4,44     | 2,52     | 3,91      | 2,57      | 17,21    |
| Mn (mg L <sup>-1</sup> )                  | 1,26     | 1,41     | 10,70     | 3,68      | 6,75     |
| Fe (mg L <sup>-1</sup> )                  | 3,94     | 5,83     | 44,00     | 17,71     | 17,50    |
| Zn (mg L <sup>-1</sup> )                  | 2,41     | 3,84     | 2,09      | 41,00     | 10,60    |
| Cu (mg L <sup>-1</sup> )                  | 0,61     | 1,32     | 12,20     | 3,43      | 5,24     |
| K (mg L <sup>-1</sup> )                   | 277      | 102      | 715       | 291       | 916      |
| P total (mg L <sup>-1</sup> )             | 94       | 64       | 389       | 150       | 245      |
| DBO (mg L <sup>-1</sup> )                 | 2.913    | 4.369    | 3.678     | 3.134     | 5.689    |
| DQO (mg L <sup>-1</sup> )                 | 5.987    | 18.471   | 11.299    | 14.291    | 16.069   |

Fonte: adaptado de Pereira (2006)

Nos dejetos de suínos, a concentração de nutrientes é elevada, devido á baixa eficiência alimentar desses animais. O NRC (1998) sugere que 45 a 60% do nitrogênio, 50 a 80% do cálcio e fósforo e 70 a 95% do potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro presentes nos alimentos são excretados.

Sinotti (2005), citado por Batista (2007), apresentou um levantamento das cargas de demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) geradas diariamente em granja suinícolas operando com 400 matrizes em ciclo completo, 400 matrizes como unidade produtora de leitões e 2.520 suínos como unidade de terminação. Foi verificado, neste estudo, que a granja de ciclo completo produz o equivalente a 4,70 Kg de DQO, 3,60 Kg de ST e 0,10 Kg de PT matriz ao dia; a unidade produtora de leitões produz o equivalente a 1,66 Kg de DQO, 1,43 Kg de ST,

0,12 Kg de NT e 0,04 Kg de PT por matriz ao dia; e a unidade de terminação produz o equivalente a 0,48 Kg de DQO, 0,34 Kg de ST, 0,03 Kg de NT e 0,01 Kg de PT por suíno ao dia.

### **Considerações sobre o volume de água presente nos dejetos suínos**

A água é essencial para a vida e um importante nutriente para suínos, talvez o menos lembrado. Em geral, técnicos e criadores dão mais importância à qualidade das dietas do que à qualidade da água que fornecem a seus animais. Talvez isto ocorra porque a água represente pequena parcela no custo de produção de suínos, em relação aos outros nutrientes. Muitas vezes ela nem é levada em conta. A quantidade da água exigida pode variar com a idade e estado fisiológico do animal, tipo e quantidade de alimento, temperatura da água e do ambiente, substâncias químicas ingeridas (excesso de minerais e nutrientes; efeito de medicamentos e aromatizantes) e estado sanitário (Tacker, 2001).

As perdas de água aumentam o volume de efluentes, agravando o problema e elevando os custos de armazenamento, tratamento, transportes e distribuição de dejetos. As principais perdas de água dos suínos se processam pela urina e fezes, superfície corporal de trato respiratório. Existe uma grande influência do sistema hidráulico e dos equipamentos utilizados, pois uma pequena goteira num bebedouro (com pressão de 2,8 kg/cm<sup>2</sup>) pode significar uma perda de 26,5 litros/hora (0,636m<sup>3</sup>/dia) e 150litros/hora (3,6m<sup>3</sup>/dia) num vazamento maior (Pedormo, 1995).

As quantidades de efluentes produzidas nas edificações podem ser reduzidas por uma diminuição das perdas e do consumo de água. Esse último, quando aumentado, é acompanhado de uma maior perda de água pela urina, mas constitui-se em mecanismo efetivo para a perda de calor corporal. Suínos mantidos em ambientes frescos (22°C) consumiram 3,3 litros/dia quando a temperatura da água era de 11°C e 4,0litros/dia quando aumentou para 30°C. Em contraste, suínos mantidos em salas alternadamente quentes (35 a 25°C)

consumiram 10,5 litros/dia quando a temperatura da água foi de 11°C e 6,6 litros/dia a 30°C (Penz e & Viola, 1995).

O modelo e a operacionalidade dos bebedouros podem influenciar as perdas de água. A taxa de derivação de água é em função da pressão, da perda de velocidade (atrito) e do diâmetro da tubulação de saída. O bebedouro ideal é aquele que fornece um volume adequado de água por unidade de tempo, com baixa velocidade de escoamento (Pedormo & Lima, 1998).

A altura e o ângulo de posicionamento dos bebedouros devem ser determinados em função do modelo utilizado e do tamanho dos animais. Nas fases em que os animais apresentam alta taxa de crescimento (creche, crescimento e terminação), os bebedouros do tipo nipple devem ser reguláveis em altura. Nessas fases, bebedouros do tipo nipple com altura fixa constituem um problema, pois contribuem para aumento e desperdícios em função das dificuldades de acesso (Pedormo & Lima, 1998).

A qualidade da dieta pode afetar o consumo de água. A dieta mal formulada pode aumentar o consumo de água e sua excreção. Segundo Hagsten & Perry (1976), o consumo de água pode aumentar em resposta ao teor de sal da dieta. O excesso de proteína na dieta também aumenta o consumo de água e o volume de urina na excretada, conforme demonstrado por Wahlstrom et al. (1970). Estes estudos demonstram que a formulação de dietas com níveis adequados de minerais e nitrogênio promovem menor consumo de água e produção de dejetos.

### **Formas de reduzir o poder poluente dos dejetos**

Em animais monogástricos cerca de 35 a 45% do nitrogênio proteico consumido na dieta é transformado em produto animal (carne, ovo). Para o fósforo, o que compromete o seu uso é a baixa digestibilidade em ingredientes de origem vegetal. Assim, para reduzir estas perdas é necessário alguns conhecimentos em nutrição animal.

### **Exigências nutricionais dos suínos**

Existem várias publicações sobre as exigências em nutrientes totais, digestíveis e disponíveis para suínos de diferentes fases de produção. Contudo, muitas vezes, conceitos básicos são generalizados, como, por exemplo, aqueles referentes a curva de crescimento, composição corporal do produto final, genótipo (linhagem), sexo e estimativas do consumo voluntário de ração. Em geral, as exigências nutricionais dos suínos são estabelecidos tendo como base os animais de uma população que apresentaram melhor desempenho, ou seja, animais que normalmente apresentam maior potencial genético para expressar uma variável como, por exemplo, ganho de peso ou deposição de carne na carcaça (Penz Junior, 2008).

O NRC (1998) fixou uma relação ideal de aminoácidos para manutenção, deposição protéica e síntese de leite, mas sugere a utilização de modelos matemáticos que estimem as quantidades de nutrientes necessários para suportar o nível de performance verificados em cada rebanho em particular, visando, por exemplo, taxa de deposição de carne ou de crescimento da leitegadas lactentes. Assim, as equações descrevem uma situação de potencial para cada fase de crescimento, aproximando-se mais da exigência dos animais e reduzindo a excreção de minerais nos dejetos. Recentemente, as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais (Rostagno et al., 2005) apresentaram exigências em aminoácidos digestíveis diferenciada para animais de desempenho regular, médio e superior, mas mantendo-se praticamente as mesmas relações entre aminoácidos digestíveis verdadeiros.

### **Uso de alimentação em múltiplas fases e criação de suínos em sexos separados**

As exigências em nutrientes de suínos destinados ao abate decrescem com a idade. Com uso de planos alimentares específicos para cada fase de desenvolvimento do animal, que considerem várias fases e não apenas as de crescimento e terminação, por exemplo, pode se reduzir as quantidades de

nutrientes suplementados e, conseqüentemente o volume de nutrientes excretados. O mesmo tipo de raciocínio é válido em função do sexo, uma vez que há diferenças marcantes nas exigências em nutrientes, fazendo com que a criação de suínos em baias por sexo promova aumento na eficiência de produção e redução nos problemas causados por dejetos de suínos (Pedormo & Lima, 1998).

Em um estudo realizado por Latimier & Dourmad (1993), com suínos em crescimento e terminação, houve redução de até 23% no teor de N nos dejetos e de até 25% na emissão de N no ar, quando dietas com diferentes níveis de proteína bruta foram utilizadas no crescimento (17,5 ou 16,0%) e terminação (15 ou 13%) e melhor relação de aminoácidos foram comparados com animais recebendo a mesma dieta durante todo o período (17,5%).

Van Der Peet-Schwering et al. (1997) estudaram o efeito do emprego de dietas para várias fases durante o crescimento e terminação de suínos. Estes autores compararam dietas contendo 16,5 e 13,5% de proteína bruta com uma dieta controle calculada para apresentar 16,0%. A alimentação em múltiplas fases reduziu a excreção de N em 14% e a emissão de amônia em 17%.

#### O nitrogênio presente na dieta

Dietas ricas em proteína, e, conseqüentemente nitrogênio, exigem maior consumo de água, uma vez que o metabolismo das proteínas gera menor produção de água metabólica, quando comparada ao de carboidratos e lipídios. A redução da produção de dejeções animais por meio do aumento da eficiência de utilização dos nutrientes da dieta, de forma a minimizar as perdas durante a passagem pelo organismo, é um dos objetivos a serem estudados, pois, durante o período de crescimento e terminação (25 a 100 kg), um suíno consome de 5 a 6 kg de nitrogênio e perde 2/3 dessa quantidade sendo 1,1 a 1,3 kg pelas fezes e 2,4 a 2,7 kg pela urina. A quantidade de excretada na urina é tanto maior quanto mais elevado for o nível de nitrogênio da dieta (Pedormo & Lima, 1998).

Os aminoácidos da dieta requeridos pelos suínos são destinados para a manutenção dos tecidos e síntese proteína corporal. A parte indigestível da proteína dietética é excretada através das fezes. Entretanto, a maior proporção do nitrogênio excretado é eliminada pela urina, resultante do processo de desaminação do excesso de aminoácidos absorvidos. Existem citações de que os suínos podem excretar cerca de 9 a 11% do nitrogênio consumido através das fezes e 42 a 48% através da urina (Jongbloed & Lennis, 1992).

A redução de proteína na dieta pode ser conseguida se forem atendidas as exigências em aminoácidos dos animais. A lisina é em geral o primeiro aminoácido limitante quando reduzimos a teor proteico das dietas, mas esse problema pode ser facilmente contornado com o uso de lisina sintética. O próximo fator limitante numa dieta com menor conteúdo proteico seria a metionina ou treonina, dependendo dos ingredientes utilizados, e triptofano com menor frequência (Pedormo & Lima, 1998).

Conhecido os valores de digestibilidade dos aminoácidos nos ingredientes pode-se utilizar o conceito de proteína ideal, o qual estabelece uma relação de aminoácidos nas proporções exatas em que eles são exigidos pelos suínos para manutenção e produção. Dessa forma, cada aminoácido essencial e a soma de todos os aminoácidos não essenciais são igualmente limitantes.

A redução de nitrogênio consumido e conseqüente redução de nitrogênio excretado, que ocorre quando as formulas das dietas são feitas com base no conceito da proteína ideal, não só melhora o aproveitamento dos aminoácidos, em geral, como da energia. A menor excreção de nitrogênio também resulta em uma menor produção de calor para catabolizar os aminoácidos, pois eles estarão na dieta em menor quantidade e de forma balanceada. Assim, a energia líquida da dieta aumenta (Penz Junior, 2008). Logo, Henry (1996) sugeriu que a formulação de ração com base a proteína ideal deverá vir acompanhada do uso de valores de energia líquida dos ingredientes e não de valores de energia digestível ou metabolizável.

Dourmad et al. (1993) mostraram que a composição corporal dos suínos não foi afetada pela redução da proteína bruta das dietas quando suplementadas com aminoácidos sintéticos. Os autores concluíram que através da melhoria no perfil dos aminoácidos da dieta houve uma redução de 35% na excreção de N sem, contudo, prejudicar os resultados de conversão alimentar, ganho de peso e composição da carcaça. Da mesma forma, não houve diferença no conteúdo de gordura nas carcaças, pois as dietas foram formuladas para conter o mesmo nível de energia líquida (Tab. 3).

Tabela 3- Efeito da redução da proteína da dieta no desempenho e excreção de nitrogênio de suínos dos 10 aos 102 kg

| Parâmetros                  | Proteína bruta na dieta (%) |       |          |
|-----------------------------|-----------------------------|-------|----------|
|                             | 17,8                        | 15,5  | 13,6     |
| Ganho médio diário (g)      | 846                         | 867   | 852      |
| Conversão alimentar         |                             |       |          |
| MJ NE/kg                    | 27,5                        | 27,4  | 27,6     |
| MJ ME/kg                    | 38,2a                       | 37,4b | 37,2b*   |
| Porcentagem de carne        | 51,3                        | 52,3  | 51,6     |
| Excreção de N<br>(kg/suíno) | 3,90a                       | 3,10b | 2,50c*** |

\* (P<0,5), \*\*\* (P<0,001)

Fonte: Dourmad et al. (1993)

A redução do conteúdo protéico das dietas promove diminuição da quantidade de dejetos produzidos e isto tem implicação imediata no custo de produção. Com o uso de dietas com menor teor protéico, necessita-se de menor capacidade de armazenagem dos dejetos. Além disso, a emissão de gases é reduzida, principalmente no caso da amônia, que é responsável por grande parte da origem do problema de odor indesejável produzido nas criações.

## Minerais

No contexto da eliminação de minerais por meio dos dejetos suínos, é fundamental que se considere os níveis dos elementos presentes nas dietas. Os níveis utilizados de potássio nas rações excedem às exigências dos suínos em três a cinco vezes, ou até mais. Uma restrição desse mineral acarretará

redução do cloro, uma vez que esse ânion normalmente acompanha o potássio nos alimentos (Pedormo & Lima,1995).

Pesquisas mostram que as quantidades de cloreto de sódio na dieta afetam o volume de água consumida e excretada. Uma redução nos níveis desse composto fornecidos na dieta, de maneira apenas a atender os níveis exigidos, reduz o sódio e cloro excretados ao mesmo tempo que causa uma utilização racional da água, com redução e do volume de dejetos produzidos.

Quando um ligante ou agente quelante se liga a um metal forma-se um complexo chamado quelato, que, dependendo das características químicas da molécula resultante, pode favorecer ou reduzir a absorção de metal. Os quelatos metal-aminoácidos aumentam a absorção dos minerais e podem se constituir uma alternativa para a redução dos níveis de microminerais adicionados na dieta e possivelmente no dejetos também (Ashmead,1992). O aumento da absorção dos minerais pelo organismo ocorre possivelmente por não sofrerem influencia competitiva de outros minerais ou elementos que possuam cargas e que estão presentes normalmente no conteúdo do trato gastrointestinal (Ammerman et al., 1995).

Hacknnaar (1995), comparou a suplementação de ferro através do sulfato de ferro ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) e com o Fe na forma de quelato, em dietas para leitões após o desmame, observou-se que o nível de 10 ppm de Fe na forma quelatada foi equivalente a 100 ppm de Fe na forma de sulfato quanto aos resultados de desempenho dos animais.

## **Enzimas**

As enzimas são catalizadores biológicos que aceleram as reações químicas intra ou extracelulares. A principal característica da ação enzimática é a especificidade. Cada tipo de enzima atua sobre um composto ou substrato associado, cuja estrutura deve encaixar-se à da enzima de modo que os centros ativos coincidam perfeitamente. Esse processo é comparado a relação entre a chave e sua fechadura, pois cada substrato possui uma enzima

específica, capaz de abrir os caminhos para sua transformação (Fireman & Fireman, 1998).

As enzimas exógenas atuam sobre substratos específico, aumentando dessa forma a digestibilidade de nutrientes específicos (Zanella, 2001). Essa atividade enzimática, pode ser uma ferramenta eficiente para reduzir o poder poluente dos dejetos produzidos pelos animais dentro do enfoque de fator melhorador da eficiência de utilização dos alimentos pelos animais (Lima, 2008).

### **Fitase**

As quantidades de fósforo vegetal presentes na maioria das dietas seriam, em geral, suficientes para atender as funções essenciais dos suínos, não fosse sua baixa disponibilidade, variando de 15 a 50% (Gomes, 1995). Isso ocorre devido ao fósforo estar presente em grande parte na forma de fitato, que é praticamente indigestível, sendo, pois, eliminado nas fezes.

Até recentemente, o ácido fítico era considerado somente um fator limitante da disponibilidade de fósforo em alimentos de origem vegetal para monogástricos. Atualmente, uma série de trabalhos tem demonstrado que seu efeito limitante é muito mais amplo. Um desses efeitos atribuídos ao ácido fítico é a formação de complexos com proteínas. Acredita-se que a interação entre ácido fítico e proteína seja uma associação iônica dependente de pH. Num baixo pH, o ácido fítico forma complexos insolúveis com arginina, lisina e histidina por ligações eletrostáticas. Quando o pH aproxima-se do ponto isoelétrico, a carga sobre a proteína é neutralizada e o fitato dissocia-se, tornando-se solúvel. Nesse estado, o fitato pode, ainda, complexar com a proteína pela presença de cátions divalentes (O'dell & Borland, 1976; Knuckles et al., 1985).

As moléculas de fósforo, bem como, de cátions multivalentes, que estão ligadas ao fitato (Éster Hexafosfato de Mioinositol), só podem ser absorvidas depois de clivadas dessa estrutura. Para isso se faz necessário a ação enzimática da fitase. As aves apresentam inexpressiva ou nenhuma ação da

fitase endógena, sendo necessário, portanto, a utilização da fitase exógena para quebrar o fitato e tornar o fósforo livre (Peterson, 2001).

A enzima fitase tem sido utilizada com a função de liberar parte do fósforo complexado na forma de fitato, melhorando a absorção de minerais e a digestibilidade de proteína bruta e dos aminoácidos, melhorando a utilização protéica. Isto seria possível, devido a hidrólise do ácido fítico pela fitase, onde ocorreria a liberação dos aminoácidos que estariam ligados ao fitato (Biehl & Baker, 1997). Além dessa propriedade, a enzima reduz a ação quelante do ácido fítico de nutrientes como, por exemplo, proteínas, aminoácidos, amido e cátions (Ravindran et al., 1999), e enzimas, como a pepsina, tripsina e alfa-amilase (Sebastian et al., 1998) de modo que a solubilidade e a digestibilidade são drasticamente reduzidas pela formação de complexos insolúveis.

Ludke et al., 2000 estudaram a suplementação de fitase em relação ao fosfato inorgânico (fosfato bicálcico) em dietas com e sem farelo de arroz desengordurado (FAD). Dietas com e sem FAD suplementadas com fitase tiveram a mesma eficiência que as suplementadas com fosfato bicálcico sobre o desempenho dos animais. Entretanto, a fitase ocasionou redução na excreção de cálcio e fósforo, nas fezes somente quando foi suplementada em dietas sem FAD. De acordo com o autor, esse fato ocorreu devido ao fato de FAD apresentar maior concentração de fósforo total, sendo a maior parte indisponível. Com isso, a fitase pode ter liberado deste ingrediente quase todo o fósforo presente, ultrapassando, assim, as necessidades diárias dos animais, ocasionando maior excreção.

Campbell et al. (1995), onde se estudou o emprego de níveis crescentes de fósforo disponível (0,15, 0,25, 0,35 e 0,45%) com e sem a adição de 100 g de fitase por tonelada em dietas de suínos dos 19 aos 40 dias após o desmame, verificou-se que os suínos que tiveram acesso às dietas com fitase apresentaram melhor desempenho mesmo quando o nível de fósforo disponível foi de 0,25%.

### **Enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos (PNAs)**

Os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), principais constituintes da parede celular dos alimentos de origem vegetal, são polímeros de açúcares que não podem ser digeridos pelos suínos, devido à natureza de suas ligações, sendo resistentes à hidrólise no trato digestório (Zanella, 2001; Conte et al. 2003). Esses PNAs aumentam a viscosidade das dietas por sua capacidade de se ligar a grandes quantidades de água formando um gel viscoso (Santos Jr. et al., 2004), o que diminui a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas e impede suas interações na superfície da mucosa intestinal (Choct, 2001), levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes. Além disso, viscosidade da digesta interfere na microflora intestinal e nas funções fisiológicas do intestino (Choct et al., 2004).

Para reduzir a viscosidade do conteúdo digestivo é necessário que os polissacarídeos não amiláceos solúveis sejam decompostos em pequenas unidades através da ação enzimática, perdendo assim a capacidade de retenção de água. Com a redução da viscosidade, a ação enzimática sobre o conteúdo intestinal é mais eficaz, sendo assim, há melhora na capacidade de digestão dos nutrientes, aumento na velocidade de trânsito intestinal e redução da quantidade de água nas fezes (Opalinski, 2006). As principais enzimas para a degradação dos polissacarídeos não amiláceos são as xilanases, celulasas e as glucanases, que não são sintetizadas pelos monogástricos.

Rodrigues et al. (2000) estudaram o efeito das fontes energéticas (milho e sorgo) e a adição de carboidrases (amilase, xilanase,  $\beta$ -glucanase e pectinase) para suínos em crescimento e verificaram que a adição das enzimas melhorou a digestibilidade das duas fontes energéticas e a retenção de nitrogênio aumentou quando a dieta contendo sorgo foi suplementada com enzima.

Utilizando enzimas nas rações pré iniciais para leitões em aleitamento, Andrade et al. (2003) observaram que a adição do complexo enzimático (xilanase,  $\beta$ -glucanase,  $\alpha$ -amilase e protease), influenciou o consumo de ração a conversão alimentar e o peso final sendo observado uma redução no

consumo de ração, uma melhor conversão alimentar e maior peso final nos animais alimentados com a ração contendo a enzima.

### **Restrição alimentar**

O uso da técnica de restrição alimentar em suínos em fase de terminação tem sido feito com o objetivo de promover aumento na eficiência alimentar e melhoria na qualidade das carcaças. Entretanto, essa técnica proporciona uma vantagem a mais que é a da redução do volume de dejetos produzidos e da excreção total de minerais, pois, com o menor consumo de ração, há aumento na eficiência de utilização dos nutrientes dietéticos pelos animais (Pedormo & Lima, 1998).

### **Considerações finais**

A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos cresce a cada dia. Por isso há um grande interesse de pesquisadores em nutrição animal em estabelecer estratégias que possam reduzir a poluição ambiental gerada pelos dejetos. Os conhecimentos das exigências nutricionais, uso de enzimas exógenas, formulação de dietas com base em proteína ideal, restrição alimentar são algumas alternativas eficientes que favorecem a redução da poluição como também promove melhores resultados a atividade suinícola.

### **Referências bibliográficas**

AMMERMAN, C.B ; BAKER, D.H. & LEWIS, A.J.. Bioavailability of Nutrients for Animals. Ed. Academic Press, 441p. San Diego, CA. 1995.

ANDRADE, T.S; ARAUJO, L.R.S.; CORREIA JR, A.A. et al. Utilização de enzimas nas rações para leitões durante a lactação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS-ABRAVES, 9, 2003, Anais... Goiânia, 2003, p.301-302.

ASHMEAD, H. D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. In: The roles of amino acid chelates in animal nutrition. Parl Ridge, Noyes Publicatios, cap. 3, p. 47-75. 1992.

BATISTA, R. O. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água residuária de suinocultura. 2007. 146p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CARVALHO, A.P., CARVALHO, C.M.C. e CAIRES, R.M. Nutrição animal como forma de reduzir a poluição ambiental gerada pelos dejetos suínos. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 29, Ed. 134, Art. 905, 2010.

BIEHL, R.R., BAKER, D.H. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soybean meal, but not in diets based on peanut meal. *Poultry Science*, v. 76, p.355-360, 1997.

CAMPBELL, R. G.; HARRISON, D.T.; BUTLER, K.J.; SELLE, P.H. Effects of dietary available phosphorus and phytase (Natuphos) on the performance of pigs from 19 to 40 days post-weaning. In: *Manipulating Pig Production V.* p. 193, eds. D. P. Hennessy e P.D. Cranwell. Australasian Pig Science Association, Werribee. 1995.

CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: Bedford, M.R. & Partridge, G.G. (ed.) *Enzymes in farm animal nutrition*. Oxford, CAB Publishing, 2001.

CHOCT, M., KOCHER, A., WATERS, D.L.E., et al. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, v.92, p.53-61, 2004.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PEDORMO, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. Concórdia, SC: EMBRAPA- CNPSA/EMATER-RS, 2002. 31p. (Boletim informativo, 14).

DOURMAD, J.Y.; HENRY, Y.; BOURDON, D.; QUINIOU, N.; GUILLOU, D. Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs. In: *International symposium of nitrogen flow in pig production and environmental consequences*. 1. Wageningen PUDOC, p 206 – 211. 1993.

FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. *Ciência Rural*, v.28, n.1, p.173-178, 1998.

GOMES, P.C. Fontes não convencionais de fósforo para suínos e aves. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1995. 28p. (Embrapa-CNPSA. Circular técnica, 17).

HACKERNHAAR, L. Níveis de ferro, inorgânico ou quelatado, em rações iniciais de suínos com altos níveis de cobre e de zinco. 1995. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

HAGSTEN, I.; PERRY, T.W. Evaluation of dietary salt levels for swine. 1. Effect on gain., water consumption and efficiency of feed conversion. *Journal Animal Science* v.42, p.1187, 1976.

HENRY, Y. Proceedings of the 14<sup>o</sup> International Pig Veterinary Society Congress. p.45-50, 1996.

JONGBLOED, A. W.; LENIS, N.P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. *Livestock Production Science*, v.31, p.75-94. 1992.

KNUCKLES, B. E., KUZMICKY, D.D., BETSCHART, A. A. Effect of phytase and partially hydrolyzed phytate on in vitro protein digestibility. *Journal of Food Science*, v. 50, n. 4, p. 1080 – 1082, 1985.

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO, A. F. C.; PEREIRA F. A. Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 31p. (Circular Técnica 25).

LATIMIER, P.; DOURMAD, J.Y. Effect of three protein feeding strategies, for growing finishing pigs on growth performance and nitrogen output in the slurry and in the air. *Proceedings of First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental*

- CARVALHO, A.P., CARVALHO, C.M.C. e CAIRES, R.M. Nutrição animal como forma de reduzir a poluição ambiental gerada pelos dejetos suínos. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 29, Ed. 134, Art. 905, 2010.
- Consequences. Wageningen, The Netherlands, pp. 242-246, eds M.W.A. Verstegen, L. A. den Hartog, G. J. M., van Kempen e J.H.M. Metz, E. A. A. P. Publication Nº 69.1993.
- LIMA, G.J.M.M. Nutrição de suínos:ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 7., Florianópolis-SC, Anais... Florianópolis: Avesui, p. 09-41, 2008.
- LUDKE, M.C.M.M.; LOPEZ, M.C.; LUDKE, J.V. Influência da fitase sobre a redução da quantidade de nitrogênio, fósforo e cálcio excretados pelos suínos em crescimento. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37. 2000. Anais... Viçosa. Trabalho no. 205. 2000. 1 CD-ROM.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. Nutrientes requeriments of swine. 10. ed. Whashington, D.C.; 1998. 190 p.
- O´DELL, B. L., BORLAND, A. R. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oilseed meals. Journal of Agricultural Food Chemistry, v. 24, n.4, p.804 – 808, 1976.
- OLIVEIRA, P.A.V. Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS – CBNA, 3., São Paulo, 1994. Anais... São Paulo: EMBRAPA – CNPSA, p. 27-40, 1994
- OLIVEIRA, P. A.; MARTINS, R. R.; PEDROSO, D.; LIMA, G.J. et al. Manual de manejo e utilização de dejetos suínos. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 138p. (Documentos, 27).
- OLIVEIRA, R. A. Efeito da temperatura e do descarte de lodo no desempenho de reatores anaeróbicos de fluxo ascendente com manta de lodo, em série, tratando águas residuárias de suinocultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA-CONBEA, 32, 2003, Goiânia. Anais... Jaboticabal: SBEA, 2003. 1-CD ROM.
- OPALINSKI M. Utilização de enzima e soja integral em rações para frangos formuladas com ingredientes alternativos com base em aminoácidos digestíveis e totais. 2006. 105p. Dissertação (Mestrado ciências veterinárias)-Curso de pós graduação em ciências veterinárias, Faculdade e Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná.
- PEDORMO, C.C; LIMA, G.J.M. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: Suinocultura intensiva. p. 223-235. Embrapa Suínos e Aves, 1998.
- PEDORMO, C.C. Uso racional de água no manejo de dejetos suínos. In. SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS, 1.1995, Anais... Ponte Nova: EPAMIG,1995. p.8-23.
- PENZ, A.M. Influencia da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., 2000. São Paulo, SP. Anais... p.53-69, 2000.
- PENZ, A.M.; VIOLA, E.S. Potabilidade e exigências de água nas diferentes faixas etárias. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS,7., 1995. Anais... Blumenau, SC, 1995. p.57-67.
- PEREIRA, E. R. Qualidade da água residuária em sistema de produção e de tratamento de efluentes de suínos e seu uso no ambiente agrícola . Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2006. 130 p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, A.P., CARVALHO, C.M.C. e CAIRES, R.M. Nutrição animal como forma de reduzir a poluição ambiental gerada pelos dejetos suínos. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 29, Ed. 134, Art. 905, 2010.

PETERSON, S. T. Propriedades e características de RonozymeTMP, a nova fitase da Roche. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2001, Anais... Campinas, SP, p. 17-29. 2001

RAVINDRAN, V., CABAUG, S., RAVINDRAN, G., BRYDEN, L. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. *Poultry Science*, v. 78 p.699-706.

RODRIGUES, P.B; FREITAS, R.T.F; FIALHO, et al. Efeitos da adição de enzimas sobre a digestibilidade e valores energéticos de rações para suínos em crescimento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Anais... p. 2000

ROSTAGNO, H.S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição dos alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, UFV. 2005. 141p.

SANTOS JR. A.A., FERKET P.R., GRIMES J.L. ET AL. 2004. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. *Journal Poultry Science* v.3, n. 1, p. 33-45.

SEBASTIAN, S., TOUCHBURN, S.P., CHAVEZ, E.R. 1998. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal*, v. 54, p.27-47.

THACKER, P. A. Water in Swine Nutrition. In: *Swine Nutrition*, Lewis, A. J. & Southern, L. L., eds. p.381 –398. 2001.

VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C., JONGBLOED, A.W.; AAMINK, A. J. A. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production. The situation in the Netherlands. In: 48th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Commission on Pig Production, Session II, Viena. p. 1-18. 1997.

ZANELLA, I. Suplementação enzimática em dietas avícolas. Anais...PRÉ-SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, UFSM, Santa Maria, RS, 69p. p37-49, 2001.

WAHLSTROM, R.C.; TAYLOR, A. R.; SEERLEY, R.W. Effects of lysine in the drinking water of growing swine. *Journal Animal Science* v. 30 p. 368, 1970.