

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**EQUILÍBRIO DINÂMICO NA PASSAGEM DO INDICADOR EM ENSAIOS DE  
DIGESTIBILIDADE COM SUÍNOS**

CURITIBA  
2015

JUAHIL MARTINS DE OLIVEIRA JÚNIOR

**EQUILÍBRIO DINÂMICO NA PASSAGEM DO INDICADOR EM ENSAIOS DE  
DIGESTIBILIDADE COM SUÍNOS**

Tese apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Doutor em Ciências  
Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marson Bruck  
Warpechowski

CURITIBA  
2015


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS




PARECER

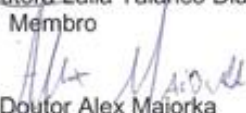
A Comissão Examinadora da Defesa da Tese intitulada "EQUILÍBRIO DINÂMICO NA PASSAGEM DO INDICADOR EM ENSAIOS DE DIGESTIBILIDADE COM SUÍNOS" apresentada pelo Doutorando JUAHIL MARTINS DE OLIVEIRA JUNIOR declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou o candidato aprovado para receber o Título de Doutor em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

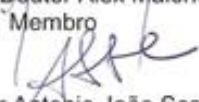
Curitiba, 25 de maio de 2015

  
Professor Doutor Marson Bruck Warpechowski  
Presidente

  
Professor Doutor Alexandre de Mello Kessler  
Membro

  
Professora Doutora Laila Talarico Dias  
Membro

  
Professor Doutor Alex Maiorka  
Membro

  
Professor Doutor Antonio João Scandolera  
Membro

## DEDICATÓRIA

*Dedico esta tese a minha esposa Daniele de Campos Richter, que sempre me deu força e esteve presente em todos os momentos que necessitei.*

*Também dedico esta tese ao meu falecido Pai Juahil Martins de Oliveira e à minha mãe Rose Mary Buffara de Camargo Vianna, os quais sempre me serviram como exemplo de perseverança e dedicação.*

*Dedico ainda ao meu filho Vinícius Richter Martins de Oliveira, sendo meu principal estímulo nesta reta final.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski por toda confiança em aceitar como orientado, pela paciência em me aguentar como orientado, mas principalmente pela orientação e ensinamentos de vida.

Às orientadas de pós-doutorado Dra. Lucélia Hauptli e Dra. Ana Rosália Mendes, que me auxiliaram e co-orientaram sempre que necessário.

A MSc Josyane da Costa Rego e seu marido MSc Ederson G. Camargo, que coordenaram e executaram os experimentos com responsabilidade e comprometimento incomparável.

Aos alunos de pós-graduação Eduardo Alexandre de Oliveira, Emanuella Aparecida Pierozan, Melisa Frutuoso Machado, Sebastião Ferreira Magagnin, Tatiana Carolina Dutra.

A todos os alunos de graduação, especialmente aos (as) alunos (as) de iniciação científica Marina Lima de Souza, Mayuri Correa santo, Marcos Novak, Paulo Castelhem, os quais participaram até as últimas intermináveis análises laboratoriais.

A todos do Laboratório de Nutrição Animal e Laboratório de Solos da UFPR que prestaram grande auxílio no desenvolvimento das análises.

Às empresas Impextraco Latin America e Sanex Com. e Ind. Veterinária Ltda, pelo financiamento das pesquisas.

À minha esposa Daniele de Campos Richter, companheira exemplar que me ajudou a crescer como ser humano em todos os sentidos.

*“Tenha em mente que tudo que você aprende na escola é trabalho de muitas gerações (...) Receba essa herança, honre-a, acrescente a ela e, um dia, fielmente, deposite-a nas mãos de seus filhos.”*

*(Albert Einstein)*

## RESUMO

A administração das dietas contendo indicador para ensaios de metabolismo deve ser contínua, já que no momento de coleta do material experimental este deve ser realizado quando a ingestão e excreção da concentração do indicador estiverem constantes, ou seja, em equilíbrio dinâmico. Entretanto, a maioria dos trabalhos de digestibilidade apenas salienta o período de adaptação às rações experimentais, ou seja, a discussão sobre a necessidade exata do período de adaptação para cada animal e as variáveis que podem afetar o início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador é pouco discutida. O Capítulo 2 deste trabalho é uma revisão para um melhor entendimento de ensaios de passagem e/ou metabolismo, sendo subdividido nas principais medidas da passagem da digesta e curvas de excreção do indicador, principais indicadores, efeito da idade dos animais e outros fatores que podem afetar a passagem da digesta em suínos. Neste contexto, o objetivo do Capítulo 3 foi avaliar a determinação do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador com leitões em diferentes idades e verificar a possibilidade de predição do início do equilíbrio dinâmico em ensaios de digestibilidade com leitões. O Capítulo 4 consiste em um ensaio de digestibilidade com repetição no tempo, cuja as diferenças na concentração de cromo entre as fases foram utilizadas para a determinação do início do equilíbrio dinâmico. No Capítulo 3 foram utilizados dados de 3 experimentos. No experimento 1 foram utilizados 12 leitões machos castrados com peso médio inicial de  $7,52 \pm 0,81$  alojados individualmente em gaiolas metabólicas reguláveis. Nos experimentos 2 e 3 foram utilizados 48 leitões machos castrados (24 animais em cada experimento), desmamados com peso vivo médio inicial de  $7,03 \pm 0,79$  kg (Experimento 2) e  $7,42 \pm 0,43$  (Experimento 3), alojados em gaiolas metabólicas individuais de tamanho ajustável. A determinação do início do equilíbrio dinâmico para cada animal foi realizada de duas maneiras, a primeira foi pelo intervalo de confiança (IC;  $\alpha=5\%$ ), determinando-se o momento quando a diferença na concentração de cromo nas fezes entre os períodos de coleta foi menor que o IC obtido. A segunda foi determinada pelo ajuste de função sigmoide aos dados de excreção de Cromo acumulada (% do ingerido) como variável dependente e os dados de tempo em horas como variável independente. O início do equilíbrio dinâmico foi determinado considerando-se o tempo de retenção de 50% na passagem do indicador. Para a avaliação de exatidão e precisão da metodologia proposta para determinação do início do equilíbrio dinâmico, os dados das duas metodologias foram submetidos à regressão linear, avaliando-se o coeficiente de determinação, o intercepto e a inclinação. Posteriormente foi realizada metanálise com os dados dos 3 experimentos, sendo considerada como variável dependente o tempo de início do equilíbrio dinâmico. As variáveis da taxa de consumo de energia metabolizável e o comportamento de consumo alimentar podem ser utilizados para a estimativa de início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador em ensaios de metabolismo com leitões.

**Palavras chave:** Equilíbrio dinâmico do indicador, passagem da digesta, leitões.

## ABSTRACT

Administration of diets containing indicator for metabolic tests should be continuous and when collection of the experimental material should be performed when this intake and excretion of the marker concentration are constant, namely, in marker steady state. However, most of digestibility work only highlights the adaptation period to the experimental diets, but the discussion about the exact need of the adaptation period for each animal and the variables that can affect the onset of marker steady state in passage of digest is little discussed. Chapter 2 of this paper is a review for a better understanding of passing tests and/or metabolism, being subdivided into the main measures the passage of digest and excretion curves, main indicators of animal age effect and other factors that may affect the passage of digesta in pigs. In this context, the aim of Chapter 3 was to evaluate the determination of marker steady state in pigs at different ages and verify the ability to predict the marker steady state in metabolic tests. Chapter 4 consists of a digestibility assay with repetition over time, which differences in concentration between the chromium phase were used for determining the beginning of the marker steady state. In Chapter 3 we used data of 3 experiments. In experiment 1 were used 12 barrows with an initial average weight of  $7.52 \pm 0.81$  individually housed in metabolic cages adjustable. In experiments 2 and 3 were used 48 castrated piglets (24 animals in each experiment), weaned with average weight of  $7.03 \pm 0.79$  kg and  $7.42 \pm 0.43$ , housed in individual metabolic cages adjustable size. The determination of the marker steady state for each animal was performed in two ways, the first being the confidence interval (CI,  $\alpha = 5\%$ ) determining the moment when the difference in the chromium concentration in faeces between periods of collection was less than the IC obtained. The second was determined by sigmoid function setting the accumulated excretion data chrome (% of intake) as the dependent variable and the time data in hours as a independent variable. The beginning of the dynamic balance was calculated based on the 50% retention time in the passage of the marker. To evaluate the accuracy and precision of the proposed methodology for determining the beginning of the marker steady state, the data of the two methodologies were submitted to linear regression, evaluating the coefficient of determination, the intercept and the slope. Subsequently meta-analysis was performed with data from 3 experiments is considered as the dependent variable beginning of the marker steady state. The variables of the consumption rate and metabolizable food intake behavior can be used to predict the beginning of the marker steady state in metabolism tests with piglets.

**Keywords:** Marker steady state, passage rate, piglets.



## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1:

Figura 1. Curva clássica de excreção acumulada do indicador..... 16

Figura 2. Curvas clássicas de excreção do indicador e a curva de excreção acumulada, a seta indica o momento de início do equilíbrio dinâmico ..... 16

### Capítulo 2:

Figura 3. Exemplo da concentração de cromo nas fezes não acumulada (%) em animais dos experimentos 1 (▲), 2 (■) e 3 (●).....34

Figura 4. Ajuste à regressão linear entre os dados de início do equilíbrio dinâmico (horas) utilizando 2 diferentes metodologias para determinação (IED 1 – Metodologia 1; IED 2 – Metodologia 2).....34

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2:

- Tabela 01. Relação dos ingredientes e composição nutricional analisada das diets experimentais para leitões na Fase Pré-inicial (29 aos 40 dias de idade) ..... 29
- Tabela 02. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais simples e complexas de acordo com o nível de inclusão de acidificante (0,0%; 0,4%; 0,8%) ..... 31

### Capítulo 3:

- Tabela 03. Ingredientes e composição química das dietas de farelo de soja e milho moído (Convencional) e de soja integral desativada e milho cozido (Alternativa) ..... 43
- Tabela 04. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) das variáveis e desvio padrão ..... 46
- Tabela 05. Coeficientes de digestibilidade aparente das variáveis bromatológicas dos alimentos e desvio-padrão de acordo com a dieta e o nível de acidificante..... 51

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Medidas da passagem da digesta e curvas de excreção.....	14
2.2	Equilíbrio dinâmico na passagem do indicador.....	15
2.3	Principais indicadores.....	17
2.4	Efeito da idade dos animais na passagem da digesta.....	18
2.5	Outros Fatores que podem afetar a passagem da digesta.....	19
2.6	Referências.....	22
3	ESTIMATIVA DO EQUILÍBRIO DINÂMICO COM LEITÕES NA FASE DE CRECHE.....	25
3.1	Introdução.....	27
3.2	Material e Métodos.....	28
3.3	Resultados e Discussão.....	33
3.4	Conclusões.....	36
3.5	Referências.....	36
4	ACIDIFICANTES E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO.....	39
4.1	Introdução.....	41
4.2	Material e Métodos.....	42
4.3	Resultados e Discussão.....	45
4.4	Conclusões.....	52
4.5	Referências.....	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6	ANEXOS.....	56

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os ensaios de digestibilidade com suínos são frequentemente realizados visando melhorar o estudo sobre o aproveitamento de nutrientes presentes na dieta. Existem diferentes metodologias para avaliação da digestibilidade, podendo-se utilizar a coleta total ou parcial de fezes, ou ainda a coleta pode ser realizada diretamente no íleo, denominada de digestibilidade ileal, sendo que ambas as metodologias podem considerar ou não a perda endógena (aparente ou verdadeira). Dependendo do nutriente a ser avaliado, a metodologia de digestibilidade ileal pode ser mais apropriada. Experimentos de digestibilidade de aminoácidos que utilizam o método de coleta ileal são adequados porque evitam a influência dos microorganismos sobre a digesta, como a síntese ou utilização de aminoácidos (Sauer e Ozimek, 1982). Em ensaios de digestibilidade ileal, os métodos normalmente utilizados para coleta do material são anastomose íleo-retal, fistula ou abate (Sakomura e Rostagno, 2007).

Nos ensaios experimentais de digestibilidade, para que se tenha certeza de que o material coletado provém da mesma ração fornecida aos animais, utiliza-se a administração de indicadores às dietas. Para que o indicador seja passível de utilização, este deve atender critérios como não ser digerido, transformado ou absorvido no trato gastrointestinal, e ser totalmente recuperado na digesta, fezes ou excreta (Kobt e Lukey, 1972; Laplace, 1972; Warner, 1981). Outro aspecto importante é que o indicador ainda deve possuir determinação com precisão adequada, não sofrer degradação microbiana e possuir taxa de migração idêntica à da fase de estudo do conteúdo intestinal (Laplace, 1972). Dentre os indicadores utilizados, estão óxidos metálicos e complexos como Rufenantrolina, Cr-EDTA, fibras vegetais Cr-mordentes (Warner, 1981). De acordo com Sakomura e Rostagno (2007), o indicador mais utilizado em ensaios de digestibilidade é o óxido de cromo.

A administração das dietas contendo indicador pode ser realizada em dose única ou contínua dependendo do objetivo do estudo (Warner, 1981; Sakomura e Rostagno, 2007). Nos estudos de passagem, o indicador deve manter-se em equilíbrio com os componentes/frações de interesse, aos quais deve representar em relação ao tamanho de partícula e/ou densidade, para apresentar uma progressão semelhante ao longo do trato gastrointestinal

(Udén et al. 1980). Entretanto, o movimento da digesta e tempo de retenção de indicadores adicionados à dieta correspondentes à fase líquida e sólida apresentam comportamento diferente, e em geral as partículas maiores permanecem maior tempo no estômago, sendo que a fase líquida e partículas mais finas (0,1mm) passam mais rapidamente por este compartimento, sendo que ambas ficam retidas em maior período no cólon (Clemens et al., 1975). As diferenças nas curvas enchimento e esvaziamento demonstram que, para a garantia de que a passagem do indicador esteja em equilíbrio dinâmico em ensaios de digestibilidade, é necessário que a administração do indicador seja constante durante determinado período prévio, sendo neste caso importante a utilização da metodologia de fornecimento de dose contínua do indicador.

A maioria dos trabalhos de digestibilidade utilizam animais em crescimento ou terminação e apenas salienta o período de adaptação às rações experimentais, que segundo Sakomura e Rostagno (2007), deve ser entre 4 a 7 dias. Entretanto, na maioria dos artigos não se percebe a preocupação sobre o estado de equilíbrio dinâmico no momento da coleta. Além disso, não existem trabalhos sobre o desenvolvimento de modelos de predição do início do equilíbrio dinâmico a partir de variáveis de fácil obtenção durante o período experimental, de forma a aumentar a precisão e exatidão dos coeficientes de digestibilidade obtidos.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Medidas da passagem da digesta e curvas de excreção do indicador.**

O movimento da digesta pelo trato digestório dos animais são determinados e expressos de diferentes formas. Warner (1981) revisando estudos sobre a passagem da digesta de mamíferos e aves pontuou 3 aspectos principais; a velocidade expressa em mm/s, tem sido estudada principalmente em trabalhos de motilidade da parede intestinal, assumindo um fluxo tubular unidirecional, sem considerar mistura, alteração/ou refluxo; a taxa de fluxo, expressa em l ou kg/h, medida da quantidade de material digerido, fermentado, absorvido ou excretado nos compartimentos digestivos; A taxa de passagem ou o seu recíproco tempo de retenção, que expressam quanto tempo porções individuais da digesta são retidas no trato gastrintestinal ou segmento, sujeitas aos processos de mistura, digestão, fermentação microbiana, absorção.

O tempo de retenção pode ser medido de muitas maneiras, considerando 5% de excreção do indicador; considerando 95% de excreção do indicador; considerando tempo médio de retenção que seria o equivalente a 50% da saída do indicador (Castle e Castle, 1957; Seerley et al., 1962; Faichney, 1975; Freire et al. 2000). As medidas de tempo de retenção expressas como 5% de excreção do indicador apresentaram elevado coeficiente de variação (Castle e Castle, 1957). Isso ocorre porque ao avaliarmos o comportamento das curvas das taxas de passagem do indicador acumulado, normalmente apresentam comportamento sigmóide (Castle e Castle, 1957; Seerley et al., 1962; Freire et al., 2000), logo, o período inicial e final de excreção do indicador localiza-se na região mais curvilínea da regressão, portanto, sujeita a maior variação.

Segundo Warner (1981), apesar de tantas formas serem usadas para a estimativa como tempo máximo de retenção, tempo de esvaziamento ou de último aparecimento do indicador na excreta, o tempo de trânsito ou de primeiro aparecimento do indicador na excreta após dosagem, as melhores

medidas da passagem da digesta é o tempo médio de retenção ou a taxa de passagem.

## **2.2 Equilíbrio dinâmico na passagem do indicador.**

O equilíbrio dinâmico é quando a entrada e saída de matéria pelo trato gastrointestinal estão com volume e taxa constante. Em estudos sobre equilíbrio dinâmico, quando consumo e excreção do indicador estão constantes, o tempo médio de retenção coincide com a taxa de passagem (Warner, 1981). Se estas condições não existem, as relações entre taxa de fluxo, taxa de passagem e tempo de retenção não são simples. Portanto, para que as medidas da taxa fracionária sejam úteis, o pressuposto do equilíbrio dinâmico é imperativo (Warpechowski, 1996).

Avaliando-se o comportamento das curvas de excreção do indicador, percebe-se que para garantia de equilíbrio dinâmico na passagem do indicador em ensaios de digestibilidade, a administração do indicador deverá ser fornecida continuamente. Os gráficos do comportamento das curvas de excreção da passagem do indicador estão apresentados a seguir (Figuras 1 e 2), Na Figura 2 a seta indica o início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador, ou seja, em caso de administração constante do indicador (linha pontilhada), o momento indicado no gráfico é onde podemos considerar como tempo mínimo para início da coleta de fezes ou abate dos animais para coleta de conteúdo de diferentes segmentos do trato gastrointestinal, desde que consumo e excreção do indicador estejam constantes.

Embora se saiba da importância da manutenção do equilíbrio dinâmico em ensaios de metabolismo, os poucos trabalhos que discutem sobre esta condição são com aves (Ferrando, et al. 1987; Vergara, et al. 1989), Desta forma, se torna necessário o melhor entendimento sobre o equilíbrio dinâmico na passagem do indicador em ensaios com suínos, especialmente leitões recém desmamados que possuem baixo consumo inicial de alimento que pode implicar em mudanças no tempo necessário de adaptação dos animais para a estabilização de entrada e saída do indicador, e conseqüentemente o início da coleta do material experimental.



Figura 1 - Exemplo da curva de excreção acumulada do indicador (adaptado de Castle e Castle, 1957).

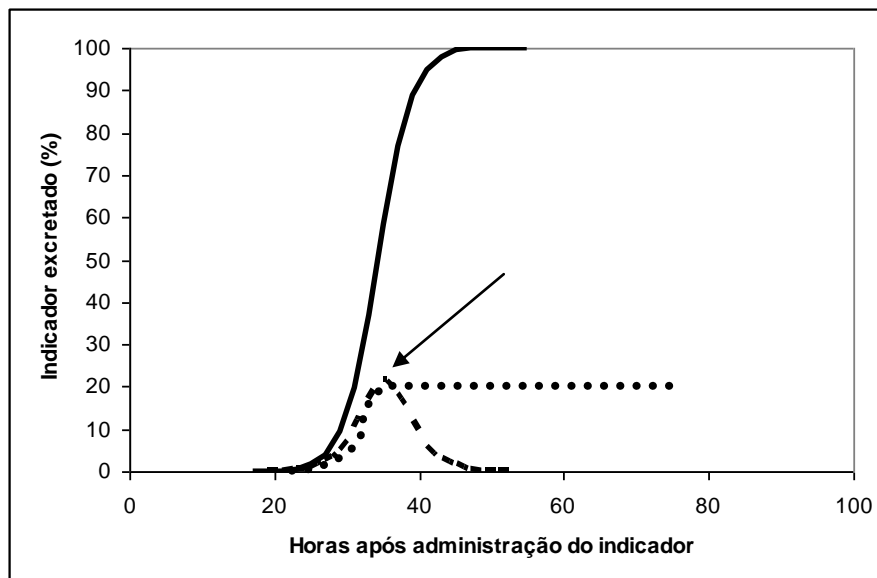


Figura 2 - Exemplo da curva de excreção do indicador em dose única (linha tracejada), curva de excreção acumulada em dose única (linha contínua), curva de excreção em dose contínua (linha pontilhada), a seta indica o momento de início do equilíbrio dinâmico.

É interessante lembrar que as figuras apresentadas consistem em dados obtidos de animais adultos, sendo necessário avaliar as curvas de



excreção acumulada do indicador em diferentes fases para estimativa do início da coleta ou abate dos animais, já que o comportamento e o tempo necessário da passagem do indicador possam ser diferentes.

### **2.3 Principais indicadores**

Os indicadores são classificados como externos (substância adicionada ao alimento) ou internos (substância já presente no alimento) (Sakomura e Rostagno, 2007). Laplace (1972) classifica os indicadores da seguinte forma: partículas de material inerte; materiais coloridos ou corantes solúveis em água; substâncias químicas indigestíveis; ou compostos radioativos indigestíveis. Para que o indicador utilizado para medição da passagem da digesta seja passível de uso este precisa atender a determinados critérios, tais como: não ser digerido, transformado ou absorvido no TGI, ser totalmente recuperado na digesta ou na excreta, possuir determinação química com precisão adequada, não sofrer degradação microbiana e possuir uma taxa de migração idêntica à da fase de estudo do conteúdo intestinal (Kotb e Lukey, 1972; Laplace, 1972). Além disso, o indicador deve manter-se em equilíbrio com o pool dos componentes de interesse, aos quais deve representar em relação ao tamanho de partícula e/ou densidade, para apresentar uma progressão semelhante ao longo do trato digestório (Udén et al., 1980).

O movimento da digesta e tempo de retenção de fase líquida e de partículas com diferentes granulometrias (fase líquida, 2mm, 1cm e 2 cm) são diferentes para suínos, em geral as partículas maiores permanecem maior tempo no estômago do que a fase líquida e ambas permanecem maior tempo no cólon, resultando em diferentes curvas de excreção das fases líquidas ou sólida (Clemens et al., 1975). Segundo Kotb e Lukey (1972) não existe nenhum indicador que atenda a todos os critérios desejados simultaneamente. Entretanto, é possível utilizar mais de um indicador que expresse a passagem da fase líquida ou sólida da digesta (Clemens et al, 1975; Warpechowski, 1996). Dentre exemplos de indicadores estão o Cr-EDTA e polietileno glicol que são solúveis e correspondem melhor ao que acontece na fase líquida, já visando melhor avaliação dos conteúdos correspondentes à fase sólida estão

como principais o  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , fibra Cr-mordente, isótopos de Y e Ce, partículas do alimento tingidas ou partícula marcadas com complexo Ru-fenantrolina (Laplace, 1972). Ainda existem estudos em suínos como o proposto por Oetting (2002), que avaliou diferentes indicadores comparando óxido cromo com lantânio e itérbio, bem como estudou também diferentes métodos analíticos na determinação da recuperação do indicador.

## **2.4 Efeito da idade dos animais na passagem da digesta**

Existem diversos estudos realizados avaliando o efeito da dieta na taxa passagem da digesta ou digestibilidade de nutrientes em suínos (Manner et al., 1962; Etringer et al., 1975; Rainbird and Low, 1986; Potkins et al., 1991; Freire et al., 2000; Owusu-Asiedu et al., 2006; Willfart et al., 2007; Kim., 2007). Entretanto, dos trabalhos relatados apenas Manner et al. (1962), Freire et al. (2000) e Kim et al., (2007) trabalharam com leitões, nos demais utilizou-se apenas animais em fase de crescimento e terminação.

As tabelas brasileiras de necessidades nutricionais de suíno proposta por Rostagno et al., (2011), utilizam valores energéticos (energia digestível e metabolizável) e de digestibilidade da proteína e aminoácidos dos alimentos para suínos. As metodologias para os ensaios de digestibilidades de proteína apresentados nas tabelas brasileiras foram realizadas utilizando gaiolas metabólicas e o método da coleta total de fezes e óxido férrico como marcador fecal, e a avaliação da digestibilidade de aminoácidos foram utilizados animais com anastomose íleo retal ou com cânula ileal reentrante. Apesar de serem utilizados suínos de diferentes idades e pesos, a maior parte compreende animais em crescimento e terminação, sendo que a digestibilidade, bem como a passagem da digesta em leitões pode apresentar comportamento diferente de animais adultos, o que acarreta em formulações de dietas diferente da necessidade real de leitões até 30 kg.

O mesmo conceito pode ser aplicado ao se preparar protocolos experimentais de digestibilidade em leitões utilizando metodologias aplicadas a animais adultos, se a passagem da digesta é diferente em leitões, possivelmente se prepararmos protocolos experimentais idênticos aos de

animais adultos, incorreremos em erros de avaliação. Isso parece ser importante visto que em trabalho com leitões sobre o efeito da dieta na passagem da digesta, a alteração de apenas a fonte protéica (Manner et al., 1962); ou a alteração na fonte de fibra (Freire et al., 2000), podem acarretar em grandes mudanças na taxa de passagem. Kim et al. (2007) avaliou a correlação da taxa de passagem da digesta e digestibilidade da matéria seca aplicado em diferentes fases (desmame, crescimento, terminação, gestação e lactação), que apesar da correlação positiva obtida, pouco se discute sobre diferenças na passagem da digesta entre animais de diferentes fases.

## **2.5 Outros fatores que podem afetar a passagem da digesta**

### *Fistulados x Abatidos*

A grande maioria dos trabalhos que avaliam o movimento da digesta em segmentos do trato digestório utiliza animais fistulados (Warner, 1981). Segundo Fuller (1991), animais fistulados podem apresentar população bacteriana anaeróbia alterada pela presença de oxigênio que possa entrar pela cânula. Porém, o controle do esvaziamento gástrico e o controle da motilidade dependem das respostas hormonais produzidas pelo intestino delgado, que por sua vez são influenciadas pela fermentação no intestino grosso (Moran, Jr 1982). Desta forma, podemos concluir que animais fistulados com utilização de cânula poderão ter comportamento da passagem da digesta diferente de animais não fistulados. Esta alteração é comprovada em aves onde existem diferenças significativas do tempo médio de retenção da fase sólida entre animais inteiros e fistulados, como também existem diferenças do tempo médio de retenção da fase líquida entre animais inteiros ou fistulados dos animais cecectomizados, (Warpechowski 1996). O comportamento da passagem de indicadores da fase líquida ou sólida apresentado por Clemens et al., (1975), leva a acreditar que isso também possa ocorrer em suínos.

Outro aspecto importante é que a coleta do material efetuada pelo método de abate possui vantagens como modificação mínima da função intestinal, uma vez que não envolve manipulação do trato digestivo, possibilita

a coleta de vários segmentos do intestino, não apresenta problemas relacionados à textura do alimento e requer menor período experimental (Apolônio et al., 2002). Além desses fatores os comitês de ética dos animais tem sido bastante crítico em relação ao sofrimento dos animais fistulados, visto esta resistência e os fatores supracitados, a melhor alternativa em experimentos cuja tenha a necessidade de coleta de material diretamente do trato digestório é o abate dos animais.

#### *Efeito da dieta e manejo alimentar sobre a passagem da digesta*

O primeiro fator a se considerar em experimentos de digestibilidade é o manejo de arraçoamentos e quantidade de ração ingerida. A grande alteração na quantidade de ração fornecida pode afetar significativamente a digestibilidade da matéria seca e a passagem da digesta (Castle e Castle, 1957). Entretanto em trabalho proposto por Albin et al. (2001) avaliando a taxa de passagem e a digestibilidade ileal de aminoácidos, não percebeu alteração significativa destas variáveis pela diferença na ingestão de alimento. Em trabalho proposto por Seerley et al. (1962), avaliando animais com ingestão de dieta fareladas a base de milho com alimentação controlada e ad libitum, apresentaram diferenças entre o tempo médio de retenção de 35,8 até 47,8 horas. Estes dados demonstram a importância de descrever o manejo alimentar, manter o consumo constante e não realizar jejum prévio nos ensaios cuja finalidade seja estudar a digestibilidade ou avaliar a passagem da digesta.

Diversos autores avaliam o efeito da composição dieta ou de suas propriedades físico-químicas sobre a passagem da digesta (Manner et al., 1962; Etringer et al., 1975; Rainbird e Low, 1985; Potkins et al., 1991; Freire et al., 2000; Guerin et al., 2001; Owusu-Asiedu et al., 2006; Wilfart et al., 2007). Conforme Manner et al. (1962), estudando leitões fistulados com 4 semanas de idade, demonstraram que a alteração da fonte de proteína da dieta (proteína isolada de soja ou caseína) pode alterar o tempo médio da taxa de passagem de 19 horas para 42 horas. Segundo Etringer et al. (1975), trabalhando com suínos machos castrados e avaliando a alteração dos carboidratos da dieta na taxa de passagem, medida como primeiro aparecimento do óxido férrico após

administração, demonstrou que a alta inclusão de glucose em relação as dietas com lactose ou amido apresentaram maior taxa de passagem.

Alguns trabalhos vêm avaliando o efeito da fibra da dieta na passagem da digesta (Rainbird e Low, 1985; Potkins et al., 1991; Freire et al., 2000; Owusu-Asiedu et al., 2006; Wilfart et al., 2007). Rainbird e Low, (1985), avaliando suínos inicialmente de 40/50 kg, fistulados com cânula para recolhimento de material do esvaziamento gástrico, compararam diferentes fontes de fibra sobre a passagem da digesta medida como tempo médio de esvaziamento gástrico, demonstrando que dietas com carboxymethylcelulose e guar gum granulado apresentaram tempo médio de esvaziamento maior que as dietas controle, contendo trigo ou pectina.

Em trabalho proposto por Potkins et al, (1991), utilizando  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  como indicador, trabalhando com machos Large White fistulados com utilização de cânula, percebeu que o aumento da proporção de cevada na dieta em relação a aveia aumentou o tempo médio de retenção.

Já Freire et al. (2000), estudando leitões desmamados (Duroc x Landrace) em torno de 7,92 kg e diferentes fontes de fibra sobre a passagem da digesta, utilizou como indicador na fibra  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  e realizou coleta total de fezes e coleta de material após abate, apresentando diferenças significativas no maior esvaziamento gástrico, esvaziamento do intestino delgado e grosso das dietas contendo farelo de trigo do que em relação às que continham poupa de beterraba ou casca de soja, sendo que outra dieta com farinha de alfafa apresentou valores semelhantes ao do farelo de trigo nas medidas dos segmentos do estômago ou intestino grosso.

A avaliação do efeito da fibra (guar gum e celulose) na microbiota ileal e taxa de passagem foi mais recentemente estudada por Owusu-Asiedu et al. (2006), o trabalho foi realizado com suínos em crescimento com peso de 27 kg  $\pm$  1,5, fistulados por cânula T no íleo terminal, foram realizadas avaliações em 2 períodos de 12 dias de adaptação e 2 dias coleta de fezes, 3 dias coleta da digesta e 1 dia para coleta de sangue. Os autores utilizaram como indicador o  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , e a taxa de passagem (passagem do indicador/hora) do cromo no íleo foi inferior nas dietas que continham guar gum, bem como o tempo de retenção total no trato digestório também foi maior.

Wilfart et al. (2007), avaliaram o trânsito da digesta em diferentes segmentos do trato digestório sob diferentes dietas (baixa, média e alta fibra - aumentando a proporção de farelo de trigo), utilizando animais (Pietrain x (Large White x Landrace) com peso médio inicial em torno de 33kg e fistulados com 2 cânulas T, a primeira com 20cm após a região pilórica (após ducto pancreático e biliar) e a outra no íleo distal. Conforme o mesmo autor os indicadores adicionados as dietas foram Cr-EDTA para fase líquida e óxido de itérbio para fase sólida, sendo que não obteve resultados significativos em relação a passagem da digesta. Entretanto, o autor apresenta os gráficos de excreção do indicador de fase líquida e sólida, gráficos estes que são de grande valia para melhor entendimento da necessidade da passagem do indicador estar em equilíbrio dinâmico em ensaios de digestibilidade.

## 2.6 Referências

ALBIN, D. M.; WUBBEN, J. E.; SMIRICKY, M. R.; GABERT, V. M. The effect of feed intake on ileal rate of passage and apparent amino acids digestibility determined with or without correction factors in pigs. **Journal Animal Science**. 2001. v.79, p.1250-1258.

APOLÔNIO, L. R.; DONZELE, J. L.; DE OLIVEIRA, R.F.M.; SILVA, F. C. O.; LOPES, D. C.; FREITAS, L. S. Digestibilidade ileal de aminoácidos de alimentos utilizados em dietas pré-iniciais para leitões, determinada pelo método do sacrifício. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, p.1983-1998. 2002.

CASTLE, E. J.; CASTLE, M. E. Further studies of the rate of passage of food through the alimentary tract of pigs. **The Journal of Agricultural Science**. 1957. 49: 106-112.

CLEMENS, E. T.; SEVENS, C. E., SOUTHWORTH, M. Sites of organic acid production and pattern of digest movement in the gastrointestinal tract of swine. **Journal of Nutrition**. 1975. p. 759-768.

GUERIN, S.; RAMONET, Y.; LECLOAREC, J.; MEUNIER-SALAÜN, M. C.; BOURGUET, P.; MALBERT, C. H. Changes in intragastric meal distribution are better predictors of gastric emptying rate in conscious pigs than are meal viscosity or dietary fibre concentration. **British Journal of Nutrition**. 2001. v. 85, p. 343-350.

ENTRINGER, R. P.; PLUMLEE, M. P.; CONRAD, J. H.; CLINE T. R.; WOLFE, S. Influence of diet on passage rate and apparent digestibility by growing swine. **Journal of Animal Science**. 1975. v. 40, p. 486-494.

FAICHNEY, G.J. The effect of formaldehyde treatment of a concentrate diet on the passage of solute and particular markers through the gastrointestinal tract of sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 1975. v. 26, p. 319-327.

FERRANDO, C. et al. Study of the rate of passage of food with chromium-mordanted plant cells in chickens (*Gallus gallus*). *Quart. J. Exp. Physiol., Cambridge*, v. 72, p. 251-259, 1987.

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*. 2000. v. 87, p. 71-83.

FULLER, M. F. *In vitro digestion for pigs and poultry: CAB International (CABI)*. 1991.

KIM, B. G.; LINDEMANN, M. D.; CROMWELL, G. L.; BALFAGON, A.; AGUDELO, J. H. The correlation between passage rate of digesta and dry matter digestibility in various stages of swine. *Livestock Science*. 2007. p.81-84.

KOTB, A. R.; LUKEY, T. D. Markers in nutrition. *Nutr. Abstr. Rev.*, Farnham Royal, 1972. v.42, p.813-845.

LAPLACE, J. P. Le transit digestif ches les monogastriques. *Ann. Zootech. Versailles*, 1972. v.21, n.1, p.83-105.

MANER, J. H.; POND, W. G.; LOOSLI; LOWREY, R. S. Effect os isolated soybean protein and casein on the gastric ph and rate of passage of food residues in baby pigs. *Journal of Animal Science*. 1962. v. 21, p. 49-52.

MORAN JR, E. T. *Comparative nutrition of fowl e swine. The gastrointestinal systems*. Guelp, E. T. Moran Jr. 253 p. 1982.

OETTING, L. L. *Avaliação de diferentes marcadores para a determinação da digestibilidade e taxa de passagem do alimento em suínos*. 2002. (tese doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

POTKINS, Z. V.; LAWRENCE, T. L. J.; THOMLINSON, J. R. Effects of structural and non-structural polysaccharides in the diet of the growing pig on gastric emptying rate and rate of passage of digesta to the terminal ileum and through the total gastrointestinal tract. *British Journal of Nutrition*. 1991. 65: 391-413.

RAINBIRD, A. L.; LOW, A. G. Effect of various types of dietary fibre on gastric emptying in growing pigs. **British Journal of Nutrition**. 1986. 55: 111-121.

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

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAUER, W.C.; OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine: Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, n.4, p.367-388, 1986.

SEERLEY, R. W.; MILLER, E. R.; HOEFER, J. A. Rate of food passage studies with pigs equally and ad libitum fed meal and pellets. **Journal of Animal Science**. 1962. 21: 834.

UDÉN, P.; COLUCCI, P. E.; VAN SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Sci. Food Agric**. 1980. London, v.31, p.625-632.

VERGARA, P.; JIMÉNEZ, M.; FERRANDO, C.; FERNANDEZ, E.; GOÑALONS, E. Age influence on digestive transit time of particulate and soluble markers in broiler chickens. **Poultry Science**, 1987. v.61, p.925-932.

WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)*, **Farnham Royal**. 1981. v.51, p.789-820.

WARPECHOWSKI, M. B. Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no trato gastrointestinal de matrizes machos pesados intactos, cecectomizados e fistulados no íleo terminal. 1996. (dissertação mestrado) – Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WILFART, A.; MONTANGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J. ; VAN MILGEN, J. V. Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. **British Journal Of Nutrition**. 2007. v.98, p.54-62.



### 3 ESTIMATIVA DO EQUILÍBRIO DINÂMICO NA PASSAGEM DO INDICADOR COM LEITÕES NA FASE DE CRECHE

#### RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar a determinação do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador com leitões em diferentes idades e verificar a possibilidade de predição do início do equilíbrio dinâmico em ensaios de digestibilidade com leitões. Foram utilizados dados de 3 experimentos. No experimento 1 foram utilizados 12 leitões machos castrados com 29 dias de idade e peso médio de  $7,52 \pm 0,81$  alojados individualmente em gaiolas metabólicas reguláveis. Nos experimentos 2 e 3 foram utilizados 48 leitões machos castrados (24 animais em cada experimento), desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo médio de  $7,03 \pm 0,79$  kg (Experimento 2)  $7,42 \pm 0,43$  (Experimento 3), alojados em gaiolas metabólicas individuais de tamanho ajustável. A determinação do início do equilíbrio dinâmico para cada animal foi realizada de duas maneiras, a primeira (MET 1) foi pelo intervalo de confiança (IC;  $\alpha=5\%$ ), determinando-se o momento onde a diferença na concentração de cromo nas fezes entre os períodos de coleta é menor que o IC obtido. A segunda (MET 2) foi determinada pelo ajuste de função sigmoide aos dados de excreção de Cromo acumulada (% do ingerido) como variável dependente e os dados de tempo em horas como variável independente. O início do equilíbrio dinâmico foi determinado considerando-se o tempo de retenção de 50% na passagem do indicador. Para a avaliação de exatidão e precisão da metodologia proposta para determinação do início do equilíbrio dinâmico, os dados das duas metodologias foram submetidos à regressão linear, avaliando-se o coeficiente de determinação, se o intercepto foi diferente de zero e se a inclinação foi diferente de 1,0 ( $p<0,05$ ). Posteriormente foi realizada metanálise com os dados dos 3 experimentos, sendo considerada como variável dependente o tempo de início do equilíbrio dinâmico (IED 2). As variáveis da dieta (Dieta ou Nível de acidificante), e as variáveis de consumo de ração, taxas do consumo de energia metabolizável, peso do animal e início do consumo foram testadas como variáveis quantitativas. As variáveis da taxa de consumo de energia metabolizável e o comportamento de consumo alimentar podem ser utilizados para a estimativa de início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador em ensaios de metabolismo com leitões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Equilíbrio dinâmico do indicador, passagem da digesta, leitões.

## ESTIMATE OF MARKER STEADY STATE IN PIGLETS

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the determination the beginning of marker steady state with piglets at different ages and check the possibility of predicting the start of marker steady state in digestibility trials with pigs. 3 experiments were used. In experiment 1 were used 12 castrated piglets 29 days of age and average weight of  $7.52 \pm 0.81$  individually housed in metabolic cages adjustable. In experiments 2 and 3 were used 48 castrated piglets (24 animals in each experiment), weaned at 21 days of age, with average weight of  $7.03 \pm 0.79$  kg (Experiment 2)  $7.42 \pm 0.43$  (Experimento3), housed in individual metabolic cages adjustable size. The determination of the beginning of marker steady state for each animal was performed in two ways, the first was the confidence interval (CI,  $\alpha = 5\%$ ) by determining the time where the difference in the chromium concentration in faeces between the sampling times is less than the IC obtained. The second was determined by the sigmoidal fit function of the accumulated data chromium excretion (% of intake) as the dependent variable and the time data in hours as a independent variable. The beginning of the marker steady state was calculated based on the 50% retention time in the passage of the marker. To evaluate the accuracy and precision of the proposed methodology for determining the beginning of the marker steady state, the data of the two methodologies were submitted to linear regression, evaluating the coefficient of determination, if the intercept was not zero and the slope was different 1.0 ( $p < 0.05$ ). Later meta-analysis was performed with data from three experiments, is considered as the dependent variable time of the beginning of marker steady state. The variables diet (Diet or acidifying level), and feed consumption variables, rates of metabolizable energy intake, weight of the animal and the beginning of consumption were tested as quantitative variables. The variables of the consumption rate and metabolizable food intake behavior can be used to estimate the start of marker steady state in metabolism tests with piglets.

**KEYWORDS:** Marker steady state, passage rate, piglets.

### 3.1 Introdução

Ensaio de metabolismo com suínos podem utilizar diferentes metodologias. A digestibilidade total pode ser realizada por coleta total ou parcial com utilização de indicadores. Indicadores adicionados à ração são partículas de material inerte; materiais coloridos ou corantes solúveis em água; substâncias químicas indigestíveis; ou compostos radioativos indigestíveis, e para que seja passível de uso este precisa atender a determinados critérios, tais como não ser digerido, transformado ou absorvido no TGI, e ser totalmente recuperado na digesta ou na excreta (Kotb e Lukey, 1972; Laplace, 1972; Warner 1981).

Para as metodologias de ensaios de digestibilidade existem uma variedade de indicadores que podem ser utilizados, sendo que segundo Sakomura e Rostagno (2007) o indicador mais utilizado é o óxido de cromo. Dentre os principais correspondentes à fase sólida da digesta estão  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , fibra Cr-mordente, isótopos de Y e Ce, partículas do alimento tingidas ou partícula marcadas com complexo Ru-fenantrolina (Laplace, 1972) e dióxido de Titânio (Short et al., 1996; Kavanagh et al., 2001; Myers et al., 2004).

A administração das dietas contendo indicador para ensaios de digestibilidade deve ser contínua, já que no momento de coleta do material experimental este deve ser realizado quando a ingestão e excreção da concentração de cromo estiverem constantes, ou seja, em equilíbrio dinâmico (Warner, 1981). Porém, a maioria dos trabalhos de digestibilidade apenas salienta o período de adaptação às rações experimentais, que segundo Sakomura e Rostagno (2007), deve ser entre 4 a 7 dias. Ou seja, a discussão sobre a necessidade exata do período de adaptação para cada animal e as variáveis que podem afetar o início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador é pouco discutida. Além disso, a idade do animal é outro fator que pode influenciar na dinâmica da passagem do indicador, principalmente em leitões recém-desmamados onde o consumo e excreção possuem maior variabilidade.

Neste contexto, o objetivo deste experimento foi avaliar a determinação do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador com leitões em diferentes

idades e verificar a possibilidade de predição do início do equilíbrio dinâmico em ensaios de digestibilidade com leitões.

### **3.2 Material e Métodos**

Neste trabalho foram utilizados dados dos 3 experimentos a seguir.

#### *Experimento 1*

O experimento 1 foi conduzido nas instalações de creche do Laboratório de Suínos do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná (HV – UFPR), de 11 a 14/11/2011, após aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da UFPR (protocolo no 065/2011). Foram utilizados 12 leitões machos castrados, híbridos comerciais, desmamados aos 22 dias de idade. Os animais foram previamente alocados em duplas em cada baia durante 7 dias para de adaptação antes do início do período experimental. Posteriormente, os animais com 29 dias de idade e peso médio de  $7,52 \pm 0,81$  foram alojados individualmente no mesmo galpão em gaiolas metabólicas reguláveis, com mecanismo de colheita quantitativa de fezes e urina conforme modelo desenvolvido por Bartels (1999).

O primeiro arraçoadamento com dieta contendo indicador foi 11/11/2011 às 19:00 horas. O início do período de coleta do material experimental foi em 12/11/2011, sendo realizada nos 3 primeiros dias para avaliação na excreção de cromo e equilíbrio dinâmico da passagem do indicador. No período de coleta do período experimental, as dietas foram ofertadas aos animais em quatro refeições diárias, nos horários de 01, 07, 13 e 19 horas. A quantidade diária de ração foi calculada considerando o consumo à vontade menos o desperdício de dois dias anteriores ao período experimental, e o consumo médio deste período baseado no peso metabólico ( $PV^{0,6}$ ), de acordo com estimativa de atendimento da energia de manutenção acrescida do crescimento para a fase.

Tabela 01 - Relação dos ingredientes e composição nutricional analisada das diets experimentais para leitões na Fase Pré-inicial (29 aos 40 dias de idade).

Ingredientes	Pré-inicial		
	CONT	CONT + NC <sup>1</sup>	CONT + CAL <sup>2</sup>
Milho	46,72	46,42	46,52
Farelo de soja	27,50	27,50	27,50
Acidal NC <sup>@1</sup>	-	0,30	-
Acidal Cal <sup>@2</sup>	-	-	0,80
Núcleo <sup>3</sup>	25,00	25,00	25,00
Calcário	0,70	0,70	0,10
Fosfato bicálcico	-	-	-
L-lisina	0,05	0,05	0,05
DL-Methionina	0,035	0,035	0,035
TOTAL	100,00	100,00	100,00
<b>Composição Nutricional Analisada</b>			
Matéria seca (MS) (%)	90,63	90,61	90,40
Resíduo Mineral (%MS)	8,89	9,18	7,99
Cálcio (% MS)	1,01	0,95	1,04
Fósforo (% MS)	0,62	0,62	0,64
Proteína bruta (% MS)	20,08	20,54	20,53
Fibra bruta (% MS)	3,56	3,74	3,47
FDN <sup>4</sup> (% MS)	18,96	15,73	16,09
FDA <sup>5</sup> (% MS)	5,76	7,46	5,26
EEHA <sup>6</sup> (% MS)	6,18	6,36	6,62
EM <sup>7</sup> (kcal/kg MS)	3.365	3.358	3.364

CONT: dieta controle; CONT + NC dieta controle + Acidal NC<sup>@</sup>; CONT + CAL- dieta controle + Acidal Cal<sup>@</sup>; <sup>1</sup>Acidal NC<sup>@</sup> -mistura de ácidos (fórmico, acético, propiônico, láctico, fumárico, cítrico e ortofosfórico) e extrato de orégano. <sup>2</sup>Acidal Cal<sup>@</sup> - mistura de ácidos (fórmico, acético, propiônico, láctico, fumárico, cítrico e ortofosfórico) com adição de Cálcio. <sup>3</sup>Núcleo produzido para o experimento pela empresa Vitamix Nutrição Animal. Níveis de garantia/kg de produto: 16,06% Proteína Bruta; 8,05% Gordura Bruta; 17,17% Matéria Mineral; 0,52% Fibra Bruta; 18,51% Lactose; 6,13% Proteína Láctea; 2,49% Cálcio; 1,38% Fósforo disponível; 1,26% Na; 1,51% K; 2,28% Cl; 1,64% Lisina; 0,713% Metionina; 1,01% Met+Cist; 0,3% Triptofano; 0,99% Treonina; 0,81% Arginina; 1,33% Leucina; 0,76% isoleucina; 0,37% histidina; 0,77% Valina; 0,66% fenilalanina; 3170kcal EM; 50.000 UI Vit A; 10.000 UI Vit D3; 160mg Vit E; 12mg Vit K3; 12mg Vit B1; 20mg Vit B2; 12mg Vit B6; 0,1mg Vit B12; 2,4mg Ácido fólico; 140mg Ácido Nicotínico; 88mg Ácido Pantotênico; 0,4mg Biotina; 1.284mg Colina; 800mg Fe; 800mg Cu; 220mg Mn; 3,2mg Co; 500mg Zn; 7,2mg I; 1,2mg Se; 1,2mg Cr. <sup>4</sup>FDN – Fibra em detergente neutro. <sup>5</sup>FDA – Fibra em detergente ácido. <sup>6</sup>EEHA – Extrato etéreo em hidrólise ácida. <sup>7</sup>EM – Energia metabolizável.

Utilizou-se 0,5% de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> na ração como indicador e as fezes foram coletadas diariamente em quatro horários (após o arraçoamento),

acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas. Posteriormente, o material experimental foi descongelado e seco em estufa com circulação forçada de ar à 60°C por 24 horas. As amostras de fezes de cada animal e em cada período coletado durante os 3 primeiros dias após início do fornecimento da dieta com inclusão do indicador, foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica para a concentração de cromo de acordo com metodologia proposta por Willians et al. (1962).

As dietas experimentais foram CONT – controle; CONT + NC – 0,3% Acidal NC® com adição de orégano e CONT + CAL – 0,8% Acidal Cal®, ambos os acidificantes na forma de pó adicionados à ração farelada conforme dosagens recomendadas pelo fornecedor. As dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 01 e foram formuladas baseadas nas necessidades dos leitões para a fase Pré-inicial (Rostagno et al., 2011).

### *Experimentos 2 e 3*

Os experimentos 2 e 3 foram realizados no laboratório de Metabolismo de Suínos e de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, nos períodos de 18 a 28/10/2012 (Experimento 2) e de 20/11 a 02/12/2012 (Experimento 3) em Curitiba, PR.

Foram utilizados 48 leitões machos castrados (24 animais em cada experimento), desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo médio de 7,03 ± 0,79 kg (Experimento 2) 7,42 ± 0,43 (Experimento 3), alojados em gaiolas metabólicas individuais de tamanho ajustável e com sistema de colheita de fezes e urina, munidas de bebedouros tipo chupeta com sistema individual do consumo de água (Bartels, 1999).

Nas duas fases experimentais os animais não passaram por um período de adaptação como no experimento 1, sendo os leitões recém-desmamados alocados diretamente às gaiolas metabólicas para o início do período experimental. Foi realizada a coleta nos 6 primeiros dias para obtenção de fezes de cada animal para avaliação da excreção de cromo e equilíbrio dinâmico na passagem do indicador. Os animais receberam a ração dividida

em quatro refeições diárias com intervalo fixo de tempo (00, 06, 12 e 18:00) de 6 horas entre cada trato, para propiciar o equilíbrio dinâmico da passagem do indicador. A quantidade de ração fornecida foi mensurada com base no peso metabólico de cada animal e ajustada ao nível de energia metabolizável da dieta conforme Noblet e Perez (1993).

Tabela 02 - Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais simples e complexas de acordo com o nível de inclusão de acidificante (0,0%; 0,4%; 0,8%).

Ingredientes %	Simples 0,0%	Simples 0,4%	Simples 0,8%	Complexa 0,0%	Complexa 0,4%	Complexa 0,8%
Milho 7.8%	42,95	42,95	42,95	49,79	49,79	49,79
F soja 44,5%	25,62	25,62	25,62	12,52	12,52	12,52
Far carne e ossos 45%	3,29	3,29	3,29	-	-	-
Conc proteico de soja	-	-	-	0,20	0,20	0,20
Soro de leite	20,24	20,24	20,24	12,47	12,47	12,47
Leite em pó desnatado	-	-	-	11,42	11,42	11,42
Plasma	-	-	-	5,04	5,04	5,04
Óleo de soja	3,90	3,78	3,66	3,68	3,56	3,44
BHT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
DL-Metionina	0,21	0,21	0,21	0,17	0,17	0,17
L-Lisina	0,67	0,67	0,67	0,49	0,49	0,49
L-Treonina	0,29	0,29	0,29	0,21	0,21	0,21
L-Triptofano	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04
Calc calcítico 35% Ca	-	-	-	0,78	0,78	0,78
Fosfato bicalc 15% P	0,71	0,71	0,71	1,20	1,20	1,20
Cloreto de colina 60%	1,39	1,39	1,39	1,35	1,35	1,35
Açúcar cristal	0,56	0,28	-	0,56	0,28	-
Premix mineral <sup>1</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix Vitamínico <sup>2</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Acidificante	-	0,40	0,80	-	0,40	0,80
<b>Nutrientes %</b>						
Matéria seca	91,67	91,4	91,28	91,23	91,27	91,45
Resíduo mineral	6,40	6,01	6,13	5,76	5,82	6,25
Proteína bruta	21,03	17,54	19,85	17,32	17,48	18,48
Fibra bruta	4,86	4,71	4,21	4,52	4,01	4,34
EEHA <sup>3</sup>	7,22	7,32	7,25	9,32	9,19	9,65
EM <sup>4</sup> (kcal/kg)	3344,1	3323,6	3303,2	3408,9	3388,5	3368,1

<sup>1</sup>Níveis de garantia/kg de produto: 81 g/kg Fe; 51 g/kg Mn; 16 g/kg Cu; 200g/kg Zn; 990 mg/kg I.

<sup>2</sup>Níveis de garantia/kg de produto: 4.000.000 UI Vit A; 800.000 UI Vit D3; 4.000 UI Vit E; 1.000mg Vit K3; 1.700mg Vit B2; 500mg Vit B6; 10.000 mcg Vit B12; 6.000 mg Pantotenato de cálcio; 8.000mg Niacina; 160 mg Selênio; 200 mg BHT. <sup>3</sup>EEHA – Extrato etéreo por hidrólise ácida. <sup>4</sup>EM – Energia metabolizável.

Foi utilizado 0,25% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  na ração como indicador e as fezes foram coletadas diariamente em quatro horários (após o arraçoamento), acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas. Posteriormente, o material experimental foi descongelado, e seco em estufa com circulação forçada de ar à 60°C por 24 horas. As amostras de fezes de cada animal e em cada período coletado durante os 6 primeiros dias após início do fornecimento da dieta com inclusão do indicador, foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica para a concentração de Cr (Willians et al., 1962; Silva e Queiroz, 2006).

Para as dietas experimentais, foram formuladas duas dietas experimentais basais, uma simples e outra complexa, considerando para esta classificação a origem dos ingredientes (predominantemente vegetal ou animal), a partir destas, foram formuladas mais quatro dietas, pela adição de 0,4 e 0,8% do acidificante NeoAcid PIG® a cada dieta basal, resultando em seis dietas com diferentes níveis de capacidade tamponante. A adição do acidificante foi realizada por substituição em igual valor de mistura de açúcar com óleo vegetal presente nas dietas basais. As dietas experimentais encontram-se na Tabela 02 e atendem às necessidades nutricionais da fase (Rostagno et al., 2011).

#### *Determinação do equilíbrio dinâmico e Análise estatística*

A determinação do início do equilíbrio dinâmico para cada animal foi realizada de duas maneiras, a primeira (MET 1) foi pelo intervalo de confiança (IC;  $\alpha=5\%$ ), determinando-se o momento onde a diferença na concentração de cromo nas fezes entre os períodos de coleta é menor que o IC obtido. A segunda (MET 2) foi determinada pelo ajuste de função sigmoide aos dados de excreção de Cromo acumulada (% do ingerido) como variável dependente e os dados de tempo em horas como variável independente. O início do equilíbrio dinâmico foi determinado considerando-se o tempo de retenção de 50% na passagem do indicador.

Para a avaliação de exatidão e precisão da metodologia proposta para determinação do início do equilíbrio dinâmico, os dados das duas metodologias foram submetidos à regressão linear, avaliando-se o coeficiente de



determinação, se o intercepto foi diferente de zero e se a inclinação foi diferente de 1,0 ( $p < 0,05$ ).

Posteriormente foi realizada metanálise com os dados dos 3 experimentos, sendo considerada como variável dependente o tempo de início do equilíbrio dinâmico (IED 2). As variáveis da dieta (Dieta ou Nível de acidificante), e as variáveis de consumo de ração, taxas do consumo de energia metabolizável (por hora e por arraçoamento), peso do animal e início do consumo foram testadas como variáveis quantitativas no procedimento GLM do programa XVI StatGraphics Centurion, para gerar o melhor modelo para a predição do início do equilíbrio dinâmico a partir de variáveis de fácil obtenção durante o período experimental.

### **3.3 Resultados e Discussão**

A Figura 3 demonstra a concentração de cromo excretada nas fezes em relação ao tempo em horas para um animal de cada experimento. A determinação do início do equilíbrio dinâmico pela metodologia 1 (MET 1), foi avaliada pelo momento onde não havia diferença da concentração de cromo entre os diferentes momentos de excreção no tempo (utilizando o intervalo de confiança). A determinação necessária para o início do equilíbrio dinâmico conforme a metodologia 2 (MET 2) foi determinada pelo tempo necessário para a retenção e/ou passagem de 50% na passagem do indicador.

O coeficiente de determinação obtido do ajuste à regressão linear entre as duas metodologias propostas para avaliação do início do equilíbrio dinâmico foi de 0,92 (Figura 4). Além disso, os resultados obtidos da análise de variância demonstrou que o intercepto não foi diferente de zero ( $p > 0,53$ ) e a inclinação não foi diferente de 1 ( $p > 0,88$ ), o que demonstra que a metodologia proposta (IED 2) possui precisão e exatidão aceitáveis. Além disso, a metodologia IED 2 é melhor porque não descreve um ponto único como equilíbrio dinâmico, podendo determinar nos períodos intermediários onde não necessariamente foi o momento exato da coleta.

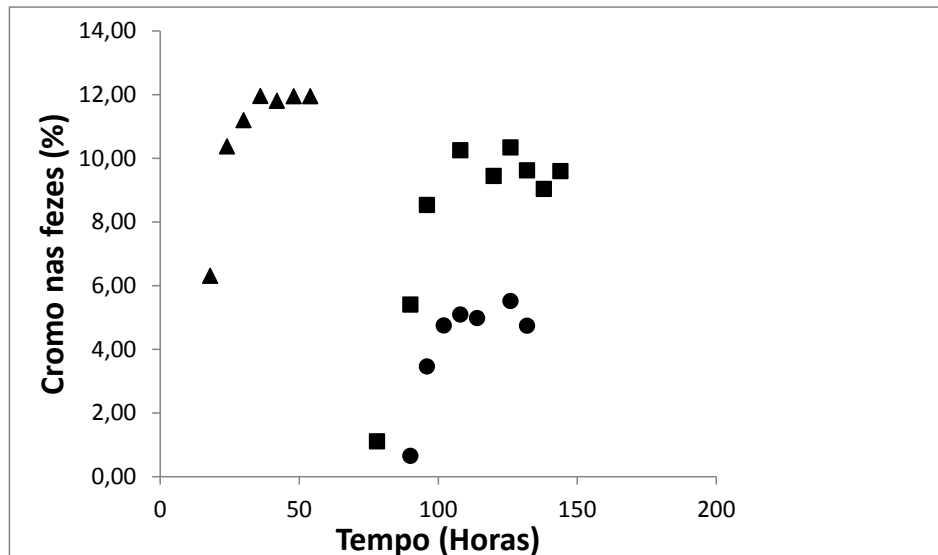


Figura 3 - Exemplo da concentração de cromo nas fezes não acumulada (%) em animais dos experimentos 1 (▲), 2 (■) e 3 (●).

O resultado da comparação entre as metodologias para a determinação do início do equilíbrio dinâmico está apresentado na figura 4.

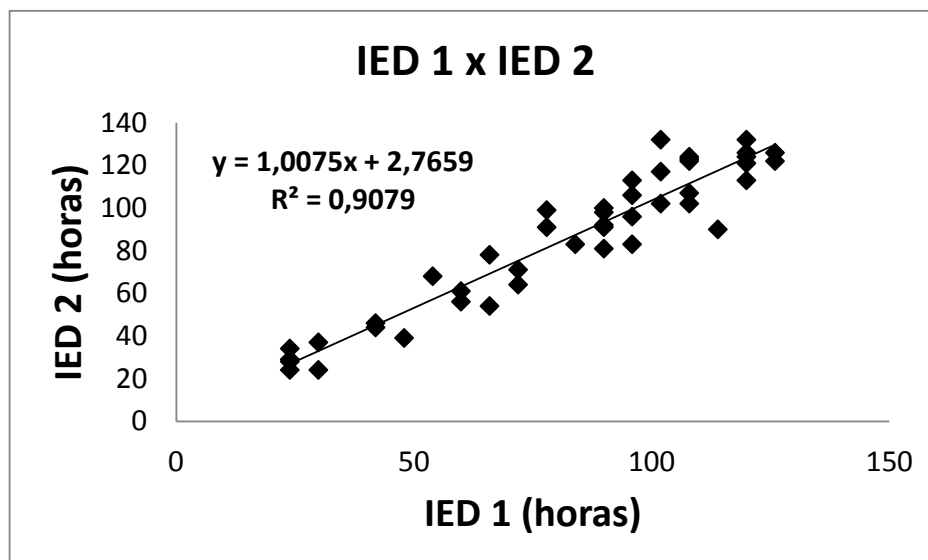


Figura 4 - Ajuste à regressão linear entre os dados de início do equilíbrio dinâmico (horas) utilizando 2 diferentes metodologias para determinação (IED 1 – Metodologia 1; IED 2 – Metodologia 2).

As diferentes medidas utilizadas para a avaliação da passagem da digesta importantes para o entendimento sobre o equilíbrio dinâmico são a taxa

de passagem (medida a partir de parâmetros da regressão não linear) expressa em horas ( $h^{-1}$ ), ou seu recíproco tempo de retenção, que expressa o tempo que uma determinada fração da digesta ficou retida em um intervalo de tempo (Warner, 1981; Freire et al. 2000). O tempo de retenção pode ser expresso como 5% ou 95% da saída do indicador acumulado, porém apresentam elevado coeficiente de variação. Isso ocorre porque ao avaliarmos o comportamento das curvas das taxas de passagem do indicador acumulado, normalmente apresentam comportamento sigmóide (Castle e Castle, 1957; Seerley et al., 1962), logo, o período inicial e final de excreção do indicador localiza-se na região mais curvilínea da regressão, sujeita a maior variação. Já o tempo médio de retenção pode ser determinado conforme Faichney et al. (1975) e representa a região central da regressão não-linear.

Dentre todas as medidas existentes o tempo médio de retenção parece ser a melhor, porque em condições de consumo e excreção constantes de indicador (em equilíbrio dinâmico), o tempo médio de retenção é idêntico à taxa de passagem (Warner, 1981). Dessa forma, a medida do tempo de retenção e/ou taxa de passagem de 50% do indicador foi considerada como o tempo mínimo necessário para que os animais estabilizem a ingestão e excreção de cromo e estejam em equilíbrio dinâmico.

O tempo necessário para o início do equilíbrio dinâmico foi menor no experimento 1 em relação aos experimentos 2 e 3 ( $p < 0,05$ ), isso pode estar relacionado às diferenças na metodologia utilizada para adaptação dos animais às gaiolas metabólicas. Foi possível observar que os animais do experimento 1 mantiveram um consumo mais constante no período experimental. Entretanto os animais do experimento 2 e 3 foram desmamados e alocados diretamente às gaiolas metabólicas para o início do período experimental. Dessa forma, estes animais apresentaram um baixo consumo de alimento principalmente nos primeiros dias, o que pode afetar consideravelmente as variáveis que influenciam o equilíbrio dinâmico.

Partindo-se disso, foi realizada a metanálise dos 3 experimentos realizados para determinar as melhores variáveis utilizadas para a estimativa do IED 2. Dentre todas as variáveis utilizadas, o melhor modelo é dado pela seguinte equação  $Y = 56,3212 - 5,85135 \cdot I_1(1) + 5,10413 \cdot I_1(2) + 0,0839272 \cdot X_1 - 0,634212 \cdot X_2 + 0,557266 \cdot X_3$ , onde  $X_1$  = consumo de energia metabolizável /

$PV^{0,6}$ ,  $X_2$ = taxa de consumo médio de EM /  $PV^{0,6}$  por arraçoamento,  $X_3$ = tempo em horas para o início do consumo. O coeficiente de determinação ajustado do modelo de predição do IED2 foi de 0,82 e o erro médio absoluto de 10,6%, o que demonstra boa adequação do modelo de predição em relação aos dados originais. Vale lembrar que o modelo estatístico deve ser testado em outros experimentos para a validação da metodologia.

O modelo de predição proposto demonstrou que maiores taxas de consumo de energia metabolizável média por arraçoamento podem reduzir consideravelmente o tempo necessário para o início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador. Estas variáveis utilizadas no modelo de predição são influenciadas principalmente pelos padrões de consumo de cada animal, sendo importante que sejam consideradas antes de iniciar a coleta do material experimental em ensaios de metabolismo, especialmente em experimentos com leitões recém-desmamados.

### 3.4 Conclusão

As variáveis da taxa de consumo de energia metabolizável e o comportamento de consumo alimentar podem ser utilizados para a estimativa de início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador em ensaios de metabolismo com leitões.

### 3.5 Referências

Bartels, H.A.S. **Substituição do farelo de soja pela proteína texturizada de soja e do amido de milho pela lactose em leitões desmamados aos 14 ou aos 21 dias.** 1999. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Castle, E. J.; Castle, M. E. Further studies of the rate of passage of food through the alimentary tract of pigs. **The Journal of Agricultural Science.** 1957. 49: 106-112.

Faichney, G.J. The effect of formaldehyde treatment of a concentrate diet on the passage of solute and particular markers through the gastrointestinal tract of sheep. **Aust. J. Agric. Res.** 1975. v. 26, p. 319-327.

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**. 2000. v. 87, p. 71-83.

Kavanagh, S.; Lynch, P.B.; O'Mara, F.; Caffrey, P. J. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**. 2001. v. 89, p. 49-58.

Kotb, A. R.; Lukey, T. D. Markers in nutrition. **Nutr. Abstr. Rev.**, Farnham Royal, 1972. v.42, p.813-845.

Laplace, J. P. Le transit digestif ches les monogastriques. **Ann. Zootech. Versailles**, 1972. v.21, n.1, p.83-105.

Myers, W. D.; Ludden, P. A.; Nayigihugu, V.; Hess, B. W. Technical Note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**. 2004. v. 82, p. 179-183

Noblet, j.; Perez, J. M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal of Animal Science**. 1993. v. 71, p. 3389-3398.

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. F., Barreto, S. L. T., Euclides, R. F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 252p. 2011.

Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. **Jaboticabal: Funep**, 2007. 283p.

Seerley, R. W.; Miller, E. R.; Hofer, J. A. Rate of food passage studies with pigs equally and ad libitum fed meal and pellets. **Journal of Animal Science**. 1962. 21: 834.

Silva, D. J.; Queiroz, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.

Short, F. J.; Gorton, P.; Wiseman, J.; Boorman, K. N. **Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies**. 1996. v. 59, p. 215-221.

Warner, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutr. Abstr. Rev. (Series B)**, Farnham Royal. 1981. v.51, p.789-820.

Warpechowski, M. B. Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a passagem no

Trato gastrintestinal de matrizes machos pesados intactos, Cecetomizados e fistulados no íleo terminal. 1996. (dissertação mestrado) – Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Williams, C. H.; David, D. J.; Issmaa, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **The Journal of Agricultural Science**. 1962. V.59, p.381-385.

#### 4 ACIDIFICANTES E DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO

##### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de acidificantes em dietas sobre a digestibilidade de nutrientes com suínos em crescimento. Foi utilizado 18 suínos, com peso médio inicial de 53,55 kg, cujos tratamentos constituíam-se de dieta convencional (milho e farelo de soja) e alternativa (milho pré-cozido e soja integral), acrescidas de acidificantes nos níveis 0%, 0,1% e 0,2%. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2 x 3 (dietas x níveis de acidificante). A dieta alternativa foi pior para a digestibilidade da PB ( $P < 0,03$ ) e RM ( $P < 0,001$ ), porém melhorou a digestibilidade de variáveis da fibra (FB,  $P < 0,001$ ; e FDA,  $P < 0,001$ ). A Adição de 0,2% de acidificantes às dietas melhorou a digestibilidade do Ca ( $P < 0,01$ ). Houve interação entre acidificante e dieta para os coeficientes de digestibilidade da MS ( $P < 0,01$ ) e FDN ( $P < 0,02$ ). A dieta alternativa apresentou coeficiente de digestibilidade da MS superior à convencional quando adicionados 0,1% de acidificantes, sendo respectivamente, 86,02% e 84,51% ( $P < 0,05$ ). Nos resultados de digestibilidade da FDN, a dieta alternativa apresentou valor superior à convencional no nível 0% ou 0,1% de acidificantes, e para a dieta alternativa com 0,2% foram obtidos valores maiores que nos níveis 0 ou 0,1% ( $P < 0,05$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** milho pré-cozido, soja desativada, acidificantes, digestibilidade, suínos.

## ABSTRACT

The aim of the experiment was to evaluate the effect of the addition of acidifiers in diets on digestibility in growing pigs. Was used 18 pigs with an average initial weight of 53.55 kg, separated in conventional diet (corn and soybean meal) and alternative (pre-cooked corn and soybean), with addition of acidifiers in levels 0%, 0.1% and 0.2%. The experimental design was a randomized block design in a factorial 2 x 3 (diets x levels of acidifiers). The diet alternative was worse for PB ( $P < 0.03$ ) and ash ( $P < 0.001$ ) digestibility, but improved the fiber digestibility (FB,  $P < 0.001$ ; FDA  $P < 0.001$ ). The addition of acidifiers (0,2%) improved digestibility of Ca ( $P < 0.01$ ). There was interaction between acidifiers and diet on digestibility coefficients of DM ( $P < 0.01$ ) and NDF ( $P < 0.02$ ). The alternative diet showed digestibility of DM higher than for conventional diet when added 0.1% acidifiers, being respectively 86.02% and 84.51% ( $P < 0.05$ ). NDF digestibility data the alternative diet showed higher values than the conventional diet with the addition of 0% or 0.1% of acidifiers, and the alternative diet with 0.2% were obtained with values greater than 0 or 0.1%. ( $P < 0.05$ ).

**KEYWORDS:** pre-cooked corn, soybeans disabled, acidifiers, digestibility, swine.



## 4.1 Introdução

A produção comercial de suínos foi desenvolvida e acompanhada de avanços tecnológicos, objetivando-se melhores índices zootécnicos. Entre os avanços obtidos na área de nutrição animal, o tratamento físico de grãos e a inclusão de aditivos nas dietas são estudados buscando-se melhorias na digestibilidade de nutrientes e redução dos problemas sanitários em suínos. A utilização de antibióticos como promotores de crescimento foi comum nas últimas décadas, porém, alguns fatores como resistência microbiana e resíduos destes aditivos encontrados em produtos de origem animal contribuíram para restrição e desuso em diversos países (Kill et al., 2011). Dessa forma, a redução na utilização de antibióticos como preventivos na alimentação de suínos trouxe consequências, como a dificuldade de manutenção da sanidade e piora na produtividade, o que impulsionou estudos sobre outros aditivos para as dietas. A adição de acidificantes como aditivos em dietas e o modo de ação tem sido estudadas frequentemente nos últimos anos (Mazzoni et al., 2008), sendo uma alternativa promissora que pode contribuir para aumento da digestibilidade de nutrientes e redução dos problemas digestivos (Suryanarayana, 2012).

As dietas de suínos no Brasil normalmente são à base de soja e milho, sendo estes os ingredientes mais utilizados na alimentação animal pelo elevado teor proteico e energético. No milho, o endosperma representa aproximadamente 83% do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88%), na forma de grânulos altamente organizados, composto por 25% de amilose e 75% de amilopectina (Paes, 2006), o que pode dificultar a ação de amilases endógenas dos mamíferos e afetar a digestibilidade do amido (Moreira et al., 1994). Já a soja integral apresenta a presença de fatores antinutricionais, que limitam o seu uso *in natura* (Fan et al. 1995), como por exemplo a presença de inibidores de tripsina e quimiotripsina, as hemaglutininas, os fatores bociogênicos, as saponinas e lectinas. Nesse contexto, alguns processos como extrusão, micronização e cozimento, podem facilitar a ação das enzimas digestivas por promoverem alterações na estrutura química dos nutrientes (Moreira et al., 2001), assim como reduzir a presença dos fatores antinutricionais e, conseqüentemente, melhorar a digestibilidade dos nutrientes.

Em relação a dietas acidificadas, espera-se que estas possam modular o pH da digesta do trato gastrointestinal e influenciar os processos fisiológicos da digestão. A inclusão de acidificantes às dietas atua na redução do pH estomacal e do crescimento de microorganismos indesejáveis, na melhora da digestibilidade dos nutrientes e no aumento da atividade de determinadas enzimas (Suryanarayana, 2012). Entretanto, existem muitos resultados controversos em relação à inclusão de acidificantes às dietas, e os níveis a serem adicionados às dietas dependem da composição química e propriedades físico-químicas dos alimentos (Kill et al., 2011).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de acidificantes em dietas à base de milho e farelo de soja ou de milho pré-cozido e soja integral desativada sobre a digestibilidade de nutrientes com suínos em crescimento.

## **4.2 Material e Métodos**

### *Local, Data, Tratamentos e Composição das Dietas*

O experimento foi realizado no Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná, entre o período de 06 e 26 de outubro de 2007. Foram utilizados 18 suínos (12 fêmeas e 6 machos castrados), com peso inicial e final médio de  $53,55 \pm 6,00$  kg e  $67,67 \pm 6,78$  kg respectivamente, alojados em 3 baias coletivas, sendo que, no momento dos tratamentos alimentares, os animais eram alocados em boxes individuais. Os 6 tratamentos foram separados em dieta convencional (com milho comum e farelo de soja com 45% PB) e alternativa (com milho pré-cozido e soja integral desativada), com a adição de acidificantes comercial que continha como princípios ativos 3% ácido cítrico, 9% ácido fumárico e 50% ácido fosfórico nos níveis de 0%, 0,1% e 0,2%. A composição dos ingredientes e química das dietas convencional e alternativa está apresentada na tabela 3.

Tabela 03 - Ingredientes e composição química das dietas de farelo de soja e milho moído (Convencional) e de soja integral desativada e milho cozido (Alternativa).

<i>Ingredientes</i>	<i>Convencional (%)</i>	<i>Alternativa (%)</i>
Milho	66,37	-
Milho Pré-Cozido	-	62,83
Farelo de Trigo	3,00	3,00
Farelo de Soja	24,10	-
Soja Integral Desativada	-	30,40
Óleo de Soja	2,85	-
Calcário	1,14	1,23
Fosfato Bicálcico	0,70	0,68
Fosfato de Cálcio	0,57	0,57
Sal comum	0,42	0,42
Caolim	0,29	0,29
L-Lisina 78%	0,35	0,35
DL-Metionina 99%	0,09	0,13
Mistura Vitamínica	0,02	0,02
Mistura Mineral	0,10	0,10
<b>Composição Química Analisada</b>		
Matéria Seca %	88,38	87,33
Proteína Bruta %	16,56	16,09
Extrato Etéreo%	6,53	8,18
Fibra Bruta %	3,24	3,83
FDN %	21,47	24,71
FDA %	6,92	7,49
Resíduo Mineral %	5,44	5,00
Ca %	0,73	0,73
P %	0,61	0,62

<sup>1</sup>Mistura Vitamínica (por kg do produto): nicotinamida: 4.000 mg; vitamina A: 1.600.000 UI; vitamina B12: 3.000 mcg; vitamina B6: 442 mg; vitamina B2: 400 mg; vitamina D3: 320.000 UI; vitamina K3: 400 mg; vitamina E: 1.600 mg; Pantotenato de Ca 90 mg; Antioxidante: 2.400 mg.

<sup>2</sup>Mistura Mineral (por kg de produto): manganês: 9.400 mg; ferro: 14.000 mg; zinco: 13.700 mg; cobre: 1.800 mg; iodo: 275 mg; selênio: 24 mg.

### *Ensaio de Digestibilidade e Análises Laboratoriais*

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, sempre 6:00 e às 18:00, sendo que, antes do fornecimento de ração, os animais eram

individualizados em boxes de alimentação. Posteriormente, a ração era fornecida e, após 30 minutos, os animais eram liberados, e as sobras recolhidas, quantificadas e encaminhadas para a determinação da matéria seca (MS). Nos seis primeiros dias experimentais, foi mensurada a capacidade de ingestão diária máxima de alimento pelo animal e, a partir do 7º dia, foi iniciada a utilização da dieta com inclusão de 0,34% de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), considerando-se mais quatro dias para adequação do equilíbrio dinâmico da passagem do indicador. Posteriormente, iniciou-se o período de coleta do material experimental, que foi repetida no tempo, dividido em fase 1 e 2, sendo cinco dias em cada fase. Nesse período, foram realizadas duas coletas diárias de fezes, no momento em que o animal defecasse ou por meio da ampola retal. As amostras foram homogeneizadas todos os dias em cada período, sendo encaminhadas para a pré-secagem à 55°C. Posteriormente, as amostras de fezes obtidas de cada animal foram homogeneizadas em amostras únicas (separadas em fase 1 e 2), sendo posteriormente destinadas para a análise de MS, extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), resíduo mineral (RM), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), fósforo (P) e  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (Silva e Queiroz, 2002).

#### *Tratamento térmico dos grãos*

O milho pré-cozido foi produzido em vapor e pressão (1 kgF/m<sup>2</sup> de pressão e 100°C de temperatura) durante 15 minutos, seguidos por secagem em secador de fluxo contrário com homogeneizador central, sendo, posteriormente, finamente moído em moinho de martelo com peneira de 1 mm. A soja foi processada em vapor e pressão (1 kgF/m<sup>2</sup> de pressão e 95 °C de temperatura) durante 10 minutos, seguidos por secagem em secador de fluxo contrário com homogeneizador central e moagem em peneira de 2 mm.

#### *Delineamento Experimental e Análise dos Dados*

Para a avaliação do equilíbrio dinâmico, os dados de concentração de cromo nas fezes foram submetidos à análise de variância para verificação das

diferenças entre as fases 1 e 2. Para os dados de digestibilidade, as duas fases foram consideradas repetições no tempo, sendo obtidas seis repetições por tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3 (dietas x níveis de acidificante). Os dados dos coeficientes de digestibilidade aparente (%) da MS (CDMS), EE (CDEE), FB (CDFB), FDN (CDFDN), FDA (CDFDA), RM (CDRM), MO (CDMO) Ca (CDCa) e P (CDP) foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e à análise de variância a 5% de probabilidade. Os resultados da análise de variância das variáveis que apresentaram efeito significativo para interação entre dietas e níveis de acidificante foram desdobrados para a análise de significância e teste de comparação de médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. O modelo estatístico utilizado pode ser representado como segue:  $Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_{ij} + \gamma_{k(l)} + \varepsilon_{ijklm}$ , sendo:  $\mu$  = média geral dos dados;  $\alpha_i$  = Efeito do fator dieta;  $\beta_j$  = Efeito do fator acidificante;  $\tau_{ij}$  = Interação dieta \* acidificante;  $\gamma_{k(l)}$  = Efeito de Fase (Animal);  $\varepsilon_{ijklm}$  = erro aleatório associado a cada observação, com  $\mu = 0$  e variância =  $\sigma^2$

### 4.3 Resultados e Discussão

Não foi verificado efeito da fase ( $P > 0,66$ ) em relação à concentração de  $Cr_2O_3$  nas fezes, o que sugere que o período de quatro dias utilizados para adequação do equilíbrio dinâmico da passagem do indicador foi satisfatório.

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade da PB, EE, FB, FDA, RM, MO, Ca e P estão apresentados na tabela 04. A dieta convencional apresentou valor de 82,15% para CDPB, sendo este superior ( $P < 0,03$ ) ao obtido para a dieta alternativa, que foi 79,99% (Tabela 04). Fan et al. (1995), utilizou leitões fistulados na fase de creche e verificou que a soja integral extrusada possui atividade inibidora da tripsina maior que o farelo de soja, sendo que as dietas completas com inclusão de soja extrusada piorou a digestibilidade ileal de alguns aminoácidos (arginina, isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, valina, ácido aspártico, serina e tirosina), porém, não se evidenciou diferenças para a digestibilidade aparente da proteína. Já Mendes

et al. (2004), avaliando o efeito da inclusão de 25% de um ingrediente (farelo de soja, soja semi-integral extrusada, soja integral expandida ou soja micronizada) à dieta à base de milho e soja na digestibilidade de nutrientes em suínos em crescimento, observaram piora nos resultados obtidos do CDPB para dietas com inclusão de soja integral extrusada em até 17 pontos percentuais em relação à dieta com farelo de soja, e 21 pontos percentuais em relação à dieta com soja micronizada, o que concorda com os resultados apresentados neste trabalho.

Tabela 04 - Coeficientes de digestibilidade aparente (%) das variáveis e desvio padrão.

Var <sup>1</sup>	Dietas (D)		Prob.	Nível de Acidificante (A)			Prob		
	Conv. <sup>2</sup>	Alt. <sup>3</sup>		0%	0,1%	0,2%	A	A*D	CV% <sup>4</sup>
PB	82,15±2,05	79,99±2,70	<0,03	81,22±3,10	81,42±2,27	80,56±2,53	0,70	0,28	2,59
EE	75,81±6,83	77,25±8,43	0,40	76,20±9,47	77,90±6,29	75,49±7,14	0,50	0,07	4,10
FB	57,99±5,31	67,38±7,16	<0,001	64,11±8,26	63,70±7,72	60,24±6,46	0,26	0,06	5,97
FDA	68,94±3,87	72,52±4,94	0,06	70,62±5,13	71,44±5,44	70,14±3,80	0,81	0,14	4,93
RM	54,21±6,40	45,75±6,97	<0,001	47,21±8,01	51,03±5,98	51,71±9,17	0,15	0,10	5,69
MO	87,65±1,22	87,83±1,38	0,63	87,69±1,26	88,20±0,86	87,32±1,58	0,16	0,38	1,04
Ca	36,12±9,20	34,76±9,15	0,56	29,99±6,37 <sup>b</sup>	36,48±11,58 <sup>ab</sup>	39,85±9,70 <sup>a</sup>	<0,01	0,07	6,85
P	49,72±10,31	47,59±7,26	0,35	46,47±6,72	51,18±8,77	48,33±9,05	0,25	0,36	6,59

<sup>1</sup> Coeficientes de digestibilidade das variáveis bromatológicas dos alimentos

<sup>2</sup> Dieta convencional

<sup>3</sup> Dieta alternativa

<sup>4</sup> Coeficiente de Variação

<sup>a, b</sup> Letras na mesma linha indicam diferenças estatística pelo teste de tukey à 5% de probabilidade.

O nível de fibra em dietas para suínos podem afetar a digestibilidade de nutrientes (Lewis e Southern, 2001). Entre as principais propriedades físico-químicas da fibra da dieta relacionadas com efeitos fisiológicos e antinutricionais para monogástricos, estão a capacidade de hidratação, a

viscosidade, as capacidades de troca catiônica e tamponante (Jeraci e Van Soest, 1990). Neste trabalho, os teores de FB, FDN e FDA foram superiores na dieta alternativa em relação à convencional (FB=3,24%; FDN=21,47%; FDA=6,92%), o que representa um aumento de 18,21% para FB, 15,09% para FDN e 8,24% para FDA, e que possivelmente alterou as propriedades físico-químicas da digesta, podendo também ter afetado os valores do CDPB da dieta alternativa em relação à convencional.

A adição de acidificante na ração não afetou ( $P>0,70$ ) a digestibilidade da PB (Tabela 04). Entretanto Machinsky et al. (2010), em experimento com animais em crescimento, verificaram que a inclusão do ácido butírico melhorou a digestibilidade aparente da proteína ( $p<0,05$ ). Mroz et al. (2000), utilizando suínos fistulados em crescimento, avaliaram o efeito da capacidade tamponante da dieta e/ou a inclusão de ácido fórmico, butírico ou fumárico, sendo que os autores não obtiveram melhora nos valores de digestibilidade aparente da PB pela inclusão de acidificantes, mas verificaram melhora na digestibilidade da PB nas dietas de baixa capacidade tamponante com a inclusão de ácido fórmico ou butírico. Por outro lado, segundo Blank et al. (1999), trabalhando com leitões e dietas à base de farelo de soja e trigo com diferentes capacidade tamponante (pela inclusão de bicarbonato de sódio), não verificaram efeito da inclusão do ácido fumárico sobre a digestibilidade da proteína. Assim como Rego et al. (2012), trabalharam com leitoas na fase de creche e utilizaram o mesmo acidificantes em quantidade semelhante a deste trabalho, e também não evidenciaram efeito sobre a digestibilidade da proteína.

Os resultados obtidos do CDEE foram 75,81%, para ração convencional, e 77,25%, para a alternativa. Em relação aos diferentes níveis de acidificante, os valores obtidos foram 76,20%, para a dieta sem acidificante, 77,90%, com adição de 0,1% de acidificante, e 75,49%, com 0,2% de adição. Não houve diferença entre o CDEE ( $P>0,40$ ) das diferentes rações como também não houve efeito de acidificante ( $p>0,50$ ) ou interação entre acidificante e dieta ( $P>0,07$ ). Oliveira et al. (2011) também não verificaram diferenças na utilização de milho extrusado em relação ao comum em dietas para leitões na fase inicial. No trabalho de Mroz et al. (2000), não verificou-se diferenças significativas na digestibilidade aparente do EE em relação às dietas com diferentes capacidades tamponantes, apenas evidenciou diferença

( $p < 0,05$ ) entre dietas quando houve a inclusão de tapioca (76,6%), casca de soja (74,4%) e polpa de beterraba (60,9%). Os resultados do CDEE concordam com os obtidos por Rego et al (2012) que não verificaram diferenças em dietas com a mesma adição de acidificantes.

A média obtida de CDFB para a dieta convencional foi menor que a para a alternativa ( $P < 0,001$ ), sendo observados os valores respectivos de 57,99 e 67,38%. Já para o CDFDA, os resultados encontrados foram 68,94 e 72,52% na mesma ordem, não sendo significativo a 5% ( $P > 0,06$ ). Sabe-se que o processo térmico dos grãos e cereais pode alterar a estrutura química dos nutrientes, facilitar a ação das enzimas digestivas e aumentar a digestibilidade de nutrientes (Englyst e Cummings, 1985). Entretanto, na análise de FB, determinam-se celulose e lignina, que são componentes da dieta resistentes à degradação por enzimas endógenas de mamíferos (Hall, 2000). Sendo assim, o tratamento térmico do milho pré-cozido e da soja desativada presentes na dieta alternativa pode ter alterado a estrutura macromolecular da fração fibrosa do alimento, facilitando, assim, a ação e fermentação de microorganismos presentes principalmente no intestino grosso e, conseqüentemente, ter melhorado a digestibilidade da FB da dieta. Segundo Moreira et al. (1994), o processamento do milho e soja melhoraram a digestibilidade da FB, concordando com os resultados encontrados neste trabalho de que o processamento de grãos pode influenciar a digestibilidade de variáveis da fibra.

Não foi encontrado neste trabalho efeito significativo pela inclusão de acidificantes na digestibilidade da FB e FDA (CDFB,  $P > 0,26$ ; CDFDA,  $P > 0,81$ ) (Tabela 04). Existe dificuldade em encontrar dados publicados sobre a digestibilidade de variáveis da fração fibrosa dos alimentos. Entre os trabalhos avaliando o efeito de acidificantes na digestibilidade em suínos (Blank et al., 1999; Jongbloed et al., 2000; Mroz et al., 2000; Machinsky et al., 2010; Rego et al., 2012), apenas Rego et al. (2012) avaliaram efeito de acidificantes sobre digestibilidade da FDA, sendo os resultados próximos aos encontrados neste trabalho (70%), porém estes autores demonstraram que a dieta com adição de 0,1% de acidificantes apresentou maior CDFDA em relação às dietas com 0 ou 0,2% ( $P < 0,02$ ).

Os dados obtidos de CDRM da dieta convencional e alternativa foram respectivamente 54,21 e 45,75%. O CDRM médio da dieta convencional



apresentou maior valor em relação à alternativa ( $P < 0,001$ ). Da mesma maneira como nas variáveis da fibra, a comparação com outros resultados apresenta o mesmo problema, já que a maioria dos trabalhos que estudou o tratamento térmico de grãos (Fan et al., 1995; Moreira et al., 2001; Mendes et al., 2004; Oliveira et al., 2011), não avaliou a digestibilidade do resíduo mineral. Porém já foi supracitado que a dieta alternativa apresentou valores de fibra insolúvel (FDN, FDA e FB) consideravelmente superiores aos da dieta convencional pela inclusão principalmente de soja integral. De acordo com Lewis & Southern (2001), a fração insolúvel da fibra é considerada um nutriente diluente em dietas para animais monogástricos, sendo relacionada ao aumento no tamanho do bolo fecal, à passagem mais rápida da digesta pelo trato e à piora na digestibilidade. Dessa forma, uma passagem mais rápida da digesta pode ter influenciado negativamente os valores obtidos do CDRM.

Os resultados obtidos do CDRM (Tabela 04) não demonstrou efeito em relação ao nível de acidificante adicionado às dietas ( $P > 0,15$ ). No trabalho de Machinsky et al. (2010), não houve efeito da inclusão de ácido butírico às dietas sobre a digestibilidade do resíduo mineral ( $P > 0,22$ ), assim como Rego et al (2012) também não evidenciou efeito de acidificantes sobre o CDRM. Entretanto Jongbloed et al. (2000) constatou que a inclusão de acidificantes com ou sem fitase às dietas melhorou a digestibilidade do resíduo mineral ( $P < 0,001$ ), assim como Mroz et al. (2000) verificou que a inclusão de ácido butírico às dietas de alta capacidade tamponante melhorou a digestibilidade do RM.

Nos valores obtidos do CDMO (Tabela 04), não se verificou efeito para dietas ( $P > 0,63$ ) nem para acidificante ( $P > 0,16$ ). De acordo com os dados apresentados por Oliveira et al. (2011), não houve evidência de que o milho submetido ao processo de extrusão alterou a digestibilidade da MO. Segundo Jongbloed et al. (2000), a inclusão de ácido láctico ou fórmico melhorou os valores obtidos do CDMO ( $P < 0,05$ ). Entretanto Blank et al. (1999), Machinsky et al. (2010) e Rego et al. (2012) não verificaram efeito da inclusão de acidificantes sobre a digestibilidade da MO.

Para o CDCa, não houve diferenças entre as dietas ( $P > 0,56$ ) nem interação entre dieta e acidificante ( $P > 0,07$ ), porém verificou-se efeito significativo da inclusão de acidificante, sendo que a digestibilidade foi maior

( $P < 0,01$ ) para dieta com adição de 0,2% em relação à dieta sem acidificantes (0%=29,99%, 0,1%= 36,48% e 0,2%=39,85%). Segundo trabalho de MACHINSKY et al. (2010), não houve efeito da inclusão de acidificante sobre o coeficiente de retenção do Ca ( $P > 0,92$ ). Porém Jongbloed et al. (2000) constatou efeito da inclusão de acidificantes em dietas com ou sem fitase ( $P < 0,001$ ), que melhorou a digestibilidade do Ca. Uma forma de ação dos acidificantes está relacionado à possibilidade de redução do pH gástrico e melhor utilização do mineral pelo processo de quelação (Mroz, 2005; Suryanarayana et al., 2012). Neste trabalho, o efeito significativo do acidificante em relação aos valores obtidos do CD<sub>Ca</sub> pode estar atribuído principalmente a estes fatores, que pode ter melhorado a solubilidade e conseqüentemente a digestibilidade do Ca.

Nos resultados obtidos, houve interação entre dieta e acidificante para as variáveis CDMS ( $p < 0,01$ ) e CDFDN ( $p < 0,02$ ), concordando com Suryanarayana et al. (2012), que afirmam que o efeito do acidificante é dependente da composição química e dos ingredientes da dieta. O desdobramento das variáveis que se constatou a interação estão apresentadas na Tabela 05.

A dieta alternativa apresentou maior média ( $P < 0,05$ ) de CDMS que a da dieta convencional quando ambas continham 0,1% de acidificantes, sendo, respectivamente, 86,02% e 84,51% (Tabela 05). Já em relação aos diferentes níveis de acidificantes adicionados às dietas, não se verificou diferenças para a dieta convencional nem alternativa. No experimento publicado por Machinsky et al. (2010) com animais em crescimento e dietas à base de milho e farelo de soja, não foi verificado nenhum efeito nem interação relacionados ao nível de Ca da dieta, inclusão de ácido butírico ou fitase sobre a digestibilidade da MS. Entretanto, em trabalho publicado por Jongbloed et al. (2000), dietas à base de cevada, farelo de soja, milho, tapioca e farelo de girassol com a inclusão de acidificantes (ácido láctico ou fórmico) melhoraram a digestibilidade aparente da MS ( $p < 0,01$ ). Em relação às dietas com inclusão de grãos tratados termicamente Oliveira et al. (2011), em experimento com leitões de 6 a 9 kg, não obtiveram diferenças no CDMS entre dietas com milho comum ou extrusado. Entretanto Mendes et al. (2004), avaliando o efeito da inclusão de 25% de um ingrediente (farelo de soja, soja semi-integral extrusada, soja

integral expandida ou soja micronizada) à dieta à base de milho e soja sobre a digestibilidade suínos em crescimento, encontrou efeito significativo ( $P < 0,05$ ) entre todas as dietas, sendo obtido o pior valor de CDMS para a dieta com soja integral extrusada.

Tabela 05 - Coeficientes de digestibilidade aparente das variáveis bromatológicas dos alimentos e desvio-padrão de acordo com a dieta e o nível de acidificante.

Variáveis	Dietas	Níveis de Acidificante			Média
		0%	0,1%	0,2%	
MS	Alternativa	84,61±1,78 <sup>Aa</sup>	86,02±1,15 <sup>Aa</sup>	85,83±1,78 <sup>Aa</sup>	85,48±1,63
	Convencional	85,87±1,26 <sup>Aa</sup>	84,51±1,18 <sup>Ab</sup>	84,42±1,71 <sup>Aa</sup>	84,93±1,48
	Média	85,24±1,61	85,26±1,36	85,12±1,82	
FDN	Alternativa	82,42±2,83 <sup>Aa</sup>	83,19±2,50 <sup>Aa</sup>	79,22±2,93 <sup>Ba</sup>	81,61±3,14
	Convencional	77,29±2,49 <sup>Ab</sup>	77,10±2,65 <sup>Ab</sup>	79,67±5,05 <sup>Aa</sup>	78,02±3,58
	Média	79,85±3,69	80,15±4,02	79,45±3,94	

Variáveis que apresentaram interação entre Dieta\*Acidificante (CDMS  $P < 0,01$ ; CDFDN  $P < 0,02$ ).

Coeficiente de variação da análise estatística (CDMS, 1,09%; CDFDN, 2,49%)

Letras maiúsculas indicam diferenças significativas na mesma linha e letras minúsculas indicam diferenças significativas na mesma coluna pelo teste de Duncan a 5%.

Avaliando os dados de digestibilidade da FDN, a dieta alternativa apresentou valor superior ao da dieta convencional nas dietas quando utilizada a adição de 0% ou 0,1% de acidificantes. Já aos diferentes níveis de acidificante, a dieta alternativa com adição de 0,2% apresentou valor maior de CDFDN que o nível 0% ou 0,1% ( $P < 0,05$ ). Segundo Suryanarayana et al. (2012), os acidificantes podem ter um efeito modulador no pH da digesta do trato gastrointestinal de suínos. Dessa forma, os acidificantes utilizados neste trabalho podem ter afetado a fermentação microbiana, influenciando os valores do CDFDN. Em estudo publicado por Rego et al. (2012), apesar dos autores trabalharem com animais em fase diferente e não avaliarem a digestibilidade da FDN, a adição de 0,1% do mesmo acidificantes utilizado neste trabalho apresentou valores maiores de CDFDA em relação às dietas com 0% ou 0,2%, sendo os resultados também atribuídos aos efeitos de acidificantes sobre a modulação de pH do trato gastrointestinal.

Conforme Mroz (2005), Suryanarayana Et al. (2012), o principal modo de ação dos acidificantes é pelo efeito antimicrobiano e inibição de patógenos, podendo ainda estimular a secreção de enzimas pancreáticas, reduzir o pH gástrico, agir como fonte de energia durante o metabolismo intermediário do trato gastrointestinal e melhorar a utilização do mineral pelo processo de quelatação. Entretanto, apesar dos autores descreverem estes fatores como premissas para aumentar a digestibilidade aparente total e melhorar o desempenho dos animais, os resultados de estudos utilizando acidificantes ainda são bastante contraditórios. De acordo com revisão publicada por Kill et al. (2011), existe uma grande variação nos resultados apresentados em experimentos distintos, sendo que a inconsistência e diferenças encontradas nos trabalhos pode ser devido a variações metodológicas experimentais, principalmente em relação a idade dos animais, composição das dietas e dos acidificantes. Dessa forma, ainda são necessários mais estudos com descrição metodológica detalhada e precisa dos experimentos, para o entendimento mais completo dos principais mecanismos de ação da inclusão ou adição de acidificantes às dietas.

#### **4.4 Conclusões**

A adição de acidificantes na proporção de 0,2% melhorou a digestibilidade do cálcio, e a adição na mesma proporção para dieta a base de milho pré-cozido e soja integral desativada aumentou a digestibilidade da fibra em detergente neutro.

#### 4.5 Referências

BLANK R.; MOSENTHIN, R.; SAUER, W. C.; HUANG, S. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acids digestibilities in early-weaned pigs. **Journal of Animal Science**. v.77, p.2974-2984, 1999.

ENGLYST, H. N.; CUMMINGS, J. H. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in the human small intestine. **The American Journal of Clinical Nutrition**. v.42, p.778-787, 1985.

FAN, M. Z.; SAUER, W. C.; LANGE, C. F. M. Amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early-weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**. v.52, p.189-203, 1995.

HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates, Nutritional relevance and analysis: a laboratory manual. Gainesville: University of Florida, 2000. 42p. (Bulletin, 339).

JERACI, J.L.; VAN SOEST, P.J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v.270, p.245-263, 1990.

JONGBLOED, A. W.; MROZ, Z.; WEIJ-JONGBLOED, V. D.; KEMME, P. A. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs. **Livestock Production Science**. v.67, p.113-122, 2000.

KIL, D. Y.; KWON, W. B.; KIM, B. G. Dietary acidifiers in weanling pig diets: a review. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**. v.24, n.3, p.231-247, 2011.

LEWIS, J.A.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2th edition, CABI publishing, 1009p.,2001.

MACHINSKY, T. G.; KESSLER, A. M.; RIBEIRO, A. M. L.; MORAES, M. L.; SILVA, I. C. M.; CORTÉS, M. E. M. Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. **Ciência Rural**. v.40, n.11, p.2350-2355, 2010.

MAZZONI, M.; GALL, M. L.; FILIPPI, S. D.; MINIERI, L.; TREVISI, P.; WOLINSKI, J.; LALATTA-COSTERBOSA, G.; LALLÈS, J.; GUILLOTEAU, P.; BOSI, P. Supplemental sodium butyrate stimulates different gastric cells in weaned pigs. **The Journal of Nutrition**. v.138, p.1426-1431, 2008.

MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.2, p.207-213, 2004.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; COELHO, D.T. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de

qualidade do milho e soja integral processados a calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 23, p.916-929, 1994.

MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G. C.; FURLAN, A. C.; PATRICIO, V. M. I.; MARCOS JUNIOR, M. Utilização de farinha pré-gelatinizada de milho na alimentação de leitões na fase de creche. Digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30(2), p.440-448, 2001.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; PARTANEN, K. H.; VREMAN, K.; KEMME, P. A.; KOGUT, J. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal of Animal Science**. v.78, p.2622-2632, 2000.

MROZ, Z. Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. **Advances in Pork Production**. v.16, p.169-182, 2005.

OLIVEIRA, G. C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; PIANO, L. M.; TOLEDO, J. B.; SIERRA, L. M. P. Corn types with diferente nutritional profiles, extruded or not, on piglets (6 to 15 kg) feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.11, p.2462-2470, 2011.

REGO, J. C. C. R.; FERREIRA, R. A. S.; BRITO, C. F.; MORESSI, G. B.; SCANDOLERA, A. J.; WARPECHOWSKI, M. B. Acidificação da dieta e a digestibilidade de nutrientes em leitões. **Revista Acadêmica de Ciência Agrárias e Ambientais**. Curitiba, v. 10, n. 1, p. 105-111, 2012.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.F.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES R. F. **Composição de alimentos e exigências nutricionais. (Tabelas brasileiras para aves e suínos)**. Viçosa, MG: Editora UFV. p.252, 2011.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular técnica 75. 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.

SURYANARAYANA, M. V. A. N.; SURESH, J.; RAJASEKHAR, M. V. Organic acids in swine feeding – **A review**. **Agricultural Science research Journals**. Vol 2(9), pp.523-533, 2012.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi possível avaliar o equilíbrio dinâmico na passagem do indicador com leitões na fase de creche.

Dentre as medidas existentes da passagem da digesta o tempo médio de retenção parece ser a melhor, porque em condições de consumo e excreção constantes de indicador (em equilíbrio dinâmico), o tempo médio de retenção é idêntico à taxa de passagem. Dessa forma, a medida do tempo de retenção e/ou passagem de 50% do indicador pode ser considerada como o tempo mínimo necessário para que os animais estabilizem a ingestão e excreção de cromo e estejam em equilíbrio dinâmico.

A partir desta metodologia para a determinação do equilíbrio dinâmico os resultados foram submetidos à metanálise com os dados dos 3 experimentos, sendo considerada como variável dependente o tempo de início do equilíbrio dinâmico e as variáveis da dieta (Dieta ou Nível de acidificante), as variáveis de consumo de ração, taxas do consumo de energia metabolizável, peso do animal e início do consumo testadas como variáveis quantitativas para sugerir modelo de predição do início do equilíbrio dinâmico para leitões.

O modelo de predição proposto demonstrou que maiores taxas de consumo de energia metabolizável média por arraçoamento podem reduzir o tempo necessário para o início do equilíbrio dinâmico na passagem do indicador. Estas variáveis utilizadas no modelo de predição são influenciadas principalmente pelos padrões de consumo de cada animal, sendo importante que sejam consideradas antes de iniciar a coleta do material experimental em ensaios de metabolismo, especialmente em experimentos com leitões recém-desmamados. Apesar de o modelo proposto apresentar precisão aceitável para os dados originais, vale lembrar que é necessária a validação dos dados em outros experimentos para que seja passível sua utilização.

## **6. ANEXOS**

Anexo 1: Aprovação no Comitê de Ética do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.

Anexo 2: Aprovação no Comitê de Ética do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.





Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias  
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 065/2011, referente ao projeto “Efeito de acidificantes sobre a capacidade tamponante da dieta e a digestibilidade fecal em leitões desmamados”, sob a responsabilidade de Marson Bruck Warpechowski, na forma que foi apresentado (utilizando 24 animais), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 20 de dezembro de 2011.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 065/2011, regarding the project “Effect of acidifiers on the dietary buffering capacity and fecal digestibility in piglets”, in charge of Marson Bruck Warpechowski, in the terms it was presented (using 24 animals), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on December 2011.

Curitiba, 20 de dezembro de 2011.

Geraldo Camilo Alberton  
Presidente

Patrick Schmidt  
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais  
Setor de Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Paraná.



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias  
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 039/2011, referente ao projeto “ Avaliação de métodos de determinação da capacidade tamponante de alimentos para suínos na fase pré-inicial ”, sob a responsabilidade de Marson Bruck Warpechowski, na forma que foi apresentado (utilizando 48 animais), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 30 de setembro de 2011.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 039/2011, regarding the project “Evaluation of methods for buffering rate determination in feeds for piglets”, in charge of Marson Bruck Warpechowski, in the terms it was presented (using 48 animals), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Southern Brazil) during session on September 2011.

Curitiba, 30 de setembro de 2011.

Geraldo Camilo Alberton  
Presidente

Patrick Schmidt  
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais  
Setor de Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Paraná.