

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRIÇÃO DE  
PRECISÃO PARA SUÍNOS: DESEMPENHO E  
BALANÇOS METABÓLICOS EM SISTEMAS DE  
ALIMENTAÇÃO INDIVIDUAL EM TEMPO REAL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Cristieli Carolina Klein**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2014**

**SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRIÇÃO DE PRECISÃO  
PARA SUÍNOS: DESEMPENHO E BALANÇOS  
METABÓLICOS EM SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO  
INDIVIDUAL EM TEMPO REAL**

**Cristieli Carolina Klein**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia.**

**Orientador: Prof. Dr. Irineo Zanella**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Klein, Cristieli Carolina  
Sistemas Integrados de Nutrição de Precisão para Suínos: Desempenho e Balanços Metabólicos em Sistemas de Alimentação Individual em Tempo Real / Cristieli Carolina Klein.-2014.  
55 p.; 30cm

Orientador: Irineo Zanella  
Coorientador: Luciano Hauschild  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2014

1. Suinocultura 2. Aminoácidos 3. Nitrogênio 4. Níveis nutricionais 5. Produção I. Zanella, Irineo II. Hauschild, Luciano III. Título.

---

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Cristieli Carolina Klein. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: kristikarol@gmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA  
SUÍNOS: DESEMPENHO E BALANÇOS METABÓLICOS EM  
SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO INDIVIDUAL EM TEMPO REAL**

elaborada por  
**Cristieli Carolina Klein**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Irineo Zanella, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSM)**

**Berilo de Souza Brum Júnior, Dr. (IF-Farroupilha)**

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Ildon Klein e Veranete Terezinha Mühl Klein! Obrigada por nunca me dizer que a vida era fácil, mas por sempre me ensinar a encará-la, com Deus, de frente os meus problemas. Por me fazer entender (tantas e tantas vezes) que os meus valores são o que de mais especial eu tenho...*

*Ao meu noivo Leandro José Kunkel por todo amor, carinho, paciência, apoio e força que me deste durante todo este tempo.*

*A nossa filha Lívia Maria Klein Kunkel que é o sol que ilumina nossos dias, que com seu sorriso de anjo nos faz esquecer as adversidades da vida e seguir em frente.*

*Te amo filha!*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e pela saúde e por iluminar cada passo da minha vida.  
Aos meus pais, minha irmã, meu cunhado e ao meu noivo por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Paulo Alberto Lovatto (*in memoriam*) por ter me incentivado a não desistir de tentar o mestrado.

Ao professor Irineo Zanella, pela orientação, incentivo e amizade e por ter acreditado em mim.

Ao professor Luciano Hauschild, pelo apoio desde o início do mestrado quando tudo ainda estava confuso, pela oportunidade de trabalhar e conhecer a realidade de outra universidade.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial ao Gerson Guarez Garcia e Luciana Pötter pelos ensinamentos e apoio.

Aos alunos de graduação e pós-graduação do grupo de estudos do SUINESP da UNESP pela ajuda durante o período que estive em Jaboticabal.

Em especial aos amigos que me deram força e apoio, e claro sempre foram boa companhia nos momentos em que precisava de alguém para conversar, tomar um mate, uma cervejinha... Suélen, Patric, Aline, Francine, Carla, Carlos, Jomara.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, e não estão nominalmente citados.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA SUÍNOS: DESEMPENHO E BALANÇOS METABÓLICOS EM SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO INDIVIDUAL EM TEMPO REAL**

AUTORA: CRISTIELI CAROLINA KLEIN

ORIENTADOR: IRINEO ZANELLA

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.

O objetivo desta dissertação foi analisar as respostas de suínos quando submetidos a um programa nutricional estabelecido para cada indivíduo em tempo real com base nos conceitos do sistema proposto por POMAR et al., (2009) e no modelo de HAUSCHILD et al., (2012). Este estudo foi dividido em duas fases experimentais. Na primeira fase foram avaliados dados de desempenho e custos de produção entre dois programas nutricionais. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (Programa Nutricional Individual e Diário - PID e Programa em Grupo por Fases - PGF) e 10 repetições, sendo o animal a unidade experimental. Período experimental de 28 dias. Na segunda fase experimental foi realizado um ensaio metabólico para avaliar o balanço de Nitrogênio (N) para os dois programas nutricionais. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos PID e PGF, seis repetições, sendo o animal a unidade experimental. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas por um período de sete dias para adaptação e cinco dias para coletas totais de fezes e urina. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os programas nutricionais para consumo médio diário (CMD), peso vivo (PV), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EF). Devido ao ajuste da dieta às exigências dos animais no PID os níveis fornecidos de: Proteína Bruta (PB), Lisina (Lis), Metionina (Met), Treonina (Tre) e Fósforo (Fós), foram respectivamente 14,50%, 12,23%, 28,26%, 12,98% e 14,29% menores na média em relação aos valores fornecidos pelo PGF. O custo de produção por quilograma para o período foi: PID R\$ 2,01 e PGF R\$ 2,19. A margem bruta de lucro para os programas nutricionais PID e PGF foram de R\$ 0,99 e R\$ 0,81, respectivamente. A retenção de nitrogênio não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os programas de alimentação, com valores médios de 27,86 g/dia para o PGF e 27,31 g/dia para o PID. Os animais apresentaram um consumo médio de nitrogênio de 48 g/dia PID e 56 g/dia PGF. A excreção média de nitrogênio passou de 26,89 g/dia no PGF para 19,71 g/dia no PID. Conclui-se que a redução no fornecimento de nutrientes devido ao ajuste da oferta às exigências do animal não afeta o desempenho dos suínos e ainda reduz o custo de produção, aumentando a margem bruta de lucratividade. O modelo consegue reduzir os níveis de N excretados pelos suínos.

**Palavras-chave:** Aminoácidos. Nitrogênio. Níveis nutricionais. Suinocultura.

## **ABSTRACT**

Dissertation of Master  
Program of de Post-Graduation in Animal Science  
Federal University of Santa Maria

### **INTEGRATED SYSTEMS OF NUTRITION FOR ACCURACY OF PIGS: PERFORMANCE AND METABOLIC BALANCE IN FEEDING SYSTEMS INDIVIDUAL IN REAL TIME**

**AUTHOR: CRISTIELI CAROLINA KLEIN**

**ADVISOR: IRINEO ZANELLA**

**Site and Date of Defense: Santa Maria, February, 27, 2014.**

The aim of this thesis was to analyze the responses of pigs when subjected to a nutritional program established for each individual in real time based on the concepts proposed by the system POMAR et al., (2009) and HAUSCHILD et al., (2012). This study was divided into two experimental phases. In the first phase performance data and production costs between two nutritional programs were evaluated, during 28 days. The experimental design was completely randomized with two treatments (Individual and Daily Nutrition Program - PID and by Program Group by Phases - PGP) and 10 replications, with the animal as the experimental unit. In the second experimental stage, an assay was performed to assess the balance of nitrogen (N) for the two nutritional programs. The experimental design was completely randomized with two treatments PID and PGP, six replicates, and the animal as the experimental unit. The animals were housed in metabolic cages for a period of seven days for adaptation and five days for total collection of feces and urine. There was no difference ( $P > 0.05$ ) between nutritional programs for feed intake daily (ID), body weight (BW), average daily gain (ADG), feed conversion (FC) and feed efficiency (FE). Due to the adjustment of the diet requirements of animals at the levels provided in PID: Crude Protein (CP), Lysine (Lys), Methionine (Met), Threonine (Thr) and Phosphorus (Pho), were respectively 14.50%, 12.23%, 28.26%, 12.98% and 14.29% lower on average compared to the values provided by the PGP. The production cost per kilogram for the period was: PID R\$ 2.01 and PGP R\$ 2.19. The gross profit margin for nutritional programs PID and PGP were R\$ 0.99 and R\$ 0.81, respectively. Nitrogen retention did not differ ( $P > 0.05$ ) between the feeding programs, with average values of 27.86 g/day for the PGP and 27.31 g/day for the PID. The animals showed an average nitrogen intake of 48 g/day PID and 56 g/day PGP. The average nitrogen excretion increased from 26.89 g/day in the PGP to 19.71 g/day in the PID. It is concluded that reducing the supply of nutrients due to the adjustment of supply to the animal does not affect pig performance and further reduces the cost of production, increasing gross margin profitability. The model is able to reduce the levels of N excreted by pigs.

**Keywords:** Amino acids. Nitrogen. Nutrient levels. Swine production.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Representação geral do Sistema Integrado de Manejo (SIM) para suínos com seus componentes estrutural (comedouro e balanças de pesagem) e lógico (modelo matemático para estimar exigências e programa de formulação de dietas).....17
- Figura 2 – Representação geral do modelo com os componentes, empírico e mecanicista, utilizados para estimar as exigências nutricionais diárias para cada indivíduo, a partir de uma população de suínos de acordo com seu crescimento real e os padrões de consumo de ração..... 19
- Figura 3 – Representação dos consumos observado e estimado dos suínos do PID (Programa Individual e Diário) desde a fase de desempenho até o ensaio metabólico. ....49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional das dietas para suínos formuladas para compor os tratamentos dos programas nutricionais estudados.....	27 e 42
Tabela 2 – Desempenho de suínos submetidos a dois programas nutricionais, PGF (Programa em Grupo por Fases) e PID (Programa Individual e Diário).....	43
Tabela 3 – Ingestão de Proteína Bruta (PB), Lisina Digestível (Lis), Metionina Digestível (Met), Treonina Digestível (Tre) e Fósforo Digestível (Fós) pelos suínos submetidos a dois programas nutricionais (g/dia). ....	44
Tabela 4 – Balanço de Nitrogênio de suínos submetidos a dois programas nutricionais. ....	45
Tabela 5 – Análise econômica de dois programas nutricionais para suínos, PGF (Programa em Grupo por Fases) e PID (Programa Individual e Diário).....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Aminoácidos
AGRIFOOD	Agriculture and Agri-Food
Bend	Perdas endógenas
CA	Conversão alimentar
CDR	Consumo diário de ração
DP	Deposição de proteína
Ef	Eficiência de utilização da lisina
EF	Eficiência alimentar
EL	Energia líquida
EXM	Exigências de manutenção
Fós	Fósforo
GPD	Ganho de peso diário
HCL	Ácido clorídrico
IPF	Intelligent Precision Feeder System
Lis	Lisina
LisDC	Lisina digestível para crescimento
Met	Metionina
N	Nitrogênio
PGF	Programa em Grupo por Fases
PID	Programa Nutricional Individual e Diário
PV	Peso vivo
SIM	Sistemas Integrados de Manejo
Teg	Perdas de tegumentos
TP	Turnover proteico
Tre	Treonina

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	12
1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.....	14
1.1 Estado atual dos programas nutricionais.....	14
1.2 Nova abordagem para estimar exigências baseada em conceitos de nutrição de precisão .....	16
1.3 Modelo matemático para estimar as exigências nutricionais dos suínos .....	18
1.3.1 Componente empírico do modelo .....	19
1.3.2 Componente mecanicista do modelo.....	20
1.4 Excreção de nitrogênio.....	21
2 METODOLOGIA .....	24
2.1 Material e métodos.....	24
2.1.1 Local e instalações .....	24
2.1.2 Animais .....	24
2.1.3 Delineamento experimental.....	25
2.1.4 Dietas .....	25
2.1.5 Manejo experimental.....	28
2.1.6 Uso de indicador .....	29
2.1.7 Análises estatísticas .....	29
3 ARTIGO .....	30
<b>SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA SUÍNOS:</b>	
<b>BALANÇO DE NITROGÊNIO.....</b>	<b>30</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>31</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>32</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>
4 DISCUSSÃO GERAL .....	46
5 CONCLUSÕES .....	51
6 REFERÊNCIAS .....	52

## INTRODUÇÃO

A alimentação dos suínos, indiferente da região geográfica mundial, representa mais de 60% do custo total da produção. A diferença de custo entre regiões está relacionada à disponibilidade de matéria-prima e as estratégias nutricionais adotadas. Essas estratégias visam reduzir custos, maximizar a produtividade e atender determinadas legislações ambientais através da melhora na eficiência de utilização dos nutrientes (JEAN DIT BAILLEUL et al., 2000). O ajuste da oferta de nutrientes dos alimentos às exigências nutricionais dos animais melhora a eficiência alimentar. Nas condições de produção, as exigências nutricionais são estimadas pelos métodos empírico e fatorial. No empírico, as exigências são aquelas para maximizar ou minimizar um ou vários parâmetros de desempenho. No fatorial, as exigências são estimadas pela soma das exigências para manutenção e produção. Esses dois métodos são deterministas, estáticos e não consideram a variabilidade inter e intra-animais.

Modelos matemáticos utilizando o método fatorial também foram propostos para estimar exigências nutricionais (GREEN & WHITTEMORE, 2003, POMAR et al., 2003, VAN MILGEN et al., 2008). Esses modelos estimam o crescimento ou exigências de um animal representativo de uma dada população a partir de informações coletadas previamente de populações com baixa variabilidade entre animais. Estas informações são utilizadas para determinar os parâmetros do modelo os quais são mantidos constantes durante a simulação. Adicionalmente, estes apresentam limitações devido a trajetória de consumo e crescimento de cada animal, muitas vezes, diferirem em relação ao indivíduo representativo da população referência (HAUSCHILD et al., 2012). Em condições de produção os animais são criados em grupos heterogêneos no qual o alimento, ambiente e condições sanitárias podem mudar no tempo alterando o curso de crescimento dos animais.

A produção animal de precisão é um novo conceito que considera aspectos de variabilidade entre animais ou entre as unidades de produção no espaço e no tempo (WATHES et al., 2008). Essa variabilidade resulta das diferenças entre os animais no que se refere a genética, idade, ambiente e peso. Um novo sistema de alimentação de precisão, que consiste em fornecer um alimento específico para

cada indivíduo em tempo real, foi proposto para considerar essa variabilidade animal (POMAR et al., 2009).

Esse sistema consiste de uma determinação precisa do valor nutritivo dos alimentos, das exigências nutricionais dos animais e um método de formulação de dietas que ajuste de forma concomitante a oferta de nutrientes a exigência dos animais. Esse ajuste concomitante requer um modelo matemático capaz de estimar as exigências de cada indivíduo em tempo real. Uma primeira versão do modelo foi proposta (HAUSCHILD et al., 2012), contudo ainda não foi validada.

Os objetivos desta dissertação foram analisar as respostas de suínos quando submetidos a um programa nutricional estabelecido para cada indivíduo e em tempo real com base nos conceitos do sistema proposto por POMAR et al., (2009) e no modelo de HAUSCHILD et al., (2012). Este documento é estruturado de forma sequencial em introdução geral, revisão bibliográfica, metodologia, artigo sobre balanço de nitrogênio, discussão geral e conclusões.

# 1 ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

## 1.1 Estado atual dos programas nutricionais

A problemática na qual se insere este estudo está relacionado às condições e programas atuais de alimentação de suínos destinados ao abate que são baseados em métodos para estimar exigências nutricionais que tem sido pouco contestados. Nesse sentido, torna-se importante descrever o estado atual dos programas nutricionais utilizados na produção de suínos.

No sistema industrial de produção de suínos o custo de alimentação representa aproximadamente 60% dos custos totais. As pesquisas em alimentação e nutrição estão focadas em estudar principalmente três aspectos: a composição nutricional e digestibilidade dos ingredientes, exigências nutricionais dos animais e a resposta animal em termos de retenção e excreção de nutrientes (WHITTEMORE, 2001). Com base nesses aspectos, os programas nutricionais têm sido estabelecidos pelo balanço entre a quantidade de nutrientes dos ingredientes com as exigências nutricionais dos animais (PATIENCE et al, 1995). As dietas estabelecidas são fornecidas através de uma alimentação por fases. Essa técnica consiste em fornecer um numero sucessivo de dietas aos animais com o objetivo de atender as exigências dos animais em função da idade ou peso vivo.

As exigências de um nutriente podem ser definidas como a quantidade de nutrientes necessária para atingir objetivos específicos de produção como maximizar o ganho de peso, ganho de tecido magro e melhorar a conversão alimentar (FULLER, 2004). Entretanto, a intensificação da indústria tem forçado os nutricionistas a desenvolverem estratégias nutricionais onde outros objetivos de produção, além da máxima resposta, devem ser também otimizados. Além disso, existe uma pressão por pesquisas direcionadas para uma nutrição mais precisa (Nutrição de Precisão) com o objetivo de estimar o potencial nutritivo dos ingredientes e as exigências nutricionais com melhor acurácia em relação ao estado fisiológico do animal em condições de produção.

Dentro dessa lógica de alimentar os animais por fases, as exigências utilizadas para formular as dietas têm sido estimadas pelos métodos empírico e fatorial. No empírico, as exigências nutricionais são estabelecidas para maximizar ou minimizar um ou vários parâmetros de desempenho. No fatorial, as exigências diárias são estimadas pela soma das exigências para manutenção e produção (FULLER & CHAMBERLAIN, 1982). Modelos de crescimento que utilizam o método fatorial também estimam as exigências para um indivíduo representativo de uma população.

Na produção animal esses métodos têm sido utilizados para estimar as exigências de uma população com base em um único indivíduo (fatorial) ou na resposta da população (empírico). Um aspecto normalmente esquecido é que a resposta de uma população a ingestão de um nutriente em um dado ambiente é dependente da resposta de cada animal (POMAR et al., 2003). Entretanto, as exigências nutricionais de cada animal não podem ser estimadas a partir da resposta de população ou de um único indivíduo. A resposta de um indivíduo à ingestão de um nutriente é diferente em forma e magnitude da população (POMAR et al., 2003). Conseqüentemente, a utilização dos modelos matemáticos integrando ambos os métodos para estimar exigências pode conduzir a recomendações inapropriadas no que se refere aos aportes nutricionais necessários à obtenção de respostas desejadas. Além disso, a maioria dos modelos atuais (BLACK et al., 1986, EFG, 2006, INRAPORC, 2006) simulam o crescimento ou estimam exigências nutricionais de um animal representativo de uma população a partir de informações coletadas previamente de populações com pouca variabilidade entre animais. Estas informações são utilizadas para determinar os parâmetros do modelo e são mantidas inalteradas durante a simulação. Dessa forma, os métodos atuais não consideram as diferenças entre as populações, as diferenças entre os animais de uma população e as mudanças que poderão aparecer durante o curso do crescimento ao estimar um nível ideal de nutriente na dieta.



## **1.2 Nova abordagem para estimar exigências baseada em conceitos de nutrição de precisão**

A nutrição de precisão é um conceito agrícola que considera aspectos de variabilidade inter e intra-indivíduos (WATHES et al., 2008). Esta variabilidade resulta das diferenças entre os animais no que se refere à genética, idade e peso. Além dessa variação intrínseca ao animal existe também a variação extrínseca. Essa variação refere-se a fatores externos que influenciam o desempenho dos animais e as exigências nutricionais. Cada animal reage de diferente maneira a esses efeitos o que pode aumentar a variabilidade entre os animais (WELLOCK et al., 2004). A nutrição de precisão visa, portanto considerar esses aspectos e vem ao encontro de estudos que demonstraram a importância de considerar a variabilidade entre e intra-animais na avaliação da resposta biológica e nos programas nutricionais (KNAP, 2000; POMAR et al., 2003; HAUSCHILD et al., 2010).

A aplicação do conceito é dependente do uso de sistemas integrados similares ao proposto por PARSONS et al. (2007). Atualmente, grande parte do processo de produção animal pode ser submetida à automação. Equipamentos estão disponíveis para monitorar, alimentar e controlar o ambiente dos animais. Os sistemas integrados não representam apenas uma forma de combinar esses vários subsistemas, mas também uma forma de delegar controles automáticos sobre eles. Os potenciais benefícios desses sistemas são vários (POMAR et al., 2009). No caso da alimentação, esses sistemas são uma abordagem essencial para melhorar a eficiência de utilização do nitrogênio (N), fósforo (Fós) e outros nutrientes diminuindo assim a excreção desses elementos no meio ambiente. Esses sistemas por proverem uma nutrição adequada permitem também melhorar aspectos relacionados à sanidade, bem estar e ambiente dos animais. Entretanto, a eficiência desses sistemas no que se refere à nutrição está relacionada a uma determinação precisa do valor nutritivo dos alimentos e das exigências nutricionais dos animais e uma formulação de dietas que ajuste de forma concomitante o aporte de nutrientes às exigências dos animais. Esse ajuste concomitante do aporte de nutrientes requer o conhecimento das exigências nutricionais de uma população em função da sua

variabilidade animal, atual estado e da evolução do consumo e crescimento no tempo (POMAR et al., 2009).

Recentemente foram desenvolvidos Sistemas Integrados de Manejo (SIM) que permitem mensurar consumo e peso vivo em tempo real de uma população de suínos (Figura 1). O Agriculture and Agri-Food (AGRIFOOD – Canadá) em colaboração com a Universidade de Lleida (Espanha) estão desenvolvendo um sistema de alimentação automático e inteligente que contempla o conceito de nutrição de precisão. Esse novo sistema, denominado de “Intelligent Precision Feeder System (IPF)”, visa otimizar a produção de suínos a partir de uma perspectiva animal, ambiental e econômica.

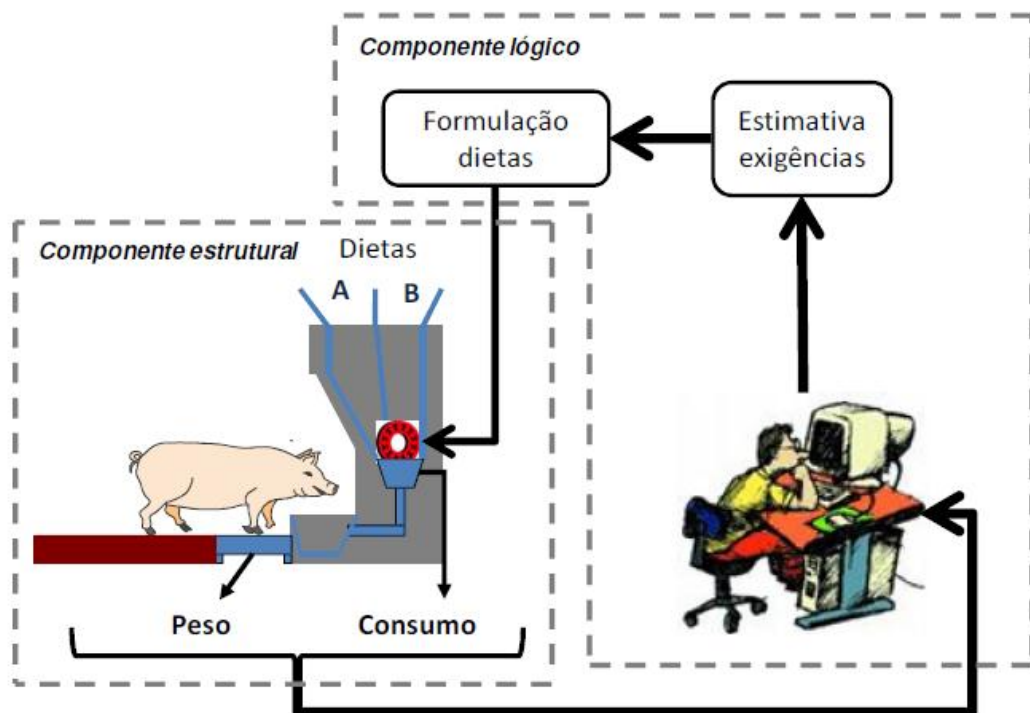


Figura 1 – Representação geral do Sistema Integrado de Manejo (SIM) para suínos com seus componentes estrutural (comedouro e balanças de pesagem) e lógico (modelo matemático para estimar exigências e programa de formulação de dietas).

Dentro do projeto IPF, a parte lógica do sistema precisa ainda ser estruturada para estimar de forma precisa a quantidade de nutrientes que cada animal necessita diariamente para atender as suas exigências. Os métodos (empírico e fatorial) e os

modelos de crescimento atuais, entretanto, não podem ser adaptados dentro do componente lógico para estimarem exigências nutricionais individuais e em tempo real. Um modelo matemático inicial foi proposto por HAUSCHILD, (2010). Contudo, alguns estudos de campo e principalmente ensaios metabólicos são fundamentais para validar o modelo. Dessa forma, esta pesquisa é uma continuação de trabalhos anteriores, conduzidos em colaboração com o AGRIFOOD – Canadá, na tentativa de propor um novo método para estimar exigências.

### **1.3 Modelo matemático para estimar as exigências nutricionais dos suínos**

Em seu artigo HAUSCHILD et al., (2012) propôs um modelo matemático utilizado para estimar as exigências e a concentração ideal em aminoácidos (AA) para suínos nas fases de crescimento e terminação, sendo estas estimadas de forma individual e diária. O modelo inclui os componentes empírico e mecanicista. O componente empírico estima o consumo diário de ração (CDR), peso vivo (PV) e ganho de peso diário (GPD), com base em informações coletadas de forma individual e em tempo real da população de suínos, formando assim um histórico individual do animal. Baseado nas estimativas de CDR, PV e GPD, o componente mecanicista utiliza equações fatoriais para estimar a concentração ideal de AA que deve ser ofertado na dieta de cada suíno para satisfazer suas exigências nutricionais.

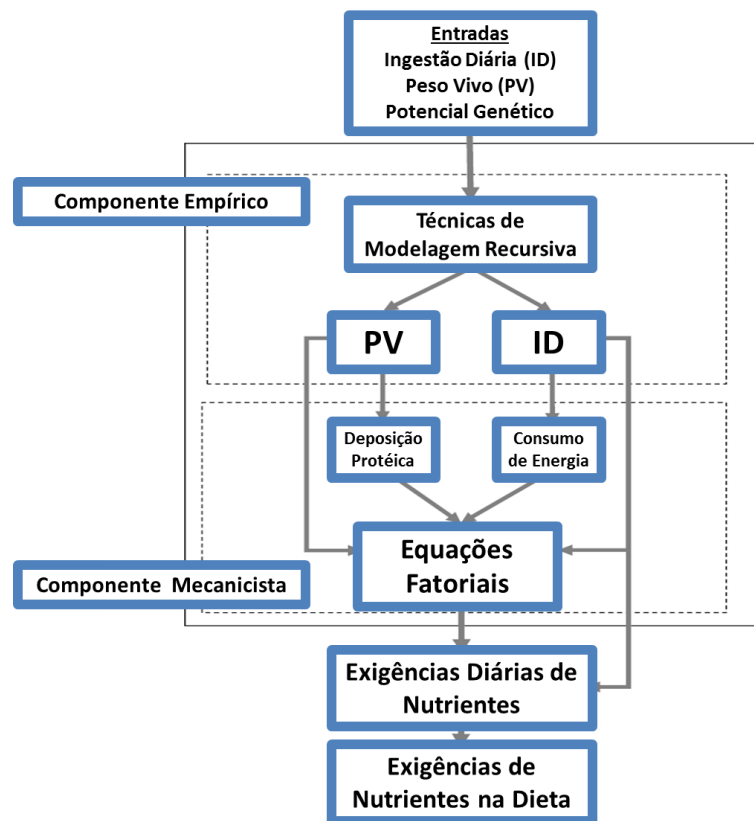


Figura 2 – Representação geral do modelo com os componentes, empírico e mecanicista, utilizados para estimar as exigências nutricionais diárias para cada indivíduo, a partir de uma população de suínos de acordo com seu crescimento real e os padrões de consumo de ração.

### 1.3.1 Componente empírico do modelo

O componente empírico do modelo é utilizado para estimar CDR, PV e GPD no correr dos dias, baseando-se na informação medida em cada indivíduo até o momento  $t + 1$ . Tempo  $t$  é o dia em que a última medida de ingestão de alimentos e peso foi tomada. O objetivo é seguir em tempo real, consumo médio de ração e a trajetória de PV de cada suíno da população. Variações de curto prazo ao longo do tempo e quedas temporárias de desempenho não são levados em consideração neste modelo. Pode ser calculada da seguinte forma:

$$CR_{t+m} = b_0 + b_1 t + m'$$

Onde: CR consumo de ração,  $m$  número de dias à frente,  $b_0$  intersecção da previsão e  $b_1$  é a inclinação da previsão. Uma equação semelhante é utilizada para

estimar o  $PV_{t+m}$ . Com base na estimativa de PV o GPD para um intervalo m de dias é estimado da seguinte forma:

$$GPD_{t+m} = \frac{PV_{t+m} - PV_t}{m}$$

O PV pode ser estimado para um dia a frente ou mais ( $t+2, \dots, t+7, \text{etc}$ ), utilizando o seguinte cálculo:

$$PV_{t+m} = PV_t + GPD_{t+m}$$

### 1.3.2 Componente mecanicista do modelo

O componente mecanicista do modelo é utilizado para estimar as exigências para o dia atual de AA e suas concentrações ideais na dieta de cada suíno do rebanho. Estes valores são calculados com base nos valores de CR, PV e GPD estimados pelo componente empírico do modelo.

A ingestão de energia líquida (EL) para o dia é calculada pelo produto entre a densidade de energia da dieta e o consumo de ração, como a seguir:

$$EL_{T+1} = CR_{t+1} * EL_{\text{ração}}$$

Na estimativa em tempo real de GPD, a partição de lipídio e proteína não é conhecida. Portanto, assume-se que a deposição de proteína (DP) é uma proporção constante do ganho de peso (DP/GPD), tal como sugerido por SCHINCKEL e DE LANGE (1996):

$$DP_{t+1} = GPD_{t+m} * DP/GPD$$

Este valor de DP / GPD pode, entretanto, ser ajustado de acordo com o sexo, genótipo e outros fatores conhecidos.

Necessidades diárias de proteína e AA são estimadas pela soma das exigências de manutenção ( $EXM_{aa}$ ) e as exigências de crescimento. As exigências de manutenção para cada AA incluem as perdas endógenas ( $Bend_{aa}$ ), as perdas de tegumentos ( $Teg_{aa}$ ) e o turnover proteico ( $TP_{aa}$ ). As perdas endógenas são caracterizadas por um parâmetro específico que é proporcional ao consumo como sugerido por NOBLET et al., (2002). Para estimar  $TP_{aa}$  um parâmetro específico para cada AA é multiplicado por  $PV^{0,75}$  (MOUGHAN, 1999). Perdas de  $Teg_{aa}$  são

estimadas da mesma forma, com parâmetros propostos por MOUGHAN (1999). Por conseguinte, a  $EXM_{aa}$  é calculada como a seguir:

$$\text{Perdas de tegumento (mg*d}^{-1}\text{)} = \text{Teg}_{aa} * \text{PV}^{0,75}$$

$$\text{Turnover proteico (mg*d}^{-1}\text{)} = \text{Teg}_{aa} * \text{PV}^{0,75}$$

$$EXM_{aa}(g) = \text{Bend}_{aa} * \text{CR} + (\text{TEG}_{aa} * \text{PV}^{0,75}) / 1,00 + (\text{TP}_{aa} * \text{PV}^{0,75}) / 1000$$

A exigência de lisina digestível (LisDC) para crescimento é estimada da seguinte forma:

$$\text{LisDC}_{t+1}(g) = (\text{DP}_{t+1} * \text{Lis}_{\text{Conc}}) / \text{Ef}_{\text{Lis}}$$

Onde  $\text{Lis}_{\text{Conc}}$  é a proporção de lisina na DP e  $\text{Ef}_{\text{Lis}}$  é a eficiência de utilização da lisina para retenção de proteína.

As exigências de proteína e demais AA são estimadas em relação à LisDC de acordo com um perfil de AA ideal. Finalmente, as concentrações alimentares ideais destes nutrientes são calculadas dividindo a soma das exigências de manutenção e crescimento pela ingestão de energia.

*De acordo com HAUSCHILD et al., (2012),...*

*Para o funcionamento básico deste modelo são necessárias ao menos sete medições diárias subsequentes de consumo do animal e um mínimo de duas medições de PV para começar a previsão de consumo de ração, ganho de peso e exigências nutricionais do suíno. O componente empírico do modelo usa os dados para ter uma estimativa para o dia atual de CR, PV e GPD. Estes valores previstos são então utilizados pelo componente mecanicista do modelo para estimar a exigência em LisDC e demais AA, bem como a concentração ideal desses nutrientes na dieta do animal para o dia atual.*

## 1.4 Excreção de nitrogênio

Os métodos de formulação de dietas de menor custo geralmente usados pela indústria tentam minimizar o custo da mistura da dieta e maximizar as respostas dos animais (SAUVANT, 1994), sem considerar as consequências do excesso de nutrientes excretados no meio-ambiente (PATIENCE et al., 1995). Assim, a fórmula de uma dieta pode ser nutricionalmente adequada e economicamente ideal, mas

ainda pode fornecer altos níveis de nutrientes indisponíveis. As características físico-químicas dos dejetos estão associadas ao sistema de manejo dos animais e aos aspectos quantitativos e qualitativos das rações usadas. O nitrogênio excretado pelos suínos corresponde à parte do nitrogênio alimentar que não ficou retido na forma de proteína corporal (suínos em crescimento) ou exportado do animal sob forma de leite (porcas em lactação). Destacam-se dois componentes principais:

- A fração de nitrogênio não digerida e eliminada nas fezes, principalmente na forma de proteína vegetal e bacteriana. A importância relativa desta fração comparada a quantidade ingerida, depende essencialmente da digestibilidade das proteínas e do tipo de alimentação, especialmente das matérias-primas que a constitui;

- A fração excretada pela urina, em grande parte sob a forma de ureia. Esta é gerada por oxidação dos AA não utilizados na síntese proteica. Esta fração depende da boa adequação qualitativa e quantitativa do consumo de proteína em função das exigências nutricionais do animal.

Um suíno em terminação mantido em condições de termoneutralidade ambiental e de alimentação adequada, excreta em média o equivalente a 15 à 20% do N ingerido nas fezes e 45 à 50% na urina, ou seja um total de 60 à 70% da quantidade de nitrogênio ingerida (DOURMAD, 1999). O consumo de altos níveis de proteína na dieta aumenta o consumo de água, elevando o volume de urina e as concentrações de ureia e amônia. Além disso, esse maior consumo de nitrogênio e, conseqüentemente, água, aumenta o volume e a excreção de nitrogênio nas fezes (NONES et al., 1999).

O custo elevado das matérias-primas, o uso de recursos não renováveis de fosfatos e o aumento da poluição ambiental resultante do excesso de aplicação de dejetos no meio ambiente têm sido considerados os principais problemas na produção animal. A alimentação de precisão tem como proposta melhorar a utilização do nitrogênio, fósforo e outros nutrientes na dieta, reduzindo assim o custo da alimentação animal e a excreção de nutrientes no meio ambiente.

Para alcançar a redução na excreção de nutrientes é necessário ajustar a oferta de nutrientes dos alimentos às exigências dos animais. Estudos conduzidos no Canadá demonstraram que é possível reduzir a excreção de nitrogênio e fósforo utilizando somente uma alimentação multifases com ajustes diários (POMAR et al.,

2007). A alimentação ajustada a cada animal em tempo real pode reduzir a proteína e o fósforo utilizados nas dietas atualmente.



## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Material e métodos**

O estudo foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Jaboticabal, São Paulo.

#### **2.1.1 Local e instalações**

Este estudo foi dividido em duas fases para avaliar os diferentes programas nutricionais. Durante a primeira fase experimental os animais foram alojados em baias de 2,55 m<sup>2</sup> cada, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros do tipo chupeta.

Para a segunda fase foram utilizadas 12 gaiolas metabólicas com área útil total de 0,65 m<sup>2</sup> ajustáveis lateral e longitudinalmente ao tamanho do animal. Na parte anterior cada gaiola possuía um comedouro e um bebedouro tipo chupeta. As gaiolas eram equipadas na parte inferior por dois coletores um destinado à urina e o outro para as fezes. O galpão experimental possuía cortinas laterais, manta isolante térmica no teto e ventilador com aspersão de água que permitia o controle interno da temperatura.

#### **2.1.2 Animais**

Para a primeira fase foram utilizados 20 suínos machos castrados de mesmo genótipo, com capacidade para alta deposição de carne magra e com peso vivo médio inicial de 25 kg. Para a segunda fase experimental foram utilizados 12 suínos

provenientes da primeira fase, sendo seis de cada programa, os quais continuaram no programa que faziam parte anteriormente. Estes suínos apresentavam um peso vivo médio inicial de 48 kg nesta fase.

### 2.1.3 Delineamento experimental

Para ambas as fases do experimento se utilizou o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos constando de diferentes programas nutricionais (Programa Nutricional Individual e Diário - PID e Programa em Grupo por Fases - PGF). Sendo que na primeira fase experimental cada tratamento foi constituído de 10 repetições com um animal por unidade experimental. Na segunda fase experimental cada tratamento foi constituído de seis repetições com um animal por unidade experimental.

No PID foi utilizado o modelo proposto por HAUSCHILD et al., (2012) para estabelecer o programa nutricional. No PGF foi utilizado o modelo InraPorc para estabelecer as dietas de acordo com as exigências da linhagem utilizada.

### 2.1.4 Dietas

*Programa nutricional individual e diário – PID.* Foram utilizadas duas pré-misturas neste tratamento, as pré-misturas A e B (Tabela 1), que são diferentes na concentração nutricional. As pré-misturas A e B foram combinadas de acordo com o método de formulação desenvolvido por LETOURNEAU MONTMINY et al., (2005). As dietas pré-misturas foram formuladas utilizando o programa de formulação de rações Super Crac (SUPER CRAC, 2006). A pré-mistura A foi formulada para atender as exigências dos animais no início do período de crescimento e a B no final. As exigências em Ca e P foram estimadas de acordo com JONDREVILLE & DOURMAD, (2005).

A mistura das duas dietas para atender as exigências de cada dia e animal foi feita em misturador tipo “Y”. As exigências nutricionais (aminoácidos) para cada indivíduo a cada dia foram estimadas utilizando o modelo proposto por (HAUSCHILD et al., 2012).

*Programa em grupo por fases - PGF.* Nesse tratamento, assim como no anterior, as dietas foram formuladas com o auxílio do programa de formulação de rações Super Crac (SUPER CRAC, 2006). Para todo o período experimental as exigências nutricionais foram estimadas com base no perfil da linhagem de suínos utilizada. Para determinar o programa de dietas foi utilizado o auxílio do software InraPorc (INRAPORC, 2006). O InraPorc permite avaliar a utilização dos nutrientes pelo animal e seus efeitos usando diferentes estratégias nutricionais. Este programa relaciona a ingestão do alimento ao potencial de crescimento do animal. O metabolismo dos nutrientes baseia-se nos conceitos de energia líquida e proteína ideal. Para todo o período experimental foram estimadas as exigências nutricionais para esse tratamento e uma única dieta foi utilizada (Tabela 1).

Para ambos os tratamentos as rações foram compostas basicamente por milho, farelo de soja (45% PB) e farelo de trigo, que teve sua taxa de inclusão fixada em 15% na ração.

Tabela 1 - Composição centesimal e nutricional das dietas para suínos formuladas para compor os tratamentos dos programas nutricionais estudados.

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>RAÇÕES</b>		
	<b>PID - A</b>	<b>PID - B</b>	<b>PGF</b>
Milho	52,800	68,076	52,474
Farelo de Soja (45%)	26,000	13,000	26,739
Trigo Farelo	15,000	15,000	15,000
Óleo de Soja	3,000	2,208	3,000
Fosfato Bicálcico	2,000	1,000	1,700
Sal Comum	0,390	0,300	0,300
Premix Mineral Crescimento	0,300		0,300
Premix Mineral Terminação		0,300	
L-Lisina	0,350	0,100	0,350
DL-Metionina	0,150	0,016	0,150
L-Treonina	0,100		0,150
Triptofano	0,080		
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Nutrientes (%)</b>			
Energia Met. Suínos	3230	3230	3230
Proteína Bruta (PB)	19,000	13,000	19,000
Cálcio	0,590	0,320	0,517
P Disponível	0,440	0,325	0,442
P Digestível	0,380	0,260	0,380
Potássio	0,460	0,370	0,440
Sódio	0,170	0,138	0,173
Cloro	0,280	0,255	0,204
<b>Aminoácidos Digestíveis (%)</b>			
Lisina Digestível	1,160	0,600	1,000
Metionina Digestível	0,450	0,214	0,400
Met+Cis Digestível	0,720	0,433	0,678
Treonina Digestível	0,770	0,434	0,752
Triptofano Digestível	0,280	0,135	0,206
Arginina Digestível	1,140	0,786	1,171
Valina Digestível	0,760	0,555	0,774
Isoleucina Digestível	0,670	0,461	0,686
Leucina Digestível	1,390	1,116	1,414
Histidina Digestível	0,450	0,340	0,458
Fenilalanina Digestível	0,790	0,574	0,814
Fen+Tir Digestível	1,330	0,968	1,369
<b>R\$/kg da Ração</b>	<b>0,87</b>	<b>0,66</b>	<b>0,87</b>

PGF: Programa em Grupo por Fases. PID: Programa Individual Diário.

### 2.1.5 Manejo experimental

Este estudo foi dividido em duas fases para avaliar os diferentes programas nutricionais:

- *Primeira fase experimental:* período em que a curva de consumo e peso vivo dos animais foi determinada. Os animais foram recebidos, distribuídos dentre os dois programas nutricionais e alojados em baias individuais, onde permaneceram por quatro semanas. Esse período foi necessário para calibrar os dois modelos a serem utilizados na definição dos programas alimentares e nutricionais. Para tanto foram coletadas informações de consumo diário de ração e peso vivo a cada sete dias. Os animais receberam as dietas de acordo com seus programas nutricionais, o alimento foi ofertado de forma *ad libitum* com livre acesso a água.

- *Segunda fase experimental:* Nesta fase os animais foram colocados em gaiolas metabólicas para adaptação a contenção durante sete dias antes do início do período de coletas. Da mesma forma que no período anterior, durante a adaptação se mensurou o consumo diário e o peso vivo inicial e final. Após o período de adaptação, as curvas de consumo de cada animal estavam determinadas com base em todo o histórico de informações coletadas anteriormente. Utilizando esse consumo estimado, a ingestão foi controlada com distribuição em três refeições diárias (8:00, 13:00 e 18:00 horas). Os animais tiveram livre acesso a água.

Durante um período de cinco dias foi realizada a coleta total de fezes e urina. As fezes totais foram coletadas diariamente, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a -10 °C. No final do período de coletas as fezes foram homogeneizadas e amostradas por dia e período total, secas em estufa de ventilação forçada (60 °C por 72 horas) e moídas para posteriores análises químicas.

A urina excretada foi drenada para recipientes contendo 25 ml HCL (ácido clorídrico). A cada 12 horas se fez a homogeneização, mensuração do volume de urina e coleta de uma amostra de 5% do volume total para cada dia e para período total. Essas amostras foram conservadas sob refrigeração (2 °C).

O alimento (uma amostra por tratamento), as fezes e a urina (uma amostra por animal) foram analisados para nitrogênio (N) segundo metodologia descrita do

AOAC (AOAC, 1990). O N urinário determinado sobre a matéria natural.

### 2.1.6 Uso de indicador

Foi utilizado óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) na ração na proporção de 2% com a finalidade de indicar o início e fim da passagem do alimento pelo sistema digestivo e, conseqüentemente, da coleta das fezes.

### 2.1.7 Análises estatísticas

A pressuposição de distribuição normal das variáveis estudadas foi analisada utilizando o teste de Shapiro-Wilks. Os dados de desempenho, digestibilidade e balanço de N foram submetidos à análise de variância. As diferenças entre as médias comparadas pelo teste T em nível de significância de 5%. As análises foram realizadas através do programa estatístico MINITAB 15 (2007).

**3 ARTIGO**  
**SISTEMAS INTEGRADOS DE NUTRIÇÃO DE PRECISÃO PARA**  
**SUÍNOS: BALANÇO DE NITROGÊNIO**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na **Revista Ciência Rural**.

## **Sistemas integrados de nutrição de precisão para suínos: balanço de nitrogênio**

### **Integrated systems of nutrition for accuracy of pigs: balance of nitrogen**

#### **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi analisar as respostas de suínos quando submetidos a um programa nutricional estabelecido para cada indivíduo em tempo real com base nos conceitos do sistema proposto por POMAR et al., (2009) e no modelo de HAUSCHILD et al., (2012). Para avaliar o desempenho dos animais foram utilizados 20 suínos machos castrados (peso vivo médio inicial 25 kg), para o ensaio metabólico 12 suínos machos castrados (peso vivo médio inicial de 48 kg), distribuídos em dois tratamentos, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram diferentes programas nutricionais (Programa Nutricional Individual e Diário - PID e Programa em Grupo por Fases - PGF). Os programas foram estabelecidos da seguinte forma: PID seguiu o modelo proposto por HAUSCHILD et al., (2012); no PGF se utilizou o modelo InraPorc para estabelecer as dietas de acordo com as exigências da linhagem. Os dados de desempenho não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os programas nutricionais adotados. Os animais do PID apresentaram uma redução ( $P<0,05$ ) no consumo de Proteína Bruta (PB), Lisina (Lis), Metionina (Met), Treonina (Tre) e Fósforo (Fós) digestíveis. A retenção de nitrogênio não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os programas de alimentação, mas houve diferença ( $P<0,05$ ) para consumo e excreção de nitrogênio. Conclui-se que o modelo é eficiente para ajustar os níveis nutricionais da dieta e reduzir os níveis de N excretados pelos suínos.

**Palavras-chave:** Alimentação, Aminoácidos, Excreção, Níveis nutricionais, Suinocultura.



## ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the responses of pigs when subjected to a nutritional program established for each individual in real time based on the concepts of the proposed system by POMAR et al., (2009) and HAUSCHILD et al., (2012). To evaluate the performance of the animals 20 barrows (average initial weight of 25 kg) were used for the metabolic assay 12 barrows (average initial weight of 48 kg) were divided into two treatments, using a completely randomized design. The treatments were different nutritional programs (Individual and Daily Nutritional Program - PID and by Program Group by Phases-PGP). The programs were set as follows: PID followed by the proposed model HAUSCHILD et al, (2012), PGP was used in the model to establish InraPorc diets according to the requirements of the line. Performance data did not differ ( $P > 0.05$ ) between nutritional programs adopted. The PID animals showed a significant reduction ( $P < 0.05$ ) in the intake of Crude Protein (CP), Lysine (Lys), Methionine (Met) , Threonine (Thr) and phosphorus (Pho) digestible. Nitrogen retention did not differ ( $P > 0.05$ ) between the feeding programs, but significant differences ( $P < 0.05$ ) for consumption and nitrogen excretion. We conclude that the model is effective to adjust the nutrient levels in the diet and reduce the levels of N excreted by pigs.

**Key words:** Amino acids, Nutrition levels, Excretion, Swine production, Feed.

## INTRODUÇÃO

Os métodos de formulação de dietas de menor custo geralmente usados pela indústria tentam minimizar o custo da mistura da dieta e maximizar as respostas dos animais (SAUVANT, 1992), sem considerar as consequências do excesso de nutrientes excretados no meio ambiente (PATIENCE et al., 1995). Assim, a fórmula de uma dieta pode ser nutricionalmente adequada e economicamente ideal, mas ainda pode fornecer altos níveis de nutrientes indisponíveis. As características físico-químicas dos dejetos estão associadas ao sistema de manejo dos animais e aos aspectos quantitativos e qualitativos das rações usadas. O nitrogênio excretado pelos suínos corresponde à parte do nitrogênio alimentar que não ficou retido, se destacando dois componentes principais:

- A fração de nitrogênio não digerida e eliminada nas fezes, principalmente na forma de proteína vegetal e bacteriana. A importância relativa desta fração comparada a quantidade ingerida, depende essencialmente da digestibilidade das proteínas e do tipo de alimentação, especialmente das matérias-primas que a constitui;

- A fração excretada pela urina, em grande parte sob a forma de ureia. Esta é gerada por oxidação dos aminoácidos (AA) não utilizados na síntese proteica. Esta fração depende da boa adequação qualitativa e quantitativa do consumo de proteína em função das exigências nutricionais do animal.

A alimentação de precisão tem como proposta melhorar a utilização do nitrogênio, fósforo e outros nutrientes na dieta, reduzindo assim o custo da alimentação animal e a excreção de nutrientes no meio ambiente. O ajuste da oferta de nutrientes dos alimentos às exigências nutricionais dos animais melhora a eficiência alimentar. Nas condições de produção, as exigências nutricionais são estimadas pelos métodos empírico e fatorial. No empírico, as exigências são aquelas para maximizar ou minimizar um ou vários parâmetros de desempenho. No fatorial, as exigências são estimadas pela soma das exigências para

manutenção e produção. Esses dois métodos são deterministas, estáticos e não consideram a variabilidade inter e intra-animais.

Um novo sistema de alimentação de precisão, que consiste em fornecer um alimento específico para cada indivíduo em tempo real, foi proposto para considerar essa variabilidade animal (POMAR et al., 2009). Esse sistema consiste de uma determinação precisa do valor nutritivo dos alimentos, das exigências nutricionais dos animais e um método de formulação de dietas que ajuste de forma concomitante a oferta de nutrientes a exigência dos animais. Esse ajuste concomitante requer um modelo matemático capaz de estimar as exigências de cada indivíduo em tempo real. Uma primeira versão do modelo foi proposta (HAUSCHILD et al., 2012), contudo ainda não foi validada.

Em seu artigo HAUSCHILD et al., (2012) propôs um modelo matemático utilizado para estimar as exigências e a concentração ideal em AA para suínos nas fases de crescimento e terminação, sendo estas estimadas de forma individual e diária. O modelo inclui os componentes empírico e mecanicista. O componente empírico estima o consumo diário de ração (CDR), peso vivo (PV) e ganho de peso diário (GPD), com base em informações coletadas de forma individual e em tempo real da população de suínos, formando assim um histórico individual do animal. Baseado nas estimativas de CDR, PV e GPD, o componente mecanicista utiliza equações fatoriais para estimar a concentração ideal de AA que deve ser ofertado na dieta de cada suíno para satisfazer suas exigências nutricionais.

O objetivo deste estudo foi analisar desempenho e balanço de nitrogênio de suínos quando submetidos a um programa nutricional estabelecido para cada indivíduo em tempo real com base nos conceitos do sistema proposto por POMAR et al., (2009) e no modelo de HAUSCHILD et al., (2012).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Jaboticabal, São Paulo. Foram utilizados suínos machos castrados de mesmo genótipo, com capacidade para alta deposição de carne magra. Para a fase de desempenho se utilizou 20 animais e para o ensaio metabólico 12, com peso vivo médio inicial de 23 e 48 kg, respectivamente.

Durante a fase experimental de desempenho os animais foram alojados individualmente em baias de 2,55 m<sup>2</sup> cada, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta. Para o ensaio metabólico os animais foram alojados em 12 gaiolas metabólicas com área útil total de 0,65 m<sup>2</sup> ajustáveis lateral e longitudinalmente ao tamanho do animal. Na parte anterior cada gaiola possuía um comedouro e um bebedouro tipo chupeta. As gaiolas eram equipadas na parte inferior por dois coletores um destinado à urina e o outro para as fezes. O galpão experimental possuía sistema de controle interno da temperatura.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos constando de diferentes programas nutricionais (Programa Nutricional Individual e Diário - PID e Programa em Grupo por Fases - PGF). Sendo que cada tratamento foi constituído por 10 repetições para desempenho e seis para o ensaio metabólico, em ambos cada animal era uma unidade experimental. Os programas nutricionais foram estabelecidos da seguinte forma: PID seguiu o modelo proposto por HAUSCHILD et al., (2012); no PGF se utilizou o modelo InraPorc para estabelecer as dietas de acordo com as exigências da linhagem.

*Programa nutricional individual e diário – PID.* Foram utilizadas duas pré-misturas neste tratamento, as pré-misturas A e B (Tabela 1), que são diferentes na concentração nutricional. As pré-misturas A e B foram combinadas de acordo com o método de formulação desenvolvido por LETOURNEAU MONTMINY et al., (2005). As dietas pré-misturas foram

formuladas utilizando o programa de formulação de rações Super Crac. A pré-mistura A foi formulada para atender as exigências dos animais no início do período de crescimento e a B no final. As exigências em Ca e P foram estimadas de acordo com JONDREVILLE & DOURMAD, (2005).

A mistura das duas dietas para atender as exigências de cada dia e animal foi feita em misturador tipo “Y”. As exigências nutricionais (aminoácidos) para cada indivíduo a cada dia foram estimadas utilizando o modelo proposto por (HAUSCHILD et al., 2012).

*Programa em grupo por fases - PGF.* Nesse tratamento, assim como no anterior, as dietas foram formuladas com o auxílio do programa de formulação de rações Super Crac. Para todo o período experimental as exigências nutricionais foram estimadas com base no perfil da linhagem de suínos utilizada. Para determinar o programa de dietas foi utilizado o auxílio do software InraPorc (INRAPORC, 2006). O InraPorc permite avaliar a utilização dos nutrientes pelo animal e seus efeitos usando diferentes estratégias nutricionais. Este programa relaciona a ingestão do alimento ao potencial de crescimento do animal. O metabolismo dos nutrientes baseia-se nos conceitos de energia líquida e proteína ideal. Para todo o período experimental foram estimadas as exigências nutricionais para esse tratamento e uma única dieta foi utilizada (Tabela 1).

Para ambos os tratamentos as rações foram compostas basicamente por milho, farelo de soja (45% PB) e trigo, que teve sua taxa de inclusão fixada em 15% na ração.

Durante todo o período experimental se mensurou consumo (diariamente) e peso vivo dos animais (semanalmente). Todos estes dados serviam para formar o histórico do animal utilizado pelo modelo para estimar as exigências nutricionais e a concentração ideal de aminoácidos na dieta de cada suíno.

No ensaio metabólico durante um período de cinco dias foi realizada a coleta total de fezes e urina. Foi utilizado óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) na ração na proporção de 2% com a

finalidade de indicar o início e fim da passagem do alimento pelo sistema digestivo e, conseqüentemente, da coleta das fezes. Foi realizada coleta total de fezes e urina. O alimento (uma amostra por tratamento), as fezes e a urina (uma amostra por animal) foram analisados para nitrogênio (N) segundo metodologia descrita do AOAC (AOAC, 1990). O N urinário determinado sobre a matéria natural.

A pressuposição de distribuição normal das variáveis estudadas foi analisada utilizando o teste de Shapiro-Wilks. Os dados obtidos no ensaio metabólico foram submetidos à análise de variância. As diferenças entre as médias comparadas pelo teste T em nível de significância de 5%. As análises foram realizadas através do programa estatístico MINITAB 15 (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de peso vivo, ganho de peso, consumo e conversão alimentar, para o período experimental, são apresentados na tabela 2. Os dados de desempenho não diferiram ( $P>0,05$ ) entre os programas nutricionais adotados, Programa Individual e Diário e Programa em Grupo por Fases. No entanto, conforme consta na tabela 3, os animais do PID apresentaram uma redução ( $P<0,05$ ) no consumo de PB, Lisina (Lis), Metionina (Met) e Fósforo (Fós) digestíveis.

Uma das maneiras de reduzir a quantidade de N nos dejetos é reduzindo a quantidade de proteína da dieta. A ingestão de PB pelos suínos do PID chegou a ser na média 14,50% menor que o consumo apresentado pelos animais do PGF. O consumo de Lis, Met e Fós mostrou uma redução de 12,23%, 28,26% e 14,29%, respectivamente, para os animais do PID. Estes resultados estão de acordo com as estimativas de redução da ingestão de nutrientes proposto por este programa, que visa fornecer somente as exigências dos animais. Segundo POMAR et al., (2007), os resultados da aplicação da nutrição de precisão individual e em tempo real durante as fases de crescimento e terminação mostram que é possível alcançar uma redução de até 40% nos teores de proteína e fósforo das dietas.

No sistema industrial de produção de suínos o custo de alimentação representa aproximadamente 60% dos custos totais. Com a formulação de dietas mais precisas e adequadas a cada condição individual dos animais há uma redução dos custos, devido à redução nos teores de nutrientes excedentes na dieta. Somado a isso se tem as vantagens ambientais dessas dietas ajustadas às necessidades dos animais devido a redução na excreção de nutrientes como nitrogênio no meio ambiente.

O balanço do nitrogênio é apresentado na tabela 4. Houve diferença ( $P<0,05$ ) entre os programas de alimentação nos parâmetros avaliados. A retenção de nitrogênio não diferiu ( $P>0,05$ ) entre os programas de alimentação, mas houve diferença ( $P<0,05$ ) para consumo e

excreção de nitrogênio. Os animais do PGF tiveram uma ingestão de nitrogênio 14,29% maior. O PID reduziu 29,48% da excreção de nitrogênio na urina, 20,58% da excreção fecal e 14,29% da ingestão de nitrogênio.

Estudos realizados ao longo dos anos vêm demonstrando que o fornecimento de rações com teores mais baixos de proteína é uma forma eficiente de reduzir a concentração de N das fezes e urina (KERR et al., 1995; LE BELLEGO et al., 2001; FIGUEROA et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007). Porém, em alguns trabalhos os valores de retenção de N foram prejudicados por essa redução nos níveis de proteína bruta (OTTO et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2007) diferente dos resultados obtidos neste estudo onde os valores de retenção de N não foram afetados pela redução do teor de PB na dieta. Este resultado pode ser explicado pelo fato dos suínos não possuírem uma exigência para proteína, mas sim para níveis apropriados e balanço individual de aminoácidos.

O balanço nos quais os aminoácidos são suplementados nas rações diferem grandemente do balanço em que eles são exigidos para um ótimo desempenho animal. No modelo matemático de HAUSCHILD et al., (2012) utilizado, as exigências e a concentração ideal em AA para suínos nas fases de crescimento e terminação, são estimadas de forma individual e diária. Por tanto, os animais têm suas exigências supridas, não havendo aminoácido deficiente que limite a deposição proteica, sem redução da retenção de N.



## CONCLUSÃO

Conclui-se que, o desempenho dos suínos não é alterado pela redução dos níveis nutricionais da dieta devido aos ajustes entre exigido e fornecido. O modelo consegue reduzir os níveis de Proteína Bruta, Lisina Digestível, Metionina Digestível, Treonina Digestível e Fósforo Digestível fornecidos. O modelo se mostra eficiente ao reduzir a excreção de Nitrogênio nas fezes e urina sem afetar a retenção de Nitrogênio pelos suínos.

## REFERÊNCIAS

- AOAC. **Official Methods of Analysis (15 Ed.)**. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990. p.v.
- FIGUEROA, J.L. et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn soybean meal diets or low-crude protein, amino acid supplemented diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.11, p.2911-2919. 2002.
- HAUSCHILD, L. et al. Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual energy and nutrient requirements in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, In Press. 2012.
- INRAPORC. Un outil pour évaluer des stratégies alimentaires chez le porc. 1.0.4.0. 2006.
- JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J.-Y. Le phosphore dans la nutrition des porcs. **INRA Production Animal**, v.18, p.183-192. 2005.
- KERR, B.J. et al. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**. v.73, n.10, p.3000-3008. 1995.

LE BELLEGO, L. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**. v.79, n.5, p.1259-1271. 2001.

LETOURNEAU MONTMINY, M. P. et al. Impact de la méthode de formulation et du nombre de phases d'alimentation sur le coût d'alimentation et les rejets d'azote et de phosphore chez le porc charcutier. In: Journées Recherche Porcine, 2005, Paris. **Anais**. Paris:Inra, 2005. p 22-35.

MINITAB. **Minitab Inc**. Versão 15. 1. 2007.

OLIVEIRA, V. et al. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v.13, n.2, p.257-260. 2007.

OTTO, E.R. et al. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal of Animal Science**, v.81, n.7, p.1743-1753. 2003.

PATIENCE, J. F. et al., **Swine nutrition guide**. Saskatoon, Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan, Prairie Swine Center, 1995. p.v.

POMAR, C. et al., Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.226-237. 2009.

POMAR, C. et al. Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. **Livestock Science**, v.111, p.16-27. 2007.

SAUVANT, D. Systematic modelling in nutrition. **Reproduction Nutrition Development**, v.32, p.217-230, 1992.

Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional das dietas para suínos utilizadas nos programas nutricionais.

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>RAÇÕES</b>		
	<b>PID - A</b>	<b>PID - B</b>	<b>PGF</b>
Milho	52,800	68,076	52,474
Farelo de Soja (45%)	26,000	13,000	26,739
Trigo Farelo	15,000	15,000	15,000
Óleo de Soja	3,000	2,208	3,000
Fosfato Bicálcico	2,000	1,000	1,700
Sal Comum	0,390	0,300	0,300
Premix Mineral Crescimento	0,300		0,300
Premix Mineral Terminação		0,300	
L-Lisina	0,350	0,100	0,350
DL-Metionina	0,150	0,016	0,150
L-Treonina	0,100		0,150
Triptofano	0,080		
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Nutrientes (%)</b>			
Energia Met. Suínos	3230	3230	3230
Proteína Bruta (PB)	19,000	13,000	19,000
Cálcio	0,590	0,320	0,517
P Disponível	0,440	0,325	0,442
P Digestível	0,380	0,260	0,380
Potássio	0,460	0,370	0,440
Sódio	0,170	0,138	0,173
Cloro	0,280	0,255	0,204
<b>Aminoácidos Digestíveis (%)</b>			
Lisina Digestível	1,160	0,600	1,000
Metionina Digestível	0,450	0,214	0,400
Met+Cis Digestível	0,720	0,433	0,678
Treonina Digestível	0,770	0,434	0,752
Triptofano Digestível	0,280	0,135	0,206
Arginina Digestível	1,140	0,786	1,171
Valina Digestível	0,760	0,555	0,774
Isoleucina Digestível	0,670	0,461	0,686
Leucina Digestível	1,390	1,116	1,414
Histidina Digestível	0,450	0,340	0,458
Fenilalanina Digestível	0,790	0,574	0,814
Fen+Tir Digestível	1,330	0,968	1,369
<b>R\$/kg da Ração</b>	<b>0,87</b>	<b>0,66</b>	<b>0,87</b>

PGF: Programa em Grupo por Fases.

PID: Programa Individual Diário.

Tabela 2 – Desempenho de suínos submetidos a dois programas nutricionais, PGF (Programa em Grupo por Fases) e PID (Programa Individual e Diário).

Tratamentos	Consumo médio diário, kg				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
<b>PGF</b>	1,513	1,927	2,223	2,328	1,998
<b>PID</b>	1,445	1,732	2,053	2,189	1,855
<b>P</b>	0,553	0,237	0,141	0,160	0,153
	Peso vivo, kg				
	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Final
<b>PGF</b>	25,020	30,940	37,170	44,200	48,040
<b>PID</b>	25,140	31,000	36,210	42,990	46,830
<b>P</b>	0,797	0,972	0,674	0,597	0,599
	Ganho médio diário, kg				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
<b>PGF</b>	0,871	0,890	1,004	0,960	0,996
<b>PID</b>	0,829	0,744	0,969	0,960	0,947
<b>P</b>	0,394	0,216	0,439	1,000	0,457
	Conversão alimentar				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
<b>PGF</b>	1,78	2,24	2,30	2,79	2,18
<b>PID</b>	1,70	2,53	2,25	2,33	2,12
<b>P</b>	0,990	0,532	0,556	0,378	0,757
	Eficiência alimentar, %				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
<b>PGF</b>	59,6	47,6	44,9	41,7	55,5
<b>PID</b>	57,2	48,3	46,3	44,8	55,4
<b>P</b>	0,765	0,532	0,415	0,429	0,983

*PGF: Programa em Grupo por Fases.*

*PID: Programa Individual Diário.*

*P: nível de significância à 5%.*

Tabela 3 - Ingestão de Proteína Bruta (PB), Lisina Digestível (Lis), Metionina Digestível (Met), Treonina Digestível (Tre) e Fósforo Digestível (Fós) pelos suínos submetidos a dois programas nutricionais (g/dia).

Tratamentos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Média
<b>Consumo de PB, g/dia</b>					
<b>PGF</b>	395,54	436,32	390,95	358,08	395,22
<b>PID</b>	366,80	342,11	323,91	304,49	337,91
<b>P</b>	0,31	0,02	0,00	0,05	0,02
<b>Consumo de Lisina, g/dia</b>					
<b>PGF</b>	22,34	22,96	21,18	21,17	21,91
<b>PID</b>	19,99	19,64	18,40	18,91	19,23
<b>P</b>	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00
<b>Consumo de Metionina, g/dia</b>					
<b>PGF</b>	8,92	9,94	9,70	8,04	9,15
<b>PID</b>	7,12	6,43	6,20	6,45	6,56
<b>P</b>	0,29	0,04	0,01	0,11	0,07
<b>Consumo de Treonina, g/dia</b>					
<b>PGF</b>	15,00	16,12	13,63	13,14	14,47
<b>PID</b>	13,71	12,54	11,94	11,88	12,59
<b>P</b>	0,42	0,01	0,11	0,10	0,10
<b>Consumo de Fósforo, g/dia</b>					
<b>PGF</b>	10,01	10,15	9,36	8,71	9,46
<b>PID</b>	8,79	8,27	7,81	7,17	8,11
<b>P</b>	0,12	0,02	0,00	0,01	0,01

*PGF: Programa em Grupo por Fases.*

*PID: Programa Individual Diário.*

*P: nível de significância à 5%.*

Tabela 4 – Balanço de Nitrogênio de suínos submetidos a dois programas nutricionais.

<b>Tratamentos</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 5</b>	<b>Média</b>
<b>Nitrogênio ingerido por dia, g</b>						
<b>PGF</b>	55,40	55,81	55,02	54,44	59,31	56,00
<b>PID</b>	46,73	47,27	47,46	48,00	48,02	48,00
<b>P</b>	0,06	0,09	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>Total de Nitrogênio retido por dia, g</b>						
<b>PGF</b>	30,38	29,03	28,43	28,55	22,89	27,86
<b>PID</b>	29,92	27,13	27,51	27,99	24,02	27,31
<b>P</b>	0,87	0,22	0,72	0,74	0,58	0,73
<b>Nitrogênio excretado nas fezes por dia, g</b>						
<b>PGF</b>	5,69	7,84	7,95	8,64	11,66	8,36
<b>PID</b>	3,13	6,93	5,96	6,71	10,46	6,64
<b>P</b>	0,18	0,27	0,07	0,05	0,40	0,06
<b>Nitrogênio excretado na urina por dia, g</b>						
<b>PGF</b>	16,97	18,53	19,42	17,84	19,90	18,53
<b>PID</b>	12,85	12,63	13,75	12,69	13,43	13,07
<b>P</b>	0,00	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
<b>Total de Nitrogênio excretado por dia, g</b>						
<b>PGF</b>	22,67	26,37	27,38	26,48	31,56	26,89
<b>PID</b>	15,98	19,55	19,71	19,40	23,89	19,71
<b>P</b>	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01

*PGF: Programa em Grupo por Fases.*

*PID: Programa Individual Diário.*

*P: nível de significância à 5%.*

## 4 DISCUSSÃO GERAL

Os resultados obtidos com este estudo mostraram que o desempenho dos animais (Tabela 2) não diferiu ( $P > 0,05$ ) entre os programas nutricionais testados. Entretanto, os animais receberam em suas dietas diferentes aportes nutricionais, no programa nutricional PID a quantidade de nutrientes fornecida foi menor (Tabela 3). Isso devido ao modelo matemático (HAUSCHILD et al., 2012) para estimar exigências e formular rações que traz uma abordagem diferente do sistema atual. Esse modelo consegue estimar as exigências e a concentração ideal em aminoácidos (AA) para suínos nas fases de crescimento e terminação, sendo estas calculadas de forma individual e diária. A nutrição de precisão visa considerar aspectos da variabilidade individual como: genética, idade, peso, resposta ao ambiente em que o animal se encontra. Cada animal reage de diferente maneira a esses efeitos o que pode aumentar a variabilidade entre os animais (WELLOCK et al., 2004).

Enquanto os animais do PGF receberam maior aporte de nutrientes na dieta. De acordo com JEAN DID BAILLEUL et al., (2000) isso ocorre porque, a fim de maximizar a resposta da população como ganho de peso, por exemplo, os requerimentos nutricionais dessa população são baseados nos animais mais exigentes, assim a maioria dos suínos acaba consumindo nutrientes acima de suas necessidades reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta. Nesse sistema, a variação entre animais de uma população não tem sido considerada na interpretação dos resultados de produção e no processo de tomada de decisão (KNAP, 1995).

A alimentação de precisão tem como proposta melhorar a utilização do nitrogênio, fósforo e outros nutrientes na dieta, reduzindo assim o custo da alimentação animal e a excreção de nutrientes no meio ambiente. O ajuste da oferta de nutrientes dos alimentos às exigências nutricionais dos animais melhora a eficiência alimentar.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de consumo de: PB, Lis, Met, Tre e Fós para os dois programas nutricionais. Na primeira semana os consumos de PB, Met, Tre e Fós não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os programas nutricionais. De acordo

com ROSTAGNO et al., (2011), os suínos têm menor capacidade de ingestão aos 63 dias de idade se comparados com o consumo apresentado aos 84 dias, por isso, nesta fase a concentração de nutrientes da dieta deve ser maior para atender as necessidades dos animais. Com o aumento da capacidade de ingestão ao decorrer dos dias esta concentração nutricional vai se diluindo no PID, pois ele acompanha o consumo individual de cada suíno, além de visar o fornecimento dos requerimentos de forma individual e em tempo real (HAUSCHILD et al., 2010).

Os valores de consumo de PB, Lis, Met, Tre e Fós para os animais do PID na média foram 14,50%, 12,23%, 28,26%, 12,98% e 14,29% menores que os valores do PGF. Segundo POMAR et al., (2007), os resultados da aplicação da nutrição de precisão individual e em tempo real durante as fases de crescimento e terminação mostram que é possível alcançar uma redução de até 40% nos teores de PB e fósforo das dietas.

Na figura 3 são apresentados os consumos observado (consumo real do animal) e estimado (consumo baseado no histórico do animal) referente a todo o período experimental (desempenho e ensaio metabólico). Através destes gráficos pode-se observar que este método não consegue acompanhar as quedas de consumo que os animais apresentam, ou seja, ainda é fornecida uma quantidade de ração acima da ingestão apresentada pelo animal.

O Programa Individual Diário demonstrou um menor custo de produção com a redução dos níveis nutricionais das dietas, obtendo uma maior margem bruta por kg (Tabela 5). Dietas com alta concentração de nutrientes, que visam maximizar a resposta de uma população de suínos, estão associadas a um alto custo de alimentação e altos níveis de excreção de nutrientes, dado que todo nutriente não utilizado é eliminado com as fezes e urina. Reduzir os custos da alimentação, da excreção do excedente de nutrientes como o N e o Fós, e o uso de recursos não renováveis é essencial para o desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis (ROTZ, 2004; JONDREVILLE & DOURMAD, 2005).

A excreção de N é afetada principalmente pela quantidade de N ingerida, a disponibilidade metabólica desse nutriente depende do balanço entre a quantidade ofertada na dieta e a exigência do animal (JONGBLOED & LENIS, 1992). O PID conseguiu reduzir ( $P < 0,05$ ) o consumo e a excreção de N sem prejudicar a retenção (Tabela 4). No modelo matemático de HAUSCHILD et al., (2012) utilizado as exigências e a concentração ideal em AA para suínos nas fases de crescimento e



terminação são estimadas de forma individual e diária. Por tanto, os animais têm suas exigências supridas não havendo aminoácido deficiente que limite a deposição proteica, retenção de N.

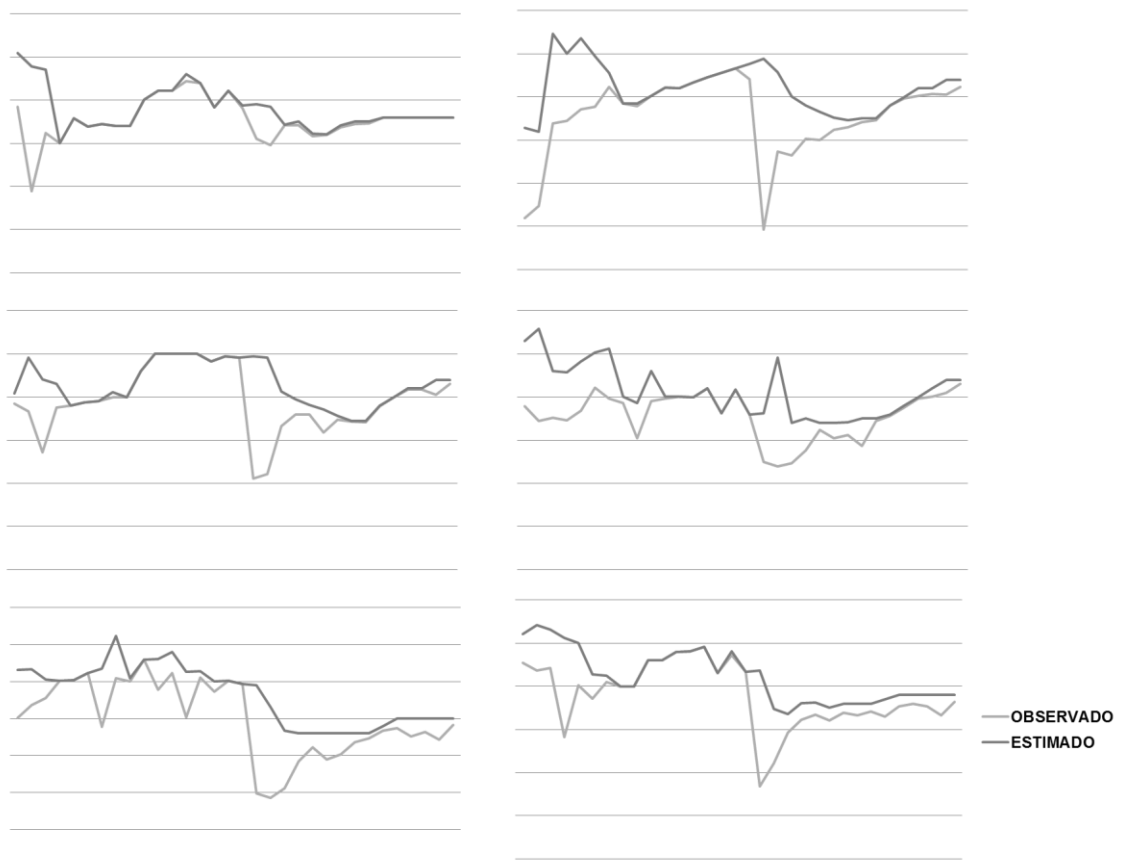


Figura 3 – Representação dos consumos observado e estimado dos suínos do PID (Programa Individual e Diário) desde a fase de desempenho até o ensaio metabólico.

Tabela 5 - Análise econômica de dois programas nutricionais para suínos, PGF (Programa em Grupo por Fases) e PID (Programa Individual e Diário).

<b>Variáveis</b>	<b>PGF</b>	<b>PID</b>
<b>Desempenho</b>		
Ganho peso, kg/dia	0,951	0,915
Conversão Alimentar	2,44	2,37
<b>Análise Econômica</b>		
Custo Alimentar, R\$/kg ganho	1,316	1,208
Custo de Produção, R\$/kg	2,194	2,013
Margem Bruta, R\$/kg	0,806	0,987

## 5 CONCLUSÕES

Conclui-se que, o desempenho dos suínos não é alterado pela redução dos níveis nutricionais da dieta devido aos ajustes entre os requerimentos nutricionais e o fornecido pela dieta.

O modelo consegue reduzir os níveis de Proteína Bruta, Lisina Digestível, Metionina Digestível, Treonina Digestível e Fósforo Digestível fornecidos aos animais.

O modelo se mostra eficiente ao reduzir a excreção de Nitrogênio nas fezes e urina sem afetar a retenção de Nitrogênio pelos suínos.

O Programa Individual Diário reduz o custo de produção e aumenta a margem bruta.

O sistema para estimar o consumo dos animais ainda requer estudos e pesquisas para se tornar mais preciso.

## 6 REFERÊNCIAS

AOAC. **Official Methods of Analysis (15 Ed.)**. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990. p.v.

BLACK, J. L.; CAMPBELL, R. G.; WILLIAMS, I. H. et al. Simulation of energy and amino acid utilisation in the pig. **Research and Development in Agriculture**, v.3, p.121-145, 1986.

DOURMAD, J.-Y **Comment concilier production porcine et protection de l'environnement**. Matrise des pollutions de l'eau: réduction à la source par une meilleure alimentation des porcs. Cemagref, ed. Paris, p. 75-84, 1999.

EFG. Broiler growth model (version 6), Broiler nutrition optimiser (version 1), Pig growth model (version 2) and Pig nutrition optimiser (version 1). 2006.

FULLER, M. F. **The encyclopedia of farm animal production**. Wallingford, Oxon, UK: CABI Pub, 2004. 620 p.v.

FULLER, M. F.; CHAMBERLAIN, A. G. Protein requirements of pigs. In: HARESIGN, W. Protein requirements of pigs. In: HARESIGN, W. **Recent Advances in Animal Nutrition**. ed. London, U.K.: Butterwoths, 1982. p. 175-186.

GREEN, D. M.; WHITTEMORE, C. T. Architecture of a harmonized model of the growing pig for the determination of dietary net energy and protein requirements and of excretions into the environment (IMS Pig). **Animal Science**, v.77, p.113-130, 2003.

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P. A.; POMAR, J. et al. Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual energy and nutrient requirements in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, In Press. 2012.

HAUSCHILD, L.; POMAR, C.; LOVATTO, P. A. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **Animal**, v.4, p.714-723, 2010.

INRAPORC. Un outil pour évaluer des stratégies alimentaires chez le porc. 1.0.4.0. 2006.

JEAN DIT BAILLEUL, P.; BERNIER, J. F.; VAN MILGEN, J. et al. The utilization of prediction models to optimize farm animal production systems: the case of a growing pig model. In: MCNAMARA, J. P. et al. The utilization of prediction models to optimize farm animal production systems: the case of a growing pig model. In: MCNAMARA, J. P. et al. **Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals**. ed. **Wallingford, UK**: CABI International, p. 379-392, 2000.

JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J.Y. Le phosphore dans la nutrition des porcs. **INRA Production Animal**, v.18, p.183-192, 2005.

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

KNAP, P. W. Stochastic simulation of growth in pigs: relations between body composition and maintenance requirements as mediated through protein turn-over and thermoregulation. **Animal Science**, v.71, p.11-30, 2000.

KNAP, P. W. Use of automatic systems for feed consumption control in national programmes for genetic improvements in pigs. In: **Paper 12 presented at the XIV Symp. del Asociacion de Porcinocultura Cientifica (ANAPORC)**, Barcelona, Spain. 1995.

LETOURNEAU MONTMINY, M. P.; BOUCHER, C.; POMAR, C. et al. Impact de la méthode de formulation et du nombre de phases d'alimentation sur le coût d'alimentation et les rejets d'azote et de phosphore chez le porc charcutier. In: Journées Recherche Porcine, 2005, Paris. **Anais**. Paris:Inra, 2005. p 22-35.

MINITAB. **Minitab Inc.** Versão 15. 1. 2007.

MOUGHAN, P. J. 1999. Protein metabolism in the growing pig. Pages 299–332 in *A Quantitative Biology of the Pig*. I. Kyriazakis, ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.

NONES, K.; LIMA, G.J.M.M. DE; BELLAVAR, C.; RUTTZ, F. Efeito da formulação da dieta sobre a quantidade e a composição de dejetos de suínos em crescimento. **Congresso de Veterinários especialistas em Suínos, ABRAVES**, Belo Horizonte, MG, 1999. p. 485-486.

NRC. **Nutrient requirements of swine**. Washington, DC: National Academy of Science, 1998. p.v.

PARSONS, D. J.; GREEN, D. M.; SCHOFIELD, C. P. et al. Real-time Control of Pig Growth through an Integrated Management System. **Biosystems Engineering**, v.96, p.257-266, 2007.

PATIENCE, J. F.; THACKER, P. A.; DE LANGE, C. F. M. **Swine nutrition guide**. Saskatoon, Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan, Prairie Swine Center, 1995. p.v.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G.-H. et al. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.226-237, 2009.

POMAR, C.; DUBEAU, F.; LET OURNEAU MONTMINY, M.-P. et al. Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. **Livestock Science**, v.111, p.16-27, 2007.

POMAR, C.; KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C. et al. Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E178-186, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 186 p.v.

ROTZ, C.A. Management to reduce nitrogen losses in animal production. **Journal of Animal Science**, v.82, p.119-137, 2004.

SAUVANT, D. Systematic modelling in nutrition. **Reproduction Nutrition Development**, v.32, p.217-230, 1992.

SCHINCKEL, A. P.; DE LANGE, C. F. M. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. **Journal of Animal Science**, v.74, p.2021–2036, 1996.

VAN MILGEN, J.; VALANCOGNE, A.; DUBOIS, S. et al. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.387-405, 2008.

WATHES, C. M.; KRISTENSEN, H. H.; AERTS, J. M. et al. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, v.In Press, Corrected Proof, 2008.

WELLOCK, I. J.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2442-2450, 2004.

WHITTEMORE, C. T. Impact of technological innovation in animal nutrition. **Livestock Production Science**, v.72, p.37-42, 2001.