

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS NUTRICIONAIS COM REDUÇÃO
DO NÍVEL DE PROTEÍNA BRUTA E FÓSFORO TOTAL DA
DIETA PARA SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E
TERMINAÇÃO**

ALESSANDRA NARDINA TRICIA RIGO MONTEIRO

Zootecnista – UFPR

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia
Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2014.

CIP - Catalogação na Publicação

Monteiro, Alessandra Nardina Tricia Rigo

Avaliação de programas nutricionais com redução do nível de proteína bruta e fósforo total da dieta para suínos nas fases de crescimento e terminação / Alessandra Nardina Tricia Rigo Monteiro. -- 2013.

78 f.

Orientadora: Alexandre de Mello Kessler.

Coorientadora: Paulo Armando Victória de Oliveira.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. Nutrição Animal. 2. Ajuste de nutrientes da dieta. 3. Exigências nutricionais de suínos. 4. Modelagem. I. Kessler, Alexandre de Mello, orient. II. de Oliveira, Paulo Armando Victória, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ALESSANDRA NARDINA TRICIA RIGO MONTEIRO
Zootecnista

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRA EM ZOOTECNIA

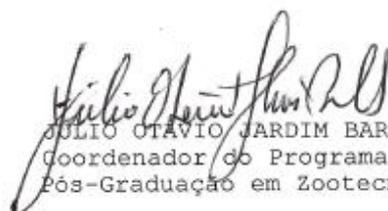
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 27.02.2014
Pela Banca Examinadora

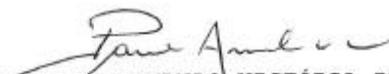
Homologado em: 31.10.2014
Por



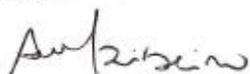
ALEXANDRE DE MELLO KESSLER
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



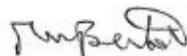
JULIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



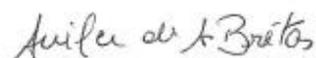
PAULO ARMANDO VICTÓRIA DE OLIVEIRA
Coorientador



ANDRÉA MARCHADO LEAL RIBEIRO
PPG Zootecnia/UFRGS



TERESINHA MARISA BERTOL
EMPRAPE SUÍNOS E AVES/SC



ANILCE DE ARAÚJO BRETAS
UFRGS/RS



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de Agronomia

**“Ou escreves algo que valha a pena ler, ou fazes algo acerca do qual
valha a pena escrever”**

Benjamim Franklin

A minha mãe,

Helena Rigo

Obrigada, mais uma vez, pelo carinho, incentivo, atenção, por ser meu principal exemplo e pela minha formação pessoal e profissional. Essa conquista só foi possível graças à você.

Ao meu pai,

Alexandre Monteiro

Obrigada por ter transmitido a mim o seu amor pela produção animal e por me fazer acreditar que sempre é possível ir mais além - Assim como uma andorinha.

Com carinho, dedico...

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos que oportunizou a realização do mestrado. Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS e ao corpo docente do programa, pela oportunidade e pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

Ao professor Alexandre de Mello Kessler, pesquisador admirável, pela oportunidade de trabalhar sob sua orientação, pelas sugestões sempre muito pertinentes e pelo ensinamentos que, com certeza, me acompanharão por toda a vida.

Aos professores Maitê de Moraes Vieira e Luciano Trevisan, sempre solícitos com as questões relacionadas ao mestrado. Em especial a professora Andréa Machado Leal Ribeiro, pelo auxílio profissional e pessoal em momentos ímpares. Obrigada a todos vocês pela troca de conhecimentos e pela amizade.

Ao Dr. Paulo Armando Victória de Oliveira e à Dra. Teresinha Marisa Bertol, por oportunizarem a execução da parte experimental deste projeto nas instalações da Embrapa Suínos e Aves. Muito obrigada pela convivência, ensinamentos, apoio para condução desse trabalho e, é claro, pela amizade e ajuda incondicional.

Ao Dr. Arlei Coldebella pela sua fundamental contribuição no desenvolvimento da análise estatística deste trabalho. Ao Dr. Jonas Irineu dos Santos Filho, pela colaboração e suporte.

À todos os colegas do Laboratório de Ensino Zootécnico pelo espírito de equipe e conhecimentos compartilhados, particularmente à Camila Marcolla, Fábio Ritter Marx, Geruza Silveira Machado, Giovani Farina, Luciane Bockor, Márcia de Souza Vieira, Patricia Diniz Ebling e Raquel Melchior, pela amizade e cumplicidade.

Ao Marcelo Luiz Somensi, meu grande companheiro, por todo carinho e incansável auxílio e incentivo durante esta jornada.

À equipe da Embrapa Suínos e Aves que auxiliou na execução e condução do experimento: Claudir Ritter, Cleiton Marcos Schuck, Hedo Haupt, Iles Pilonetto, Luis Carlos Ajala, Miguel Klassmann, Neudir Gastmann, Valdir Hegler, Vitor Hugo Grings e Wilson Becker. À Cintia Gauger, pela amizade, parceria, risos e pela ajuda durante a parte experimental deste projeto.

À equipe do Laboratório de Nutrição Animal da UFRGS, Laboratório de Análises Físico Químicas da Embrapa Suínos e Aves e Ajinomoto do Brasil Ind. e Com. de Alimentos Ltda., pelo suporte na execução das análises desta pesquisa.

Ao meu grande idealizador professor Marson Bruck Warpechowski, pela paixão e entusiasmo que tem pela zootecnia; pela amizade, confiança e pelo incentivo durante a graduação e o mestrado, que me instigaram a trilhar o caminho da pesquisa.

De coração, muito obrigada!

AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS NUTRICIONAIS COM REDUÇÃO DO NÍVEL DE PROTEÍNA BRUTA E FÓSFORO TOTAL DA DIETA PARA SUÍNOS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO⁽¹⁾

Autora: Alessandra Nardina Trícia Rigo Monteiro

Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

Co-orientador: Dr. Paulo Armando Victória de Oliveira

RESUMO

Para a formulação de dietas para suínos comumente utilizam-se exigências nutricionais tabeladas, que são estabelecidas com uma margem de segurança para que todos os animais expressem a máxima resposta, o que pode resultar em maior quantidade de nutrientes excretados. O objetivo deste trabalho foi avaliar programas nutricionais com redução da proteína bruta (PB) e fósforo total (PT) da dieta, através de simulações do software de modelagem InraPorc®, sobre o desempenho e características de carcaça e carne de suínos durante as fases de crescimento e terminação. Cada fase foi dividida em dois períodos. Foram utilizados 40 fêmeas e 40 machos castrados, distribuídos em delineamento em blocos casualizados com dois tratamentos e 10 repetições/tratamento de quatro animais por unidade experimental. Foram formuladas dietas para cada uma das quatro fases, sendo um dos tratamentos (D1) ajustado pelo modelo InraPorc®, em que se reduziu os níveis de PB e PT, e outro (D2) com uma dieta controle, formulada com níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2011). Não houve diferença ($P>0,05$) no ganho de peso diário (GPD), consumo de ração (CRD) e conversão alimentar (CA) nas fases de crescimento e na terminação II, nem no período total do experimento. Na média, o GPD e o CRD foram de 0,919 e 2,46 kg/dia, respectivamente. Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) o consumo de água diário (média de 5,96 litros/dia) e a produção de dejetos (3,88 litros/dia). Nas estimativas de balanço de nitrogênio (N) e fósforo (P), não houve diferença estatística na ingestão de P nas fases de crescimento, e na excreção de P na fase de crescimento II. Na terminação, os animais que receberam a dieta ajustada apresentaram menor ($P<0,05$) ingestão e excreção de P; os animais do D1 e D2 ingeriram 1157 e 1265 g de P/suíno, respectivamente e a excreção média foi de 628,4 e 726,4 g/suíno, respectivamente. Houve diferença ($P<0,05$) na ingestão e excreção de N em todas as fases. A ingestão total foi de 5,83 e 6,92 kg de N/suíno e a excreção média foi 3,22 e 4,26 kg/suíno na D1 e D2, respectivamente. A retenção de N e P não foi influenciada ($P>0,05$) pelos tratamentos. As características de carcaça e de qualidade da carne não foram afetadas ($P>0,05$) pela dieta. O custo médio total com alimentação foi 6,25% menor ($P<0,05$) e a receita líquida foi 28,9% superior quando os animais consumiram a dieta com ajuste dos níveis nutricionais. Os resultados demonstram que o ajuste nutricional é uma alternativa viável para as dietas comerciais praticadas no Brasil.

⁽¹⁾ Dissertação de Mestrado em Zootecnia - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (78 p.) Fevereiro, 2014.

EVALUATION OF NUTRITIONAL PROGRAMS REDUCING DIETARY CRUDE PROTEIN AND TOTAL PHOSPHORUS LEVELS IN GROWING-FINISHING PIGS⁽¹⁾

Author: Alessandra Nardina Tricia Rigo Monteiro

Advisor: Dr. Alexandre de Mello Kessler

Co-advisor: Dr. Paulo Armando Victória de Oliveira

ABSTRACT

For formulating pig diets are commonly used tabulated nutritional requirements which are established with a margin of safety for all animals express the maximum response, which may result in greater amount of nutrients excreted. The aim of this study was to evaluate nutritional programs, reducing dietary crude protein (CP) and total phosphorus (TP) levels, through InraPorc® modelling software on performance, carcass traits and meat quality of growing-finishing pigs. 40 females and 40 barrows were used, distributed in a randomized block design with initial BW and sex serving as the blocking factors, with 2 treatments and 10 replicates/treatment, with four animals per experimental unit. The growing and finishing periods were divided in two phases each. Diets were formulated for each phase, being one (D1) of the treatments adjusted by InraPorc® model, reducing the dietary CP and TP levels. The other treatment (D2) was a control diet formulated with tabulated values (Rostagno et al., 2011). There was no effect ($P > 0.05$) on average daily gain, feed intake and gain to feed ratio in growing and finishing phases, neither in all experimental period. On average, the GPD and the CRD were 0.919 and 2.46 kg / day, respectively. Treatments did not affect ($P > 0.05$) the daily water consumption (average of 5.96 liters / day) and the production of manure (3.88 liters/day). On estimates of nitrogen (N) and phosphorus (P) balance, there was no statistical difference in P intake during the growing phase, and P excretion in growing phase II. At finishing, the animals that received the adjusted diet had lower ($P < 0.05$) intake and excretion of P; animals of D1 and D2 ingested 1157 and 1265 g P/pig, respectively, and the average excretion was 628.4 and 726.4 g/pig, respectively. There were differences ($P < 0.05$) in N intake and excretion in all phases. The total intake was 5.83 and 6.92 kg N/pig and the mean excretion was 3.22 and 4.26 kg/pig in D1 and D2, respectively. The retention of N and P was not influenced ($P > 0.05$) by treatments. Carcass characteristics and meat quality were not affected ($P > 0.05$) by diet. The average total feed cost was 6.25% lower ($P < 0.05$) and net revenue was 28.9% higher when animals consumed the diet with nutritional levels of adjustment. The results showed that the nutritional adjustment is a viable alternative to commercial diets used in Brazil.

⁽¹⁾ Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (78 p.) February, 2014.

SUMÁRIO

	Página
Capítulo I	
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Programas nutricionais para suínos	16
2.1.1 Determinação das exigências nutricionais de suínos	16
2.1.1.1 Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos	17
2.1.1.2 Software Inraporc®	19
2.1.2 Formulação de dietas	22
2.2 Excreção de nutrientes e impacto ambiental	23
2.2.1 Redução da proteína bruta da dieta e utilização de aminoácidos livres	25
2.2.2 Utilização de enzimas liberadoras de ácido fítico	27
2.3. Produção de dejetos e consumo de água na produção de suínos	29
2.4. Modelos de alimentação para suínos	30
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS	32
Capítulo II	
Avaliação de programas nutricionais com redução do nível de proteína bruta e fósforo total da dieta sobre o desempenho, características de carcaça e carne e excreção de nutrientes por suínos nas fases de crescimento e terminação	34
Resumo	34
Abstract	36
Introdução	37
Material e Métodos	38
Resultados e Discussão	45
Conclusões	53
Referências Bibliográficas	54
Capítulo III	
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
6. VITA	78

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

Capítulo II

TABELA 01: Composição centesimal e calculada das dietas experimentais...	59
TABELA 02 Composição nutricional das matérias-primas utilizadas na fabricação das dietas experimentais (dados na matéria natural)	59
TABELA 03: Ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos recebendo dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2) durante as fases de crescimento e terminação	60
TABELA 04: Perfil animal utilizado para calibrar o programa InraPorc®	60
TABELA 05: Consumo de água diário (CAD) e volume de dejetos diário (VDD) de suínos recebendo dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2) durante as fases de crescimento e terminação	61
TABELA 06: Estimativas do fósforo (P) ingerido e excretado por suínos nas fases de crescimento e terminação, recebendo dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2)	61
TABELA 07: Estimativas do nitrogênio (N) ingerido e excretado por suínos nas fases de crescimento e terminação, recebendo dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2)	62
TABELA 08: Características de carcaça de suínos recebendo dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2) durante as fases de crescimento e terminação	62
TABELA 09: Parâmetros de qualidade do lombo e pernil de suínos recebendo dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2) durante as fases de crescimento e terminação	63
TABELA 10: Custos médios com alimentação (CMA) e receita líquida (RL) da produção de suínos em crescimento e terminação utilizando dieta com redução nos níveis de nutrientes (D1) e dieta com níveis padrões (D2)	63

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Capítulo I	
FIGURA 01: Resposta do animal à adição de um nutriente limitante na ração	18
FIGURA 02: Perfil animal do módulo de crescimento do InraPorc®	20
FIGURA 03: Exemplo de simulações antes (superior) e depois (inferior) do ajuste do excesso de lisina digestível verdadeira na dieta de suínos em crescimento	22

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

AA	Aminoácidos
AG	Área de gordura
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AOL	Área de olho de lombo
AR	Aminoácido referência
CA	Conversão alimentar
Ca	Cálcio
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CI	Crescimento I
CII	Crescimento II
CMA	Custo médio com alimentação
CNPISA	Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves
CRD	Consumo de ração diário
CTMR	Custo total médio da ração
Cu	Cobre
ET	Espessura de toucinho
FATMA	Fundação do Meio Ambiente
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FTU	Unidade de atividade de fitase
GPD	Ganho de peso diário
ha	Hectare
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
INRA	Institut National de La Recherche Agronomique
kg	Quilogramas
LT	<i>Longissimus toraxis</i>
m³	Metros cúbicos
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
NH₃	Amônia
NRC	National Research Council
P	Fósforo
PAG	Perda de água por gotejamento
PB	Proteína bruta
PCM	Porcentagem de carne magra
PCQ	Peso da carcaça quente
PDE	Preço da dieta experimental
PDmax	Potencial máximo de deposição de proteína
PM	Profundidade de músculo
PR	Paraná

PS24	Peso do suíno aos 24 kg
PSabate	Peso do suíno ao abate
PT	Fósforo total
PV	Peso vivo
RC	Rendimento de carcaça
RL	Receita líquida
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SM	<i>Semimembranosus</i>
TI	Terminação I
TII	Terminação II
UR	Umidade relativa
USDA	United States Department of Agriculture
UV-Vis	Ultra violeta visível
v.s.	Versus
Zn	Zinco

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne suína no Brasil, de janeiro a setembro de 2013, foi de aproximadamente 2,53 milhões de toneladas (em carcaça-equivalente), de acordo com os dados da Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABÍPECS, 2013). Para atender essa demanda foram necessárias, neste mesmo período, cerca de 10,89 milhões de toneladas de ração (Sindirações, 2013). A alimentação representa mais de 60% dos custos de produção, sendo que 70% da ração utilizada em uma unidade de produção de suínos é consumida pela categoria de animais em crescimento e terminação. Portanto, maximizar a eficiência alimentar de animais nesta fase se torna de extrema importância, devido à diminuição da quantidade de alimento consumido para cada quilo de carne produzido.

A conversão alimentar (CA) média no Brasil do suíno em crescimento e terminação é de aproximadamente 2,66 (Rostagno et al., 2011). Se considerarmos o preço médio da ração para suínos de R\$ 0,65, chegaremos à conclusão de que para produzir 1 kg de carne são gastos R\$ 1,73 em ração. Tendo em vista que o custo médio do suíno na região Sul, até 17/02/2014, é de R\$ 3,61 (Notícias Agrícolas, 2014), 52% do valor pago ao produtor é destinado à alimentação nas fases de crescimento e terminação. Ou seja, é necessário buscar alternativas que permitam reduzir este custo para, dessa forma, tornar o produto nacional mais competitivo. Porém, as pesquisas desenvolvidas com o objetivo de aumentar a lucratividade do setor devem ser feitas levando-se em conta a preservação ambiental, visto que a suinocultura vem sendo pressionada por órgãos ambientais para reduzir o impacto dos dejetos no meio ambiente, principalmente devido às altas cargas de nitrogênio (N) e fósforo (P) presentes.

Nos últimos anos, inúmeros estudos têm abordado a redução do nível de inclusão de nutrientes na ração, como forma de reduzir os custos da dieta e diminuir a carga de nutrientes excretados. Essas modificações nutricionais são feitas principalmente com relação aos níveis de proteína bruta (PB), que representa aproximadamente 25% dos custos da dieta (Suida, 2007), e fósforo total (PT), por estar entre os elementos minerais mais onerosos da produção (Nunes et al., 2001).

Com a disponibilidade de aminoácidos (AA) industriais, as rações podem ser formuladas com níveis destes nutrientes mais próximos às exigências dos animais, oferecendo a possibilidade de substituir parcialmente a exigência do nível mínimo proteico por nível mínimo de AA (Suida, 2007). Da mesma maneira, a consolidação da fitase no mercado permite a utilização desta enzima em praticamente todas as formulações para suínos. O melhor aproveitamento da dieta devido ao aumento da biodisponibilidade do P fítico, diminui a necessidade de suplementação da dieta com fontes inorgânicas de P.

Estes conceitos permitem a melhor utilização da dieta pelos suínos, porém ainda são necessárias pesquisas para determinar a real exigência nutricional dos animais (Pomar et al., 2009). Neste contexto, a modelagem vem se mostrando uma ferramenta eficiente para estimar as exigências nutricionais o mais próximo da realidade. Ela surge como uma tentativa de integrar a

dinâmica de utilização dos nutrientes e compreender os mecanismos biológicos e a variação dos fenômenos digestivos e metabólicos dos suínos (Lovatto & Sauvant, 2001), pois as equações envolvidas nos modelos permitem estabelecer uma relação entre a resposta animal e as variáveis explicativas, considerando vários fatores que podem influenciar a exigência.

O avanço das pesquisas em modelagem proporcionou o desenvolvimento de modelos para formulação de rações, com o intuito de diminuir os custos com a ração, aliado a menor incorporação de N (Jean dit Bailleul et al., 2001) e P (Pomar et al., 2007) nas dietas e conseqüentemente, menor excreção desses minerais no meio. Uma ferramenta eficiente para reduzir custos e a excreção, sem comprometer o desempenho animal é o software InraPorc®, que integra os diferentes aspectos relacionados à nutrição, alimentação, genética, ambiente e comportamento animal (van Milgen et al., 2008), permitindo seguir as dinâmicas digestiva e metabólica dos principais nutrientes ingeridos por suínos (Lovatto et al., 2010). Entretanto, utilização da modelagem para estimar as exigências nutricionais parece ainda ser de pouco interesse para a indústria brasileira, pois a adoção de margens de segurança garante que todos os animais (heterogêneos) expressem o máximo desempenho (Hauschild, 2010).

A falta de informações a respeito da utilização da adequação nutricional de dietas para suínos no Brasil, que mantenham ou melhorem o desempenho e diminuam custos e o impacto ambiental, leva a considerar que estudos comparando a redução dos níveis de nutrientes na dieta com níveis padrões sejam necessários.

O presente trabalho tem como objetivo principal a avaliação de programas alimentares com redução dos níveis de PB e PT da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação, pela utilização de um software de modelagem das exigências nutricionais, utilizando AA industriais e enzima fitase, através de respostas de desempenho, características de carcaça e parâmetros de qualidade da carne, excreção de N e P e viabilidade econômica.

Este documento é estruturado, de forma sequencial, em três capítulos constituídos por:

- (1) Introdução geral e revisão bibliográfica;
- (2) Artigo científico denominado “Efeito da redução do nível de proteína bruta e fósforo total da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação”;
- (3) Considerações finais, referências bibliográficas e apêndices.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Programas nutricionais para suínos

2.1.1 Determinação das exigências nutricionais de suínos

A nutrição animal como ciência começou com os químicos, através do estudo da composição dos alimentos, os quais eram formados por entidades químicas com características nutritivas denominadas nutrientes (Teixeira, 2001).

A exigência de um nutriente pode ser definida como a quantidade necessária para atingir objetivos específicos de produção, como maximização de ganho de peso, ganho de tecido magro, melhoria da conversão alimentar e outros (Fuller, 2004). Aminoácidos (AA), vitaminas e minerais são nutrientes essenciais que, apesar de estarem na composição do alimento, precisam ser suplementados em quantidades adequadas na produção animal para a manutenção, crescimento, reprodução e lactação (Pomar et al., 2009). As exigências nutricionais são influenciadas por fatores relacionados ao animal (potencial genético, idade, peso, sexo), alimento (composição nutricional, nível energético da ração) e ambiente (temperatura, espaçamento, estado sanitário) (Noblet & Quiniou, 1999).

Para estimar a exigência de determinado nutriente são propostos vários modelos na literatura, sendo classificados como: estático ou dinâmico; empírico ou mecanístico; determinista ou estocástico. Os modelos estáticos determinam a resposta animal em condições fixas, que provavelmente não serão alteradas a curto prazo, ou seja, a solução é baseada em uma condição estática. Estes modelos não consideram o tempo como variável. Ao contrário, o modelo dinâmico está sujeito ao fator tempo, através da utilização de equações diferenciais para descrever alterações temporais do sistema. Os modelos de crescimento para suínos são dinâmicos desde que estimem o estado do animal no tempo (Hauschild, 2010).

O modelo empírico descreve as respostas dos animais de forma quantitativa em condições específicas, sem explorar os mecanismos que determinam a resposta animal. Sua construção é baseada em deduções dos mecanismos que levaram o sistema a apresentar uma determinada resposta. Já o modelo mecanístico busca entender os mecanismos que levam um sistema a uma determinada resposta. Esses modelos são baseados em leis físicas e químicas do que ocorre com o animal e podem operar em diferentes níveis de agregação (tecido, célula ou molécula). Quanto mais agregado esse nível, melhor é a acurácia do modelo, entretanto maior é sua complexidade (Hauschild, 2010).

No modelo determinístico a resposta assume um valor exato, dentro de um conjunto de possibilidades, a partir de relações definidas matematicamente. De acordo com Hauschild (2010), a maioria dos modelos desenvolvidos para estimar crescimento é determinista por estimar um único resultado a partir da descrição do perfil de um animal (potencial máximo de deposição de proteína, PDmax; e potencial de consumo) e condição inicial (peso vivo, composição corporal, etc). No modelo estocástico a resposta

assume valores prováveis, dentro de um conjunto de possibilidades, em função das distribuições de probabilidade das variáveis de entrada do modelo, considerando as perturbações do sistema. Estes modelos representam a variação do sistema por incluírem elementos aleatórios ou distribuição de probabilidade no modelo.

De uma maneira geral, as exigências nutricionais têm sido estimadas utilizando o método empírico, e os valores estimados podem ser consultados em revisões elaboradas por comitês autorizados a estabelecer padrões nutricionais (Whittemore et al., 2002), as quais apresentam as exigências para diferentes espécies, pesos, fases, sexo e potencial genético. Atualmente, inúmeras publicações contendo as recomendações nutricionais de suínos estão disponíveis, como as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Brasil), o *Nutrient Requirements of Swine* (Estados Unidos), *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage* (França), manuais de linhagem, entre outros.

Além de tabelas de recomendações nutricionais, as exigências podem ser estimadas através de modelos matemáticos que relacionam diferentes parâmetros que influenciam as exigências nutricionais, como temperatura ambiental, precocidade, sexo, idade, taxa de deposição proteica, entre outros fatores. O desenvolvimento de modelos baseados em múltiplas respostas dos animais possibilita integrar a dinâmica de utilização de nutrientes e compreender os mecanismos biológicos e a variação dos fenômenos digestivos e metabólicos dos suínos (Sauvant, 1992; Lovatto & Sauvant, 2001). Entre os vários modelos disponíveis na literatura, a função de Gompertz foi um dos primeiros a ser utilizado na produção animal. Esse modelo descreve o crescimento e a deposição de nutrientes nos animais, e também estabelece taxas de crescimento para os componentes corporais, como gordura, proteína, cinzas e água, que auxiliam na definição de relações alométricas (variação dos componentes corporais com o crescimento animal) entre esses componentes. A partir de então, outros modelos foram desenvolvidos e alguns são utilizados na produção de suínos (Inraporc, 2006). Além do crescimento, esses modelos permitem estimar as exigências nutricionais, composição corporal e identificar fatores que afetam o desempenho dos animais (Hauschild, 2010).

2.1.1.1 Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos

Durante muitos anos a tecnologia de formulação de rações no Brasil era baseada em informações de composição de alimentos e de exigências nutricionais estabelecidas no exterior, principalmente nos Estados Unidos e na Europa (Rostagno et al., 2011). Este fato motivou o grupo de pesquisadores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e outros colaboradores a desenvolver trabalhos de experimentação, visando construir tabelas de exigências nutricionais com dados obtidos no Brasil, assim foi criada a Tabela Brasileira para Aves e Suínos, que atualmente está na sua terceira edição.

Nesta publicação, as recomendações nutricionais são para rebanhos de alto potencial genético, porém com diferentes desempenhos, cujos índices produtivos são classificados como regular, médio e superior. A tabela também

trabalha com exigências para machos castrados, fêmeas e machos inteiros, para as fases inicial, crescimento e terminação.

Entre os métodos utilizados para determinar as exigências nutricionais dos animais monogástricos, nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos o método utilizado é o dose-resposta, tradicionalmente usado por ser prático e fácil de ser executado (Sakomura & Rostagno, 2007). Segundo esses mesmos autores, esse método determina as exigências com base na resposta do desempenho dos animais alimentados com dietas contendo níveis crescentes do nutriente estudado, de forma que as dietas experimentais devem ser formuladas de forma que permitam isolar apenas o efeito do nutriente avaliado. Para isso, uma dieta basal é formulada para atender as exigências nutricionais de todos os nutrientes, com exceção daquele estudado. O nutriente estudado é suplementado na dieta basal e os níveis de suplementação devem ser definidos para promover resposta crescente no desempenho até atingir um platô, podendo alcançar níveis que proporcionem queda no desempenho (Figura 1).

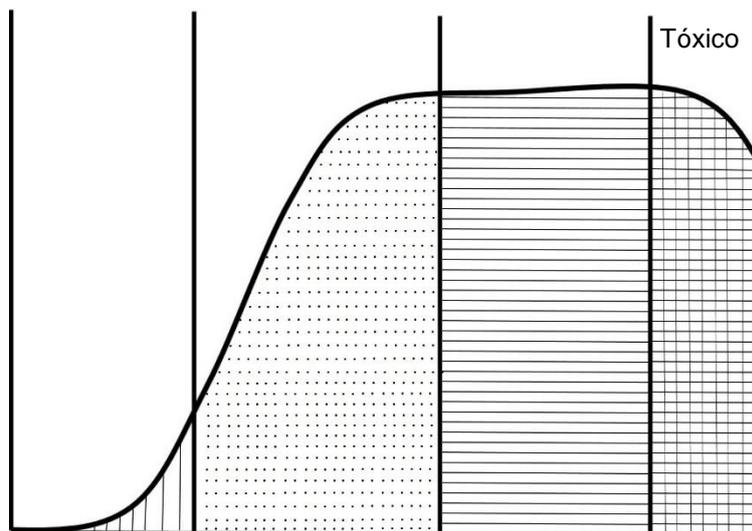


Figura 1. Resposta do animal à adição de um nutriente limitante na ração

Entretanto, uma limitação deste método é que não considera a interação entre os nutrientes da dieta.

Outro método utilizado nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos para estimar as exigências nutricionais é através de equações matemáticas, como para estimar a lisina digestível verdadeira e o fósforo (P) disponível e digestível verdadeiro. Para estimar as exigências de lisina digestível verdadeira, os autores catalogaram todos os experimentos dose-resposta com lisina e determinaram o consumo diário de lisina digestível. Em seguida calcularam a lisina de manutenção e obtiveram a quantidade de lisina digestível por kg de ganho nas diversas fases de crescimento (Equação 1). A lisina foi usada como referência para as estimativas das exigências nutricionais dos outros AA, sendo estes determinados utilizando o conceito de proteína ideal,

mantendo para cada categoria a relação aminoácido:lisina expressa na base de digestibilidade verdadeira e total dos AA.

Equação 1. Quantidade de lisina digestível verdadeira / kg de ganho de peso de suínos machos castrados de alto potencial genético

$$Y = 16,142 + 0,0951 \times (PM) - 0,0005 \times (PM)^2 \quad R^2 = 0,88$$

Sendo Y = lisina digestível (g) / ganho de peso (kg); PM = peso médio (kg).

Da mesma forma, foi obtida uma equação para calcular a exigência de P de suínos em crescimento, primeiramente pelo cálculo da exigência de P para manutenção e, posteriormente, usando os resultados de experimentos dose-resposta de exigências de P para calcular a quantidade de P (disponível e digestível verdadeiro) por kg de ganho de peso nas diferentes fases dos suínos. De acordo com Rostagno et al. (2011), o uso da equação para estimar a exigência nutricional de nutrientes permite a flexibilização das exigências, pois já não existe somente uma exigência, mas sim várias, de acordo com o desempenho e o consumo de ração dos suínos.

Sabe-se que o desempenho de suínos sofre forte influência da temperatura ambiente. Animais criados em temperatura acima daquela ótima para o estágio de desenvolvimento apresentam menor consumo de ração, devido a menor exigência em energia (Rostagno et al., 2011). Apesar de existirem fatores de correção para estimar as exigências nutricionais em diferentes temperaturas, estes não são citados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, pois os autores consideram que conhecendo o desempenho e o consumo de ração, é possível calcular os níveis nutricionais usando apenas os dados disponíveis nas tabelas.

2.1.1.2 Software Inraporc®

Os pesquisadores em nutrição de suínos e modelagem do *Institut National de La Recherche Agronomique* (INRA, Saint Gilles, França), com intuito de desenvolver um modelo para integrar a alimentação de suínos em crescimento e de porcas em um programa que pudesse ser disponibilizado para os profissionais do setor de nutrição animal, criaram o software InraPorc®, sendo a primeira versão disponibilizada em 2006. A meta buscada pelos pesquisadores era a possibilidade de avaliar diferentes cenários nutricionais de alimentação de suínos e, a partir daí, escolher qual a dieta que melhor atenderia o objetivo proposto pelo formulador.

Os conceitos nutricionais utilizados no InraPorc® são baseados em ensaios realizados no centro experimental do INRA, localizado em Saint-Gilles. Durante os últimos 25 anos, vários experimentos foram executados para quantificar a resposta de suínos à mudança de fornecimento de nutrientes. Estes resultados, juntamente com dados da literatura, permitiram a construção do modelo InraPorc®. Para sua criação, os pesquisadores levaram em conta os sistemas nutricionais de energia líquida (Noblet et al., 1994), AA digestíveis (Moughan, 2003) e proteína ideal (van Milgen et al., 2008), além das interações

entre os nutrientes da dieta e entre a dieta e o animal. Como exemplo pode-se citar a exigência de lisina de um suíno, que depende do potencial de crescimento e do consumo de ração do animal. Como estes dois aspectos mudam durante o crescimento, a exigência de lisina também será dinâmica, portanto modelos matemáticos descreverão a exigência deste aminoácido de forma mais precisa.

O software InraPorc® integra, de forma dinâmica, mecanística e determinística, os diferentes aspectos relacionados à nutrição, alimentação, genética, ambiente e comportamento animal (van Milgen et al., 2008). De acordo com Lovatto et al. (2010) esse modelo pode ser utilizado como um recurso técnico para fins produtivos e didáticos, permitindo seguir as dinâmicas digestiva e metabólica dos principais nutrientes.

O modelo é composto por três módulos: um módulo de alimentação, um módulo de porcas e um módulo de suínos em crescimento. O módulo de alimentação permite a caracterização da dieta que vai ser usada. Nesse, há um banco de dados com ingredientes e respectiva composição nutricional, porém o usuário pode incluir outras matérias primas e caracterizá-las de acordo com a composição nutricional de cada uma. Os módulos para porcas e para suínos em crescimentos são muito semelhantes e permitem que o usuário caracterize o animal em seu ambiente. Dentro do módulo crescimento é possível especificar o lote pelo gênero, idade e peso vivo inicial, peso final, e criar um perfil animal baseado em duas variáveis de estado: proteína corporal e lipídio corporal (van Milgen et al., 2008). Também pode-se entrar com dados de precocidade, PDmax, manutenção (Figura 2). Essas informações são utilizadas para gerar uma população virtual baseada no perfil de um indivíduo médio (Hauschild, 2010).

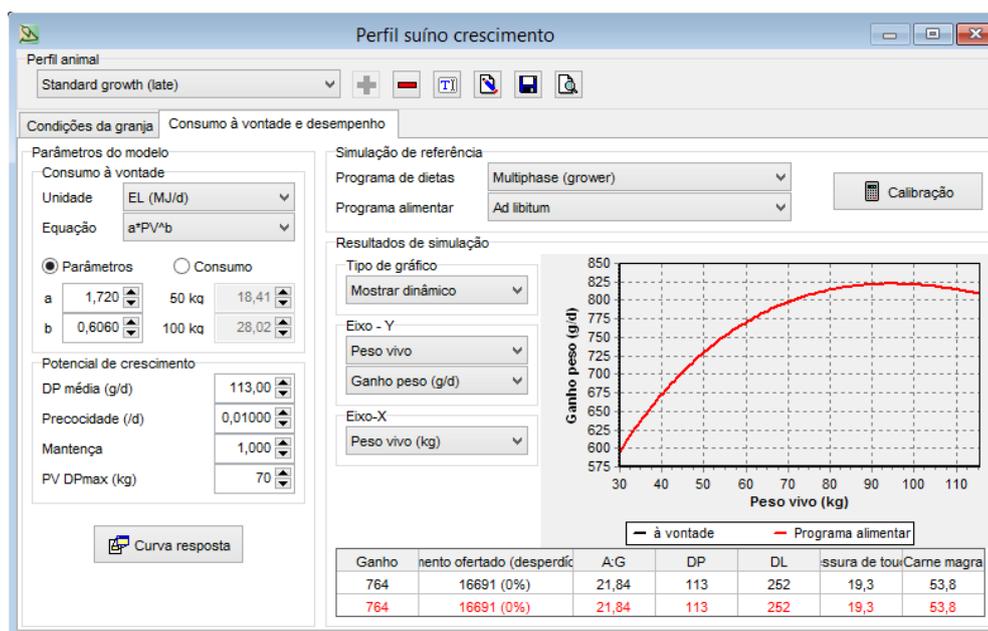


Figura 2. Perfil animal do módulo de crescimento do InraPorc®.

Outro ponto importante é que o programa define o potencial de deposição proteica em função do peso corporal utilizando a função de Gompertz, que por sua simplicidade, precisão e facilidade de aplicação tem sido a mais utilizada para descrever o PDmax em animais (Wellock et al., 2004). Os demais componentes do crescimento podem ser estimados a partir do PDmax, através de relações alométricas.

Após o usuário caracterizar o animal, a dieta e o ambiente, o programa permite que seja realizada a simulação do desempenho animal, utilização e excreção de nutrientes, deposição de proteínas e lipídeos, etc. Assim, o usuário pode ter uma visão detalhada de como os nutrientes são usados pelo animal para diferentes funções. O InraPorc® também oferece a possibilidade de comparar diferentes estratégias nutricionais em termos de desempenho e utilização de nutrientes, como AA, energia e minerais.

Este software pode ser uma ferramenta útil para avaliar a estratégia de alimentação utilizada na produção de suínos e, a partir daí, propor outros programas alimentares que podem ser mais baratos ou de menor excreção. O ajuste das dietas é feito pelo método de tentativa, observando os nutrientes que aparecem em excesso na simulação, e diminuindo a inclusão destes na dieta (Figura 3). Desta forma o InraPorc® pode contribuir com a redução do impacto ambiental, pois possibilita ao formulador ajustar à dieta de acordo com os excessos observados no decorrer do período de alimentação, principalmente de AA e P. Isso permite desenvolver sistemas ambientalmente sustentáveis de produção de suínos (Jondreville & Dourmad, 2005; van Milgen et al., 2009).

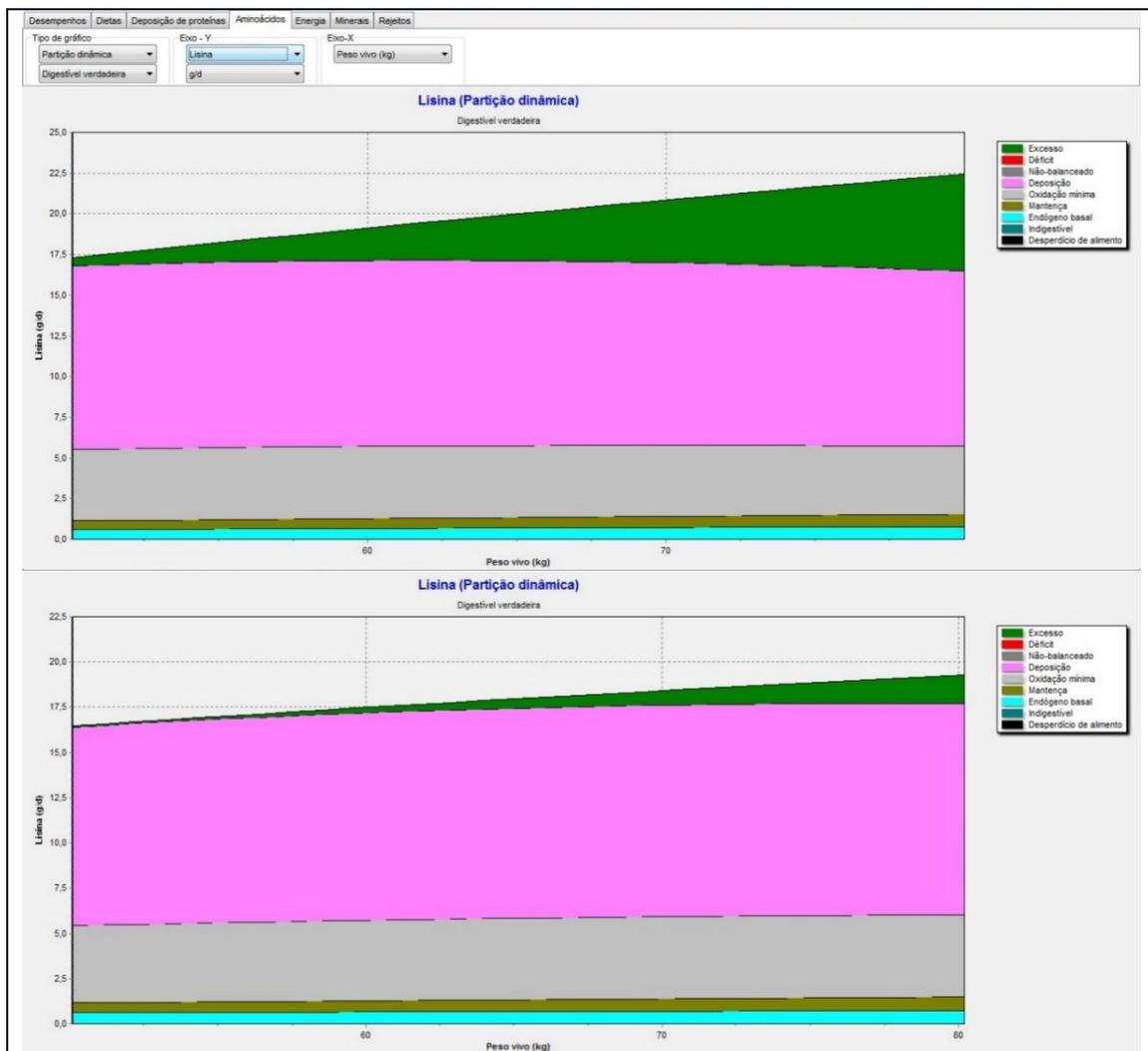


Figura 3. Exemplo de simulações antes (superior) e depois (inferior) do ajuste do excesso de lisina digestível verdadeira na dieta de suínos em crescimento.

Entretanto, o software foi criado para uma condição ideal de produção de suínos, na qual a temperatura ambiente está dentro da zona de conforto térmico dos animais.

No Brasil, algumas instituições de pesquisa tem estudado, nos últimos 10 anos, formas de incorporação e viabilidade de utilização do software Inraporc® na produção de suínos brasileira, como é o caso do Grupo de Modelagem Animal da Universidade de Santa Maria e do Laboratório de Sistematização, Análise e Modelagem em Produção e Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná. Porém, a utilização deste modelo além do contexto da pesquisa ainda não ocorre.

2.1.2 Formulação de dietas

Até a década de 1970, a formulação de rações era realizada utilizando-se os métodos de Tentativa e Erro, Quadrado de Pearson e de equações algébricas (Barioni et al., 2003). Embora sejam computacionalmente simples, esses métodos são muito restritivos quanto ao número de nutrientes

ou atributos da dieta que podem ser considerados. Além disso, têm como único critério de formulação o atendimento das exigências nutricionais dos animais.

O problema da escolha dos alimentos e da quantidade exata de cada um deles na ração, contendo os nutrientes necessários para o máximo desempenho dos animais, foi bastante facilitada pela utilização de computadores (Sakomura & Rostagno, 2007) e pela a criação da programação linear para formulação de rações. Este método consiste em determinar o nível de incorporação de um ingrediente na dieta que, respeitando uma série de restrições lineares, minimiza ou maximiza uma função objetiva, que é, usualmente, o custo do kg da ração (Hauschild, 2010).

A aplicação de programas lineares de formulação de rações permitiu que critérios econômicos pudessem ser eficientemente incorporados à formulação (Scott, 1972), ou seja, a função objetiva passou a ser o custo final da ração. O aumento da capacidade computacional também possibilitou o uso de um número praticamente ilimitado de alimentos e restrições quanto aos níveis máximos e mínimos de nutrientes e/ou ingredientes para o estabelecimento da formulação ótima.

A formulação pelo mínimo custo, normalmente utilizada pela indústria, visa reduzir os custos da ração sem considerar consequências ambientais (Patience et al., 1995) e a resposta animal (Sauvant et al., 1995). Reduzir o excesso de nutrientes nas dietas ainda é uma tarefa complexa, pois o excesso garante que todos os animais expressem a máxima resposta (ganho de peso, deposição proteica, etc) quando se trata de alimentar populações heterogêneas (Hauschild, 2010).

A inclusão de objetivos ambientais no processo de formulação de rações pode ser realizada através da formulação por multiobjetivos. Este método é baseado na formulação tradicional pelo mínimo custo, porém é possível incluir mais de uma função objetiva, como a inclusão de funções que ponderam o excesso de nutrientes (Jean dit Bailleul et al., 2001; Pomar et al., 2007; Dubeau et al., 2011). Tozer & Stokes (2001) utilizaram a formulação por multiobjetivos para reduzir a excreção de nutrientes pelas vacas leiteiras através da incorporação de funções de excreção em uma estrutura de formulação de rações. Jean dit Bailleul et al. (2001) minimizaram custos e, simultaneamente, o excesso de nitrogênio em dietas para suínos através da formulação por multiobjetivos. Com este mesmo método, Pomar et al. (2007) conseguiram minimizar a excreção de P em suínos.

Os estudos e o desenvolvimento de novos métodos de formulação que visam reduzir a excreção de nutrientes pelos suínos, desde que sejam economicamente rentáveis e aplicáveis, é fundamental para se atingir uma nutrição mais precisa, porém no Brasil esses novos métodos ainda não são adotados (Hauschild, 2010).

2.2 Excreção de nutrientes e impacto ambiental

A suinocultura é reconhecidamente uma atividade com grande potencial poluidor (Kunz et al., 2005), devido às altas cargas de nutrientes presentes nos dejetos, como P e nitrogênio (N), matéria orgânica, sedimentos, patógenos e metais pesados, como documentado em relatório do *United States Department of Agriculture* (USDA, 1999). O modelo de produção atual

concentra grande número de animais em áreas reduzidas, o que aumenta ainda mais os riscos de contaminação ambiental.

No Brasil, a região Sul abriga a maior concentração de suínos do país, sendo Santa Catarina (SC), Paraná (PR) e Rio Grande do Sul (RS) os principais estados produtores (Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, 2012). Em SC, na sub-bacia do Lajeado dos Fragosos, tem sido observada alta densidade de suínos, superando países altamente poluidores como a Dinamarca (Mateos et al., 2005).

Esta alta concentração no Sul do Brasil, aliada ao fato de que nessa região está situado parte do Aquífero Guarani, o maior manancial de água doce subterrânea do mundo, com um volume estimado de 37 mil quilômetros cúbicos (Ministério do Meio Ambiente, 2014), preocupa as autoridades ambientais, visto que os nutrientes presentes nos dejetos de suínos possuem alto risco de contaminação da água e do solo.

Esta preocupação se reflete nas exigências para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura. No caso do RS, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) exige que sejam seguidos alguns critérios técnicos para iniciar esta atividade, como tratamento dos efluentes antes da aplicação no solo (estabilização), sendo que a dose aplicada deve ser calculada com base nos teores de nutrientes presentes nestes resíduos, além das necessidades das culturas (FEPAM, 2007). Já a Fundação do Meio Ambiente de SC (FATMA), estabelece que a quantidade máxima de dejetos para a utilização em lavouras seja de 5 L/m²/ano e, ainda, que a aplicação siga as recomendações de adubação indicadas por laudo com base na análise do solo (FATMA, 2000).

Para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), o interessado em iniciar a atividade suinícola deve possuir área agrícola disponível e com aptidão para disposição dos dejetos no solo. Para uso destes resíduos, é necessário calcular a taxa de aplicação em função das características do dejetos, da análise de fertilidade e granulométrica do solo e da recomendação de adubação para as culturas utilizadas. A Instrução Normativa do IAP considera como elementos limitantes para o uso agrícola dos dejetos o teor de N e de P, e estabelece valores máximos de metais pesados nos dejetos para aplicação, que são de 2.500 e 1.000 mg por kg de MS de dejetos para o zinco (Zn) e cobre (Cu), respectivamente (IAP, 2009).

A limitação imposta com relação a quantidade destes nutrientes nos dejetos deve-se ao potencial poluidor destes elementos. O P causa grandes impactos ao ecossistema aquático de superfície, sendo responsável pelo processo de eutrofização das águas; Já o N oferece maior risco de contaminação das águas subterrâneas quando lixiviado (Merten & Minella, 2002). O N também é responsável pelas emissões de amônia (NH₃), associadas às mudanças climáticas por contribuir com a acidificação do solo e da água (Degré et al., 2001; United Nations, 2001). Da mesma forma, o acúmulo de Cu e Zn em solos pode impor, em médio ou em longo prazo, risco de toxicidade sobre as plantas e os microrganismos (Dourmad & Jondreville, 2007).

Devido ao elevado número de contaminantes gerados pelos efluentes da suinocultura, cuja ação individual ou combinada pode representar

importante fonte de degradação dos recursos naturais, um dos focos das pesquisas em nutrição de suínos é minimizar o impacto ambiental causado pelos dejetos. Sabe-se que a excreção de N e P é afetada principalmente pela quantidade de N e P ingerida, pela disponibilidade metabólica dos nutrientes e pelo balanço entre a oferta de nutrientes e as exigências dos suínos (Jongbloed & Lenis, 1992), portanto modificações nutricionais da dieta podem ser eficientes para diminuir o impacto do sistema de produção. Entre as modificações pode-se citar a redução da PB da dieta, com intuito de minimizar o N excretado, e a utilização de enzimas liberadoras de P fítico, que aumentam a disponibilidade do P de origem vegetal.

2.2.1 Redução da proteína bruta da dieta e utilização de aminoácidos livres

O melhor conhecimento do metabolismo proteico, melhor avaliação nutricional dos ingredientes e produção de AA industriais, possibilitaram a otimização de dietas para animais visando atender as exigências nutricionais em proteína e AA, com menor custo e menor impacto ambiental (Suida, 2001).

Desde meados de 1960, os nutricionistas empenharam-se em determinar as exigências nutricionais dos animais, principalmente em relação às necessidade de proteína. A partir daí, estabeleceu-se o conceito da proteína ideal, definido primeiramente por Mitchel (1964) como uma mistura de AA ou proteína com disponibilidade total na digestão e metabolismo, e cuja composição seria idêntica às exigências do animal para manutenção e crescimento. Esse conceito foi primeiramente desenvolvido para a nutrição de suínos, vindo o *Agricultural Research Council* – ARC propor o uso da proteína ideal a partir de 1981.

Esse conceito determina que todos os AA essenciais sejam expressos como proporções ideais, ou porcentagem de um aminoácido-referência (AR), ou seja, as exigências de todos os AA podem ser estimadas a partir da determinação da exigência do AR. O aminoácido utilizado como referência é a lisina (ARC, 1981), que é o primeiro aminoácido limitante em dietas de suínos e o segundo em dietas para aves (Sakomura & Rostagno, 2007). A aplicação da proteína ideal em dietas para suínos, além de reduzir os custos com alimentação, pois a proteína representa 20% da dieta e assume aproximadamente 35% dos custos (Mosenthin & Rademacher, 2003), contribui para a redução na excreção de N no meio ambiente.

Atualmente, todas as dietas para suínos são formuladas para atender as exigências em AA limitantes, de forma a obter o ótimo crescimento e conversão alimentar. Porém, a eficiência de utilização da proteína pelos suínos depende da composição da dieta (balanço de AA, nível de proteína e de energia da dieta) e do genótipo e estado fisiológico do animal, ou do estágio de crescimento (Adeola, 1996).

Com relação aos fatores da dieta, o desbalanço ou excesso de AA é muitas vezes inevitável, como quando as fontes de proteína são caras ou com disponibilidade limitada. D'Mello (2003) afirma que quando um aminoácido está em excesso em relação ao outro, ocorre queda no consumo de ração como consequência do antagonismo entre AA de mesmo grupo estrutural. Este

mesmo autor cita como exemplo a competição da arginina no transporte e utilização da lisina, que diminui a absorção intestinal de lisina e arginina.

Além disso, o excesso de AA na dieta não contribui para melhorar o desempenho animal, ou seja, não são utilizados eficientemente (Sakomura & Rostagno, 2007). Isso ocorre pois os AA absorvidos, quando estão em excesso em relação ao primeiro limitante, são oxidados e levam à excreção de compostos nitrogenados, e a degradação do excesso de AA ingeridos tem alto custo energético para o animal (McLeod, 1997).

Os níveis de proteína e energia da dieta podem limitar a deposição de proteínas. Níveis muito reduzidos de PB podem levar à indisponibilidade de AA essenciais, que seriam utilizados no crescimento animal; Já o fornecimento de energia na dieta é essencial para minimizar o uso de proteína para geração da energia necessária ao metabolismo. Níveis muito baixos de energia causam desaminação dos AA, limitando a síntese proteica (Black, 2000). Conseqüentemente, as exigências de AA devem estar relacionadas com a composição ótima dos AA disponíveis relativa à energia disponível na dieta (Boisen, 2003).

Uma significativa fonte de ineficiência na deposição de proteína são as perdas aparentes obrigatórias associadas às altas taxas de *turnover* dos tecidos. De acordo com Bequette (2003), apesar do *turnover* proteico (balanço entre a síntese e degradação de proteína) ser relativamente baixo no músculo (1-4% por dia), apenas 32-46% da proteína sintetizada em animais jovens é retida. Em animais mais velhos esse valor cai para 24% (Bequette, 2003), principalmente pela redução da eficiência de tradução da proteína (Davis et al., 2000) e redução da sensibilidade dos tecidos alvo ao sinal de hormônios e AA (O'Connor et al., 2000).

Em suínos machos inteiros na fase de crescimento, com 39,1 kg de peso vivo, alimentados com dietas contendo 14,4% de PB e 0,69% de lisina disponível, aproximadamente 61% do N ingerido é retido, sendo os 39% restantes excretados no ambiente pelas fezes (22%) e urina (17%; Ball et al., 2013). Igualmente, o *National Research Council* (NRC, 2012) estima que suínos retêm de 30 a 60% do N ingerido.

A formulação de dietas visando atender as exigências em alguns AA apenas com ingredientes de origem animal e/ou vegetal, resulta em grande excesso de AA essenciais e não essenciais, que se não são digestíveis, são excretados e contaminam o meio com N fecal; se são absorvidos, mas não são necessários para uma função específica, são catabolizados e os resíduos nitrogenados são excretados na urina (NRC, 2012). Aarnink & Verstegen (2007) afirmam que os níveis de proteína da dieta geralmente são maiores que as exigências dos animais, pois são adotadas margens de segurança devido às variações entre animais de diferentes genótipos, estágios de crescimento e variação no conteúdo e digestibilidade dos AA essenciais da matéria prima das rações.

Uma das maneiras de reduzir o impacto de nutrientes poluidores nos dejetos de suínos, é através da combinação de fontes de proteína e/ou a inclusão de AA livres (Dourmad & Jondreville, 2007). A cada 1% de redução da PB é possível diminuir a excreção de N em suínos em 8% e reduzir em mais de 8% a emissão de amônia (NRC, 2012), devido a redução da desaminação do

excesso de AA e síntese e excreção de ureia pela urina (Fuller et al., 1989). Entretanto, a redução da proteína bruta da dieta não deve influenciar o desempenho e a deposição de tecido magro.

Shriver et al. (2003) avaliaram o efeito da suplementação de AA livres para reduzir a PB da dieta de suínos na fase de crescimento e terminação. Os tratamentos consistiram de uma dieta controle a base de milho e farelo de soja, com 18% de PB e 0,78% de lisina digestível e uma dieta a base de milho e farelo de soja com inclusão de AA livres, com 14% de PB e 0,82% de lisina digestível. Os autores observaram menor excreção de N pelos animais que receberam a dieta com 14% de PB, porém não observaram diferença no desempenho (ganho de peso diário, GPD; consumo de ração diário, CRD; conversão alimentar, CA) e características de carcaça (profundidade de músculo, PM; porcentagem de carne magra, PCM; área de olho de lombo, AOL). Já os suínos que receberam a dieta com baixa PB tiveram maior espessura de toucinho (ET) que os animais alimentados com a dieta controle. Este maior teor de gordura na carcaça dos suínos que receberam dieta com baixa proteína, pode ser explicado porque nestas dietas há menor gasto de energia para a desaminação dos AA em excesso, resultando em maior energia líquida nas dietas e isto pode refletir no aumento da deposição de gordura na carcaça.

Carpenter et al. (2004) avaliaram o efeito da redução dos níveis de PB (20,75, 17,00, 15,00 e 12,25%) com suplementação de aminoácidos limitantes sobre o desempenho, carcaça e excreção de N em suínos machos inteiros dos 45 aos 95 kg. Foi observado aumento linear no CR com a diminuição da PB da dieta e melhor CA e GPD para os animais que consumiram a dieta com 15% de PB. Houve diminuição linear na PCM com a diminuição da PB da dieta. Foi observado diminuição de 0,34 e 0,37% na excreção total de N quando o nível de PB da dieta foi reduzido de 20,75 para 15,00 e 12,25%, respectivamente. Os autores concluíram que 15% de PB na dieta é a concentração ótima em termos de desempenho e excreção de N para suínos nesta faixa.

No estudo de Hinson et al. (2009), foi avaliado o efeito de uma dieta controle a base de milho e farelo de soja v.s. uma dieta de baixa excreção de nutrientes (utilização de milho de baixo ácido fítico, adição de fitase e suplementação da dieta com AA limitantes) sobre o desempenho e características de carcaça de suínos nas fases de crescimento e terminação. Os níveis de PB utilizados foram, na dieta controle e de baixa excreção, 17,7 v.s. 13,9 e 19,0 v.s. 15,4%, para machos e fêmeas, respectivamente, na fase de crescimento; 15,5 v.s. 12,8 e 16,9 v.s. 13,8 para machos e fêmeas, respectivamente, na fase de terminação. Não houve diferença para o CRD, CA e GPD nas fases e não foi observada diferenças para a ET e rendimento de carcaça (RC), porém os animais da dieta controle tiveram maior AOL.

2.2.2 Utilização de enzima fitase

O desenvolvimento e a viabilidade técnica das enzimas exógenas é um marco importante na nutrição de não-ruminantes. O principal objetivo da incorporação de enzimas na dieta é manipular as condições existentes no trato digestivo e melhorar o valor nutricional dos ingredientes (Meng et al., 2005),

28

pelo fornecimento de enzimas que os animais não conseguem sintetizar e pela redução dos efeitos negativos causados pelos fatores antinutricionais como o fitato (Fisher, 2002).

De acordo com Lehninger et al. (2008), o fitato ou P fítico é a designação dada ao P que faz parte da molécula do ácido fítico (hexa-fosfato de inositol), que é encontrado nos vegetais. Por causa do seu grupo ortofosfato altamente ionizado, este complexa com uma variedade de cátions como cálcio, ferro, Cu, Zn, manganês e magnésio. A maioria do P dos grãos de cereais está na forma de fitato, o que diminui a disponibilidade de minerais e proteínas (O'Dell & DeBolland, 1976). Essa baixa disponibilidade do P fítico para animais não-ruminantes aumenta a quantidade de P excretado no ambiente.

A descoberta da fitase em 1907 (Suzuki et al., 1907), apenas quatro anos após ter aparecido a primeira referência científica na literatura sobre o ácido fítico (Posternak, 1903), recentemente foi considerada como uma das dez descobertas mais importantes na produção de suínos no século passado (Cromwell, 2009). Embora as pesquisas com esta enzima tenham persistido por mais de 100 anos, nas últimas duas ou três décadas tem crescido exponencialmente, e sua importância científica e prática foi tratada em várias revisões anteriores e atuais (van Etten et al., 1991; Konietzny & Greiner, 2002; Selle et al., 2012).

A fitase pertence a uma classe de fosfatases que realiza a desfosforilação de fitato no trato digestivo animal ou no alimento antes de ser ingerido (Adeola & Cowieson, 2011; Woyengo et al., 2011). Ela atua catalizando a desfosforilação dos resíduos de seis átomos de carbono do ácido fítico, tendo início no carbono 3 (Pallauf & Rimbach, 1995). Como os suínos não produzem esta enzima, a utilização de fitase microbiana vem sendo amplamente estudada e sua inclusão comprovadamente melhora a digestibilidade do P em suínos (Kerr et al., 2010).

Atualmente o mercado da fitase representa mais de 60% do mercado total de enzimas (Adeola & Cowieson, 2011), porém até 2007-2008 a utilização comercial da enzima era pouco frequente. Apenas na Holanda e na Península de Delaware, Maryland, Virgínia, nos Estados Unidos foi determinada a suplementação de fitase como um meio para reduzir a poluição pelo P dos resíduos animais. Sem imposição legislativa, a adaptação de fitase foi ocorrendo pelo preço do P inorgânico no mercado. Em 2005, no Brasil, o custo de fontes de P inorgânico como o fosfato bicálcico era de aproximadamente R\$ 1.100,00 a tonelada (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2011), ou seja, a substituição de fosfato por fitase não resultava em qualquer receita líquida. No entanto, em 2008 o preço saltou para R\$ 3.000,00 a tonelada, devido ao aumento nos custos de energia e uso de fertilizantes à base de P. Este incremento acarretou que a cada 1% de fosfato bicálcico adicionado na dieta, o custo da ração aumentava R\$ 19,00 a tonelada. Aparentemente, esse aumento no custo de P inorgânico fez a fitase muito mais rentável. Uma dieta típica milho e soja, suplementada com 500 a 1.000 unidades de fitase (FTU) por kg de ração, praticamente substitui a adição de 1% de fosfato bicálcico na dieta (Lei et al., 2013). Com o tempo, a consolidação da fitase no mercado barateou o custo da enzima, aumentando ainda mais a sua utilização.

Como suínos excretam pouco P na urina, geralmente menos de 100 mg/dia (Almeida & Stein, 2010), a perda fecal representa a principal ineficiência de utilização deste nutriente. Em suínos com peso entre 10-50 kg alimentados com dietas à base de milho e soja com 0,6% de P total, o P fecal é de cerca de 2% do teor de matéria seca. A suplementação de fitase pode diminuir o P fecal para valores abaixo de 1% (Lei et al., 1993; Golovan et al., 2001). A digestibilidade do P da dieta situa-se entre 40 e 50% e pode ser melhorada para 60-80%, dependendo da fitase utilizada. Este aumento de 50% na digestibilidade do P da dieta, juntamente com a redução de 50% da concentração de P fecal é de grande importância ambiental, considerando que o Brasil é o quarto maior produtor mundial de suínos (ABIPECS, 2013), com 35,9 milhões de cabeças abatidas em 2012 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013), e cada suíno excreta 1,23 kg de P no ciclo de vida completo (Lei et al., 2013). Além disso, no mundo as reservas de fosfatos minerais são limitadas, consistindo de um recurso natural não renovável e alto custo, devendo ser preservadas.

Machinsky et al. (2010) avaliaram o efeito da fitase em dietas para suínos machos castrados na fase de crescimento, a partir dos 24,6 kg de peso vivo, sobre a digestibilidade dos nutrientes e excreção de P. A inclusão da enzima na dieta possibilitou a redução do nível de PT da dieta de 0,62 para 0,48%. Os autores não observaram efeito aditivo no uso de fitase quanto à digestibilidade de nutrientes, porém a adição da enzima na ração melhorou a retenção de P (de 40,3% para 49,4% com adição da enzima), reduzindo a excreção fecal (de 49,5 para 43,2%) e urinária (de 10,2 para 7,4%).

Com suínos na fase de terminação, Lozano et al. (2011) avaliaram o efeito da inclusão de diferentes níveis de fitase (0, 500, 1.000 e 1.500 FTU) sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne. Os autores notaram que a adição de fitase foi positiva na redução do P fecal, de 2,06 mg/100g sem fitase para 1,26, 1,42 e 1,38 mg/100g com adição de 500, 1.000 e 1.500 FTU, respectivamente. Também observaram melhora da CA, sem efeitos deletérios na carcaça (RC, perda de peso da carcaça no resfriamento, PM, AOL, PCM, ET).

2.3 Produção de dejetos e consumo de água na produção de suínos

O uso da água está intimamente ligado ao volume de dejetos produzidos, portanto o conhecimento destes parâmetros é fundamental para o planejamento das instalações de coleta e armazenamento dos dejetos suínos (Oliveira, 2002). Estes parâmetros podem diferir entre sistemas de produção de suínos, de acordo com o peso dos animais (Sinotti, 2005), temperatura ambiente, qualidade da água. Tavares (2012) avaliou o consumo de água e a produção de dejetos em suinoculturas da região Oeste de Santa Catarina. Em três diferentes tempos de alojamento dos animais (10, 15 e 18 semanas) e, conseqüentemente, com aumento de peso dos suínos, o autor observou consumo médio de água de 7,13, 7,61 e 7,87 L/suíno/dia, respectivamente. Nestes mesmos períodos, a produção de dejetos foi de 4,20, 4,58 e 4,84 L/suíno/dia, respectivamente, com o aumento de peso dos animais.

Além dos fatores citados acima, a variação também está relacionada à composição da dieta. Dietas com elevado teor de PB, ou com proporção desbalanceada de AA, aumentam o consumo de água (Pfeiffer & Henkel, 1991) e o volume de dejetos produzidos, devido à maior excreção de N (Perdomo & Lima, 1998). Isso pode ser justificado pois a excreção de N em suínos ocorre a partir do ciclo da ureia, durante a conversão de arginina em ornitina (Lehninger et al., 2008). Para que esta reação ocorra, é necessário que a arginina se ligue a molécula de água, portanto quanto maior o N ingerido, maior será o consumo de água para catabolizar o excesso de N.

Apesar deste maior consumo de água em dietas com níveis elevados de PB, essa diferença nem sempre tem importância estatística. Le Bellego & Noblet (2002) avaliaram a redução da PB da dieta de leitões machos castrados. A dieta 1 foi formulada sem utilização de AA livres, com 22,4% de PB. Nas dietas 2, 3 e 4, o nível de PB foi diminuído para 20,4, 18,4 e 16,9%, respectivamente, pela suplementação AA. A redução do nível de PB não influenciou estatisticamente o consumo de água, os autores apenas observaram redução numérica no consumo.

Portejoie et al. (2004) avaliaram o efeito de três níveis de PB (12, 16 e 20%), suplementando adequadamente todos os aminoácidos essenciais, para suínos machos castrados em terminação. Os autores também não observaram diferença estatística no consumo de água, apenas um aumento numérico deste parâmetro com o aumento da PB da dieta (6,66, 7,36 e 7,73 L por dia com 12%, 16% e 20% de PB, respectivamente). Na avaliação do volume de dejetos produzidos, os autores observaram que a redução da PB da dieta de 20 para 12% reduziu o volume de dejetos produzidos em 37,6% durante o período total.

Nyachoti et al. (2006) estudaram o efeito de dietas com baixa PB e suplementação de AA livres na dieta de leitões a partir dos seis kg. A dieta controle apresentou 23% de PB, enquanto nas demais este nível foi reduzido para 21, 19 e 17% com suplementação de AA livres. Os autores observaram que o uso da água diminuiu apenas numericamente com a redução da PB.

2.4 Modelos de alimentação para suínos

Na nutrição animal, a formulação de dietas através do modelo linear de mínimo custo, que considera as exigências nutricionais do animal e as unidades de alimentação, é a representação mais usual da modelagem aplicada aos animais domésticos (Lovatto & Sauvant, 2001). Embora seja amplamente utilizado na indústria, esse modelo tem uma baixa flexibilidade e não leva em conta o efeito animal, o que pressupõe a mesma resposta para todos os indivíduos. Dentro da perspectiva de mudança de paradigmas, Jean dit Bailleul et al. (2001) e Pomar et al. (2007) desenvolveram uma pesquisa avaliando a possibilidade de utilização de um método de otimização multiobjetivos, baseado na programação linear de formulação de rações de mínimo custo, com função objetiva composta por um termo econômico tradicional e um termo que designa um custo (β) para o excesso de P na dieta.

Os autores formularam dietas para suínos em crescimento (20 aos 65 kg) e terminação (65 aos 105 kg) com dois níveis de PB (9 e 13%) e P disponível (0,32 e 0,26%), em dois contextos econômicos de produção de

suínos (Bretanha, França e Quebec, Canadá). Na publicação de 2001, os autores introduziram uma função objetiva que ponderava o excesso de AA \sim 31. O peso dessa função diminuiu o teor de PB das dietas, pois mantém o balanço entre AA através da adição de aminoácidos industriais. Na França, o aumento de 6% no custo da ração reduziu a excreção de N em 42%. Já no Canadá, o aumento de 1% diminuiu a excreção de N em 20%.

No trabalho de 2007, os autores adicionaram 0, 250, 500 e 1.000 FTU de fitase microbiana às dietas. O aumento na função β diminuiu o PT da dieta e, conseqüentemente, o excesso de P. O aumento de 1,5% (França) e 1% (Canadá) no custo da dieta diminuiu mais de 5% do excesso de P. O efeito combinado da utilização de fitase com o método multiobjetivos foi eficiente, demonstrando que uso dessas duas técnicas combinadas pode auxiliar na sustentabilidade ambiental da produção de suínos.

Kebreab et al. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de quantificar o efeito da suplementação de fitase, sobre o crescimento e utilização de P em suínos em crescimento, utilizando modelos matemáticos. Todas as funções foram incorporadas num modelo de efeitos mistos não-linear. Através do registro semanal do consumo de ração e do peso vivo, os autores conseguiram modelar a curva de crescimento e o consumo acumulado de P. Ao analisarem o modelo, observaram que este foi adequado para a análise da eficiência de utilização do P, e mostraram que os suínos alimentados com dietas com suplementação de fitase consumiram 20% a menos de P inorgânico, mantendo o mesmo desempenho que os animais alimentados com a dieta sem a enzima.

Lovato (2013) propôs estratégias nutricionais para suínos em crescimento e terminação, utilizando o software InraPorc® para adequar as exigências nutricionais. Através dos modelos propostos no programa, o autor observou que, na média, os animais que consumiram a dieta ajustada pelo software, ingeriram diariamente 14% a menos de lisina digestível que os animais que consumiram a dieta controle, sem afetar o desempenho. Quanto ao consumo diário de P, foram observadas diferenças em todas as fases, sendo que na fase inicial, terminação I e II, os suínos alimentados com a dieta controle ingeriram 14, 15 e 19% a mais de P, respectivamente, que os animais que consumiram a dieta ajustada no InraPorc®.

A modelagem em nutrição animal tem se mostrado eficiente para estimar crescimento e as exigências nutricionais, fatores de grande interesse na produção animal. Existe ainda uma grande necessidade em se desenvolver modelos que descrevam melhor a trajetória de crescimento dos animais, a taxa e eficiência de deposição de nutrientes (Hauschild, 2010), para desta maneira, traduzir melhor as variações dos fenômenos digestivos e metabólicos em suínos.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

As hipóteses deste trabalho são:

(1) A adequação das exigências nutricionais de suínos através de um modelo dinâmico de crescimento, com redução do conteúdo de proteína bruta (PB) e fósforo total (PT) da dieta de suínos durante as fases de crescimento e terminação, proporciona igual desempenho e menor custo, com possibilidade de diminuir a excreção de nutrientes, que dietas formuladas a partir do método empírico para determinar as exigências.

(2) O software europeu InraPorc® pode se adequar à uma condição nacional de produção de suínos, e estimar as exigências nutricionais de animais durante as fases de crescimento e terminação sem afetar o desempenho, características de carcaça e carne.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do ajuste do programa nutricional, especificamente quanto à PB, AA e PT da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação, utilizando o software Inraporc® para adequar as exigências nutricionais dos animais, através de respostas de desempenho, excreção e características de carne e carcaça.

CAPÍTULO II

Avaliação de programas nutricionais com redução do nível de proteína bruta e fósforo total da dieta de suínos nas fases de crescimento e terminação

A. N. T. R. Monteiro,* A. M. Kessler,* P. A. V. de Oliveira, † T. M. Bertol, † M. L. Somensi, e A. Coldebella †

*Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil; e

†Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisas em Suínos e Aves, CEP 89700-000, Concórdia, SC, Brasil

RESUMO

Para a formulação de dietas para suínos comumente utilizam-se exigências nutricionais tabeladas, que são estabelecidas com uma margem de segurança para que todos os animais expressem a máxima resposta, o que pode resultar em maior quantidade de nutrientes excretados. O objetivo deste trabalho foi avaliar programas nutricionais com redução da proteína bruta (PB) e fósforo total (PT) da dieta, através de simulações do software de modelagem InraPorc®, sobre o desempenho e características de carcaça e carne de suínos durante as fases de crescimento e terminação. Cada fase foi dividida em dois períodos. Foram utilizados 40 fêmeas e 40 machos castrados, distribuídos em delineamento em blocos casualizados com dois tratamentos e 10 repetições/tratamento de quatro animais por unidade experimental. Foram formuladas dietas para cada uma das quatro fases, sendo um dos tratamentos

(D1) ajustado pelo modelo InraPorc®, em que se reduziu os níveis de PB e PT, e outro (D2) com uma dieta controle, formulada com níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2011). Não houve diferença ($P>0,05$) no ganho de peso diário (GPD), consumo de ração (CRD) e conversão alimentar (CA) nas fases de crescimento e na terminação II, nem no período total do experimento. Na média, o GPD e o CRD foram de 0,919 e 2,46 kg/dia, respectivamente. Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) o consumo de água diário (média de 5,96 litros/dia) e a produção de dejetos (3,88 litros/dia). Nas estimativas de balanço de nitrogênio (N) e fósforo (P), não houve diferença estatística na ingestão de P nas fases de crescimento, e na excreção de P na fase de crescimento II. Na terminação, os animais que receberam a dieta ajustada apresentaram menor ($P<0,05$) ingestão e excreção de P; os animais do D1 e D2 ingeriram 1157 e 1265 g de P/suíno, respectivamente e a excreção média foi de 628,4 e 726,4 g/suíno, respectivamente. Houve diferença ($P<0,05$) na ingestão e excreção de N em todas as fases. A ingestão total foi de 5,83 e 6,92 kg de N/suíno e a excreção média foi 3,22 e 4,26 kg/suíno na D1 e D2, respectivamente. A retenção de N e P não foi influenciada ($P>0,05$) pelos tratamentos. As características de carcaça e de qualidade da carne não foram afetadas ($P>0,05$) pela dieta. O custo médio total com alimentação foi 6,25% menor ($P<0,05$) e a receita líquida foi 28,9% superior quando os animais consumiram a dieta com ajuste dos níveis nutricionais. Os resultados demonstram que o ajuste nutricional é uma alternativa viável para as dietas comerciais praticadas no Brasil.

Palavras-chave: ajuste de nutrientes, exigências nutricionais, modelagem

ABSTRACT

For formulating pig diets are commonly used tabulated nutritional requirements which are established with a margin of safety for all animals express the maximum response, which may result in greater amount of nutrients excreted. The aim of this study was to evaluate nutritional programs, reducing dietary crude protein (CP) and total phosphorus (TP) levels, through InraPorc® modelling software on performance, carcass traits and meat quality of growing-finishing pigs. 40 females and 40 barrows were used, distributed in a randomized block design with initial BW and sex serving as the blocking factors, with 2 treatments and 10 replicates/treatment, with four animals per experimental unit. The growing and finishing periods were divided in two phases each. Diets were formulated for each phase, being one (D1) of the treatments adjusted by InraPorc® model, reducing the dietary CP and TP levels. The other treatment (D2) was a control diet formulated with tabulated values (Rostagno et al., 2011). There was no effect ($P>0.05$) on average daily gain, feed intake and gain to feed ratio in growing and finishing phases, neither in all experimental period. On average, the GPD and the CRD were 0.919 and 2.46 kg / day, respectively. Treatments did not affect ($P>0.05$) the daily water consumption (average of 5.96 liters / day) and the production of manure (3.88 liters/day). On estimates of nitrogen (N) and phosphorus (P) balance, there was no statistical difference in P intake during the growing phase, and P excretion in growing phase II. At finishing, the animals that received the adjusted diet had lower ($P<0.05$) intake and excretion of P; animals of D1 and D2 ingested 1157 and 1265 g P/pig, respectively, and the average excretion was 628.4 and 726.4

g/pig, respectively. There were differences ($P < 0.05$) in N intake and excretion in all phases. The total intake was 5.83 and 6.92 kg N/pig and the mean excretion was 3.22 and 4.26 kg/pig in D1 and D2, respectively. The retention of N and P was not influenced ($P > 0.05$) by treatments. Carcass characteristics and meat quality were not affected ($P > 0.05$) by diet. The average total feed cost was 6.25% lower ($P < 0.05$) and net revenue was 28.9% higher when animals consumed the diet with nutritional levels of adjustment. The results showed that the nutritional adjustment is a viable alternative to commercial diets used in Brazil.

Keywords: nutrient adjustment, nutritional requirements, modelling

INTRODUÇÃO

Atualmente, o método de formulação de rações utilizado pela indústria é o linear de mínimo custo, o qual, respeitando uma série de restrições lineares, determina o nível de incorporação de um ingrediente que proporcione o menor custo final do kg da ração (Patience et al., 1995). Comumente, os nutricionistas utilizam na formulação de dietas para suínos, exigências nutricionais provindas de tabelas desenvolvidas em centros de pesquisas. Nessas publicações, uma compilação de dados de centenas de experimentos, realizados em situações alimentares e ambientais distintas, é analisada por métodos estatísticos (meta-análise) para estimar valores médios das exigências nutricionais (Hauschild, 2012). Nestes experimentos, as recomendações nutricionais são estabelecidas com uma margem de segurança, para que todos os animais expressem a

resposta (ganho de peso, deposição proteica), já que se trata alimentar populações heterogêneas.

Entretanto, o custo da alimentação e as altas concentrações de nutrientes encontrados nos dejetos de suínos, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), têm causado discussões visando o desenvolvimento e implementação de métodos nutricionais para reduzir o impacto ambiental da produção de suínos, mantendo a mesma eficiência produtiva.

Neste contexto, o software InraPorc® se mostra como uma ferramenta eficiente para adequar o nível nutricional das dietas de acordo com a real exigência do animal. Este programa é baseado no conceito de que a utilização de nutrientes é um fenômeno dinâmico (van Milgen et al., 2008). Isso o torna mais eficiente que outros modelos empíricos que estimam as exigências nutricionais. Mesmo assim, no Brasil, ainda não há aplicação desse modelo para além do contexto da pesquisa.

O objetivo desse estudo foi avaliar programas alimentares com redução dos níveis de PB e PT da dieta de suínos através da utilização do software InraPorc®, sobre o desempenho, características de carcaça e carne e excreção de nutrientes, em suínos nas fases de crescimento e terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados neste experimento foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Embrapa Suínos e Aves (protocolo N° 002/2013).

Instalações

O experimento foi realizado na granja experimental da Embrapa Suínos e Aves (27° 18'34" S; 51° 59'30" W) localizada no município de Concórdia (SC), entre os dias 28 de fevereiro e 27 de maio de 2013, com suínos durante as fases de crescimento e terminação.

Quatro *datalogers* (modelo Testo, 135H; Testo Inc) foram posicionados a 1,50 metros do piso, dois no interior da instalação, um em cada extremidade, e dois na parte externa do galpão. Os *datalogers* foram programados para registrar a temperatura e a umidade relativa (UR) do ambiente a cada 30 minutos.

Foram instalados hidrômetros (modelo Multigyros® 1/2") nas linhas de abastecimento de água de cada uma das unidades experimentais. Cada uma possuía um comedouro semiautomático (modelo CAP 1BT; Suin®) e bebedouro (modelo taça ecológica; Suin®) que foi previamente padronizado para uma vazão de $1,50 \pm 0,05$ litros/minuto.

Animais e dietas

Foram utilizados 40 fêmeas e 40 machos castrados resultantes do cruzamento de fêmeas F1 - Landrace x Large White, com o macho terminador MS115. O período experimental consistiu de 112 dias de coleta de dados, com peso médio inicial dos suínos de 24,52 kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, no qual considerou-se blocos (peso inicial) dentro de sexo. Foi considerada como unidade experimental a baia com quatro animais, totalizando 10 repetições por tratamento. O experimento foi caracterizado por dois tratamentos (Tabela 1): D1) Dieta ajustada, formulada para atender, sem deficiências e obtendo o mínimo de excesso de AA

limitantes e P, as exigências nutricionais estimadas pelo modelo InraPorc® (versão 1.6.5.3; Institut National de la Recherche Agronomique, Saint-Gilles, França), sendo para isso necessária a suplementação de AA industriais e enzima fitase nas fases de terminação; D2) Dieta controle, formulada pelo método linear de mínimo custo seguindo as recomendações nutricionais para suínos machos castrados de desempenho médio, estabelecidas pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011).

O experimento foi dividido em quatro fases, onde formulou-se uma dieta por fase: crescimento I (CI), crescimento II (CII), terminação I (TI) e terminação II (TII). A composição química analisada dos ingredientes utilizados na formulação das dietas (Tabela 2) foi adicionada à base de dados de composição das matérias-primas do InraPorc® e do programa de formulação linear de mínimo custo. O programa alimentar foi definido pelo peso animal: CI (25 a 50kg), CII (50 a 80kg), TI (80 a 105kg) e TII (105 a 130kg). As dietas foram caracterizadas por ração farelada, fornecidas à vontade durante o período experimental.

Para o tratamento ajustado no programa InraPorc®, foi criado um perfil animal para cada fase produtiva (crescimento e terminação) com base nas características dos suínos como idade, peso vivo, consumo de ração e ganho de peso (Tabela 3), seguindo os dados propostos nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). Após adicionar essas informações ao programa, foi realizada a parametrização do modelo. A partir desses dados, foram realizados os ajustes para definir as estratégias nutricionais e

alimentares para as dietas do tratamento ajustado pelo InraPorc®. Procurou-se manter a relação lisina-AA em todas as fases.

Desempenho animal

O peso individual e o consumo de ração de cada unidade experimental foi avaliado a cada 14 dias e no final da fase. Os dados foram usados para calcular o ganho de peso médio diário (GPD), consumo de ração médio diário (CRD) e conversão alimentar (CA) em cada fase. O desperdício e as sobras de ração foram contabilizados antes de cada pesagem, e descontados do total de alimento ofertado no período. Todos os animais foram abatidos na mesma data (28/05/2013, com $179,8 \pm 1,5$ dias de idade) com peso médio de $126,30 \pm 6,52$ kg para a D1 e $128,46 \pm 4,88$ kg para a D2.

Uso de água e volume de dejetos produzidos

O uso da água foi mensurado três vezes por semana através da leitura direta do hidrômetro instalado nas unidades experimentais. A cada duas semanas foi medida, com régua graduada, a altura correspondente à lâmina de dejetos depositados nas calhas coletoras. Esse dado foi utilizado no cálculo do volume de dejetos gerados, utilizando o comprimento e a largura de cada uma das calhas.

Estimativas do balanço de nitrogênio e fósforo

O balanço de N e P foi estimado a partir das equações propostas por Dourmad et al. (2003), nas quais o $N, P_{\text{excretado}} = N, P_{\text{ingerido}} - N, P_{\text{retido}}$ e o $N, P_{\text{retido}} = N, P_{\text{Corporal Final}} - N, P_{\text{Corporal Inicial}}$. Estes autores estimam o N e P corporais pelas

equações $N_{\text{Corporal}} = e^{(-0,9892 - 0,0145 * \text{PCM})} * \text{PCV}^{(0,7518 + 0,0044 * \text{PCM})} / 6.25$ e $P_{\text{Corporal}} = 5,39 * \text{PCV}$, em que PCV é o peso corporal vazio e PCM é a porcentagem de gordura. O PCV foi obtido pela sua porcentagem do peso vivo, de acordo com Mahan & Shields Jr. (1998)

Para estimar a ingestão, retenção e excreção destes minerais, obteve-se a PCM a partir da equação $\text{PCM} = 58,408 - (0,5886 * \text{Espessura de toucinho}) + (0,1739 * \text{Profundidade do músculo}) - (0,0189 * \text{Peso da carcaça quente})$, de acordo com Guidoni et al. (2007), utilizando os dados de espessura de toucinho (ET) e profundidade do músculo (PM) obtidos no final de cada fase.

Características de carcaça e qualidade da carne

Através das imagens coletadas entre a 7ª e 8ª vértebra torácica dos animais com equipamento de ultrassom (modelo Aloka, SSD 500V, acoplado com sonda linear USF-5011U-3.5; Aloka, USA), no final das fases de crescimento e terminação, foi determinada a ET e PM *Longissimus toraxis* (LT), utilizando-se o software BioSoft Toolbox II for swine (Biotronics Inc, USA). No final do período experimental, os suínos foram submetidos a jejum alimentar por 12 horas, pesados e encaminhados ao frigorífico. Após a insensibilização, os animais foram sangrados e encaminhados para a esquila e esfolagem. Posteriormente, fez-se a evisceração, inspeção e secção das carcaças no sentido caudo-cranial, no centro da coluna vertebral. Em seguida as carcaças foram pesadas e obteve-se o PCQ. Foram feitas as avaliações de pH e temperatura na meia-carcaça esquerda, 45 minutos após o abate com medidor de pH e temperatura portátil, com eletrodo protegido para inserção, nos músculos LT (na altura da última costela) e *Semimembranosus* (SM), e as

carcaças foram levadas para resfriamento por 24 horas em temperatura aproximada de 4°C. Após este período, foi realizada a mensuração do pH 24 horas após o abate e realizado um corte entre a última vértebra torácica e primeira vértebra lombar da meia carcaça esquerda, para a aferição da ET e desenho da área de olho de lombo (AOL).

Na carcaça, a medida da ET foi tomada na altura da última costela, na região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar a seis centímetros da linha média de corte da carcaça (ponto P2) e em outros três pontos da carcaça de acordo com o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças de Suínos (ABCS, 1973), com auxílio de um paquímetro digital. O desenho da AOL foi feito em papel vegetal e os limites para determinação da AOL e área de gordura (AG) foram realizados seguindo a metodologia da ABCS (1973). Coletou-se uma amostra dos músculos LT e SM de cada animal para avaliação de alguns parâmetros de qualidade da carne. Para o cálculo de AOL e AG utilizou-se o software Rhinoceros® 4.0 (Robert Mcneel & Associates, 2007), por meio das imagens escaneadas com escala. Nas amostras de carne, avaliou-se os padrões de cor com auxílio de um colorímetro, avaliando a luminosidade (L^* , 0 = preto; 100 = branco), a intensidade da cor vermelha (a^*) e a intensidade da cor amarela (b^*) de acordo com o sistema CIELAB (L^* , a^* , b^* ; Minolta Camera Ltda, Japão). Trinta minutos antes das avaliações foi realizado um corte transversal ao músculo, para exposição da mioglobina ao oxigênio. A calibração do aparelho foi realizada antes da leitura das amostras com um padrão branco e outro preto.

Realizou-se análise de cor e marmoreio pelo escore visual (NPPC, 1999) e a perda de água por gotejamento (PAG) foi obtida por diferença entre os pesos de uma amostra de carne, entre oito e 12 g, antes e depois de ser submetida à refrigeração durante 24 horas. Os dados de PAG foram expressos em porcentagem do peso inicial, baseado em Honikel (1998).

Análises laboratoriais

As dietas foram encaminhadas para análise bromatológica no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, segundo a metodologia proposta pela AOAC (1999) para matéria seca (MS), e N total Kjeldahl. No laboratório do CNPSA as dietas foram analisadas quanto ao teor de cálcio (Ca), através de espectroscopia de absorção atômica (modelo SpectrAA 220®, Varian Inc.) e P, por espectrofotometria UV-Vis (ultravioleta visível; modelo Cary 50®, Varian Inc). Os ingredientes foram analisados quanto à MS, N, P, Ca e magnésio (espectroscopia de absorção atômica).

Análise econômica

Para a análise econômica, foi calculado o custo das dietas com base nos preços dos ingredientes durante o período experimental. Para o cálculo do preço do suíno ao abate, utilizou-se o valor do kg do suíno vivo em maio de 2013. Os custos considerados nos cálculos eram praticados em Concórdia – SC. O custo médio com alimentação (CMA) foi calculado através da equação:

$$CMA (R\$) = CTMR * CA$$

em que: CTMR = custo total médio da ração (R\$/kg); CA = conversão alimentar média por período. A receita líquida (RL) foi obtida através da equação:

$$RL (R\$.kg) = [(PSabate - PS24) - (CR * PDE)]$$

onde, PSabate = preço do suíno no abate; PS 24kg = preço do suíno aos 24kg; CR= consumo de ração (kg); PDE = preço da dieta experimental (R\$/kg).

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento GLM do SAS (SAS, 2001), considerando os efeitos de tratamento, bloco (peso inicial), sexo e interação entre tratamento e sexo. Quando as interações foram significativas, suas médias foram comparadas pelo teste Tukey (P<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição das dietas

O ajuste nutricional através do software InraPorc® possibilitou a diminuição do nível de PT da dieta em 8,92% na terminação I e em 15,35% na terminação II. Nas fases de crescimento II e terminação I e II, houve redução na lisina (8,42, 9,41 e 21,39%, respectivamente), metionina (9,67, 5,77 e 18,53%, respectivamente) e triptofano (15,73, 3,23 e 14,81%, respectivamente) digestíveis. Na fase de crescimento II e terminação II o nível de treonina digestível foi diminuído em 4,49 e 18,63%, respectivamente. A PB foi reduzida em 15,21, 17,08, 8,31 e 11,06% nas fases CI, CII, TI e TII, respectivamente (Tabela 1).

Características climáticas da sala experimental

A temperatura e UR ficaram em torno de $22,18 \pm 2,10^{\circ}\text{C}$ e $76 \pm 2,30\%$ rior da sala e $20,65 \pm 2,86^{\circ}\text{C}$ e $75,44 \pm 9,93\%$ no exterior.

Desempenho animal

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) no GPD, CRD e CA nas fases de crescimento e TII, nem no período total do experimento (Tabela 3). As médias para a D1 e D2 foram 0,910 e 0,927 kg para o GPD, 2,42 e 2,50 kg para o CRD e 2,67 e 2,70 para a CA, respectivamente. Foi observado menor ($P<0,05$) CRD para os suínos que receberam a D1 na fase de TI, porém este dado não influenciou a CA, demonstrando que menores níveis de PB e PT não influenciaram o desempenho dos animais. Estes resultados evidenciam que as exigências de PB e AA limitantes nas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2011) são aparentemente superestimadas para o programa alimentar dos suínos nas condições deste experimento. Além disto, não foram observadas diferenças estatísticas no desempenho porque no ajuste nutricional, apesar de se diminuir o nível de AA digestíveis, manteve-se a relação de proteína ideal, portanto o menor nível de PB e AA não causou deficiência ao animal. Da mesma forma, o menor conteúdo de PT das dietas de terminação foi compensado pela suplementação de enzima fitase.

Os resultados do presente estudo corroboram o estudo de Vidal et al. (2010), que estudaram o efeito da redução da PB e suplementação de AA limitantes em dietas para suínos em terminação e não observaram influência da redução do nível de PB da dieta sobre o GPD. Para estes autores, a redução da PB da dieta com suplementação de AA não influenciou o consumo de ração, mas melhorou a CA dos animais que consumiram a dieta com até

15,7% de PB. Essa melhor eficiência dos AA industriais pode ser explicada pela rápida absorção desses em relação aos AA derivados de proteínas intactas.

Henry & Sève (1993) afirmam que o desbalanço de AA pode influenciar negativamente o CRD, então pode-se deduzir que a redução da suplementação de AA essenciais limitantes no presente experimento, não influenciou a qualidade da proteína, o que evidencia que as relações entre os AA essenciais e a lisina foram adequadas para esta categoria animal.

Houve efeito de sexo ($P < 0,05$) para o CRD nas fases de CI, CII, TI e período total, para o GPD no CII e período total, e para CA na TI e período total, tendo os machos obtido maiores índices que as fêmeas, como era esperado, já que os machos castrados consomem mais alimento e podem apresentar ganho de peso superior quando comparados com as fêmeas (Morales et al., 2011).

Foi observada interação ($P < 0,05$) tratamento-sexo para a CA nos animais que consumiram a D1 na fase de terminação II, na qual as fêmeas obtiveram melhor CA (3,31) que os machos (3,70).

Perfil animal calibrado através do software InraPorc®

Com relação ao perfil animal utilizado para calibrar o software InraPorc®, os valores estimados ficaram muito próximos aos observados nas fases de crescimento I e II (Tabela 4). Porém a partir da fase de terminação I, o consumo observado foi menor que o estimado, e o peso dos animais praticamente não diferiu entre o esperado e observado. Na fase de terminação II ocorreu o contrário, os valores observados de consumo de ração e o peso

dos animais foram maiores que o estimado. Essa diferença entre estimado e observado pode ser atribuída às diferenças de temperatura durante o período experimental. Os dados utilizados para criar o perfil animal foram retirados das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011), que são dados médios oriundos de centenas de experimentos realizados em condições ambientais distintas. Porém, sabe-se que em ambiente de alta temperatura os suínos reduzem a ingestão de alimento devido ao estresse por calor (Huynh et al., 2005) e que em baixas temperaturas os animais aumentam o consumo. Isso explica a variação no consumo de ração observado e estimado e, conseqüentemente, no peso dos animais nas simulações. Além disso, o software InraPorc® não caracteriza o ambiente em diferentes temperaturas, pois trabalha com uma abordagem determinística do perfil animal, caracterizando o suíno em um ambiente que permite com que o animal expresse todo seu potencial genético, sem considerar o efeito da temperatura, de doenças, ou outro fator que influencie o consumo voluntário (van Milgen et al., 2008).

Consumo de água, quantidade e composição dos dejetos

Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) no consumo de água e no volume de dejetos produzidos (Tabela 5). Nas fases de crescimento e terminação, o consumo de água médio foi de 5,55 e 6,43 L/dia e o volume médio de dejetos produzidos foi de 3,20 e 4,76 L/dia, respectivamente. Apesar de alguns autores afirmarem que dietas com maior nível de PB aumentam o consumo de água (Pfeiffer & Henkel, 1991) e o volume de dejetos produzidos (Perdomo & Lima, 1998), devido à maior necessidade de água para catabolizar

o excesso de N do organismo animal, esta diferença não foi observada no presente estudo, provavelmente porque a diferença no nível de N das dietas não foi suficiente para influenciar o consumo de água.

Portejoie et al. (2004) trabalhando com três níveis de PB (12, 16 e 20%) na dieta de suínos em terminação, a partir dos 50 kg de peso vivo, também não observaram diferença entre os tratamentos para o consumo de água, porém a média do consumo foi de 7,25 L/dia, valor superior ao encontrado no presente trabalho, que foi, na média, de 5,96 L/suíno/dia.

Com relação às estimativas de balanço de N e P, não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos na ingestão de P nas fases de crescimento I (média de 258,64 g/suíno) e II (média de 424,47 g/suíno), e na excreção de P na fase de CII (252,12 g/suíno). Isto pode ser esperado, já que o nível analisado de P nas dietas de CI e CII foi similar. Porém, na terminação I e II, os animais que receberam a D1 apresentaram menor ($P < 0,05$) ingestão ($TI = 14,56$ e $TII = 19,72\%$ a menos de P) e excreção ($TI = 21,18$ e $TII = 39,87\%$ a menos) de P que os animais que receberam a D2 (Tabela 6). No caso do N, observou-se, em todas as fases, diferença estatística ($P < 0,05$) para ingestão (média de 5,83 para a D1 e 6,92 kg de N/suíno para a D2) e excreção (média de 3,22 para a D1 e 4,26 kg de N/suíno para a D2) deste elemento (Tabela 7). Houve interação para a excreção de N na fase de CI para os animais que consumiram a D1, na qual as fêmeas apresentaram menor excreção (0,81 kg/N) que os machos (0,87 kg/N). Com relação ao total do ciclo produtivo, foi observado menor ($P < 0,05$) consumo e excreção de N e P pelos animais que receberam a dieta ajustada, sem diferença estatística ($P > 0,05$) na retenção

50 nutrientes, demonstrando maior eficiência de utilização do N e ingeridos.

O presente estudo, que obteve redução de 24,41% de N excretado por suíno, corrobora os resultados da revisão de Dourmad & Jondreville (2007), onde reportaram redução da excreção de N em 35,90% por suíno, ao ajustar o nível de PB da dieta de 17,8 para 13,6%, sem afetar a eficiência energética, PCM e GPD de suínos durante a terminação. Este resultado pode ser explicado pois, de acordo com Aarnink & Verstegen (2007), os níveis de proteína da dieta geralmente são maiores que as exigências dos animais, pois são adotadas margens de segurança devido às variações entre animais de diferentes genótipos, estágios fisiológicos e conteúdo e digestibilidade dos AA essenciais da matéria prima das rações. Portanto, no presente trabalho a diminuição da PB e dos AA não acarretou em queda do desempenho visto que o nível de redução, aliado com o ajuste de AA livres pelo conceito de proteína ideal, não ficou abaixo das exigências nutricionais dos animais de acordo com o perfil animal ajustado pelo InraPorc®.

Quanto ao P, a redução do PT das dietas aliada à suplementação da enzima fitase foi eficiente em reduzir a excreção de P nas fases terminação e período total. Este resultado só reforça o fato que já foi confirmado em estudos anteriores (Cromwell et al., 1993; Harper et al., 1997; Ludke et al., 2002). Além disso, Kerr et al. (2010) mostraram que, independentemente da fitase comercial utilizada, a suplementação da enzima em dietas a base de milho e farelo de soja para suínos em terminação melhora a digestibilidade do P.

Características de carcaça e de qualidade da carne suína

As características de carcaça não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos tratamentos (Tabela 8). A média para a ET na fase de crescimento e terminação foi, respectivamente, de 13,30 mm e 19,80 mm e a PM média foi de 59,05 mm no crescimento e 75,05 mm na terminação, ambos os parâmetros avaliados com equipamento de ultrassom. Já a ET avaliada ao abate apresentou média de 21,60 mm no ponto P2, 31,55 mm na primeira costela, 23,50 mm na última costela e 21,00 mm na primeira vértebra sacral. Os valores médios da AOL, AG e RC foram, respectivamente, 49,15 cm², 25,80 cm² e 74,00%.

As características de carcaça, principalmente o RC e PM, são muito importantes para a indústria suinícola, que associa essas características à melhoria da qualidade de carne suína. Neste estudo, as características de carcaça não foram afetadas pelos tratamentos, sugerindo que a redução de AA da dieta não limitou a deposição proteica dos animais. Portanto, o software InraPorc® proporciona melhor relação entre nutrientes fornecidos e deposição de carne na carcaça.

Houve efeito de sexo ($P<0,05$) para os dados de ET, tanto os mensurados com ultrassom como os medidos após o abate. Os resultados estão de acordo com aqueles encontrados na literatura, nos quais fêmeas apresentam menor espessura média de toucinho (Barbosa et al., 2003; Boroski et al., 2011). Essas diferenças estão relacionadas com a presença ou ausência de hormônios sexuais, estando os estrogênios presentes nas fêmeas e, a testosterona, ausente nos machos castrados.

Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) as características de qualidade da carne avaliadas no lombo e no pernil (Tabela 9), com exceção da temperatura 24 horas após o abate, tendo a D2 apresentado menor temperatura da carne, e do parâmetro a^* de cor do pernil, o qual foi maior na 52 tretanto, estes valores estão dentro dos padrões de qualidade indústria.

Teye et al. (2006) sugerem que, se o nível de PB da dieta não teve efeito sobre a PAG, as condições pré-abate foram adequadas e o pH e a capacidade de retenção de água evoluíram normalmente. No presente estudo, a média da PAG no lombo foi de 6,64% e no pernil de 3,19% e o pH final da carne foi 5,60 e 5,70 para o lombo e pernil, respectivamente. Lebret (2008) concluiu que as características tecnológicas da carne (pH final, cor e PAG) geralmente não são afetadas pelo nível de proteína:energia da dieta.

No presente estudo não houve diferença estatística ($P>0,05$) para o escore de marmoreio, com valor médio de 1,97. Suínos que consomem dietas com menor nível de PB apresentam maior gordura intramuscular da carne (Alonso et al., 2010). Isso porque dietas com baixo teor de PB proporcionarão o animal menor gasto de energia para a desaminação dos AA em excesso, resultando em mais energia líquida nas dietas e isto pode refletir no aumento da deposição de gordura na carcaça. Assim, pode-se concluir que no presente estudo a redução da PB, PT e dos AA da dieta não causou deficiência destes nutrientes ao animal, que manteve o mesmo desempenho e características de carcaça e carne.

A interação entre tratamento-sexo se mostrou significativa ($P < 0,05$) para os dados de pH do lombo 24 horas e temperatura do pernil 45 minutos após o abate para os animais que consumiram a D2. O pH foi maior para os machos (5,70) quando comparado às fêmeas (5,60). Apesar da interação significativa, os valores estão dentro dos observados em trabalhos anteriores (Athayde et al., 2012; Bertol et al., 2013).

Análise econômica

O CMA foi menor ($P < 0,05$) para a D1 nas fases de CII, TI e no período total (Tabela 10). O CMA total para os animais que receberam a dieta controle foi 6,25% superior. Apesar de outros custos estarem envolvidos na produção suinícola (mão de obra, gastos veterinários, transporte, Funrural, depreciações, entre outros), como a alimentação representa 70% dos custos de produção, qualquer redução neste custo apresenta grande vantagem econômica. Houve efeito de sexo ($P < 0,05$) no CMA na fase de TI, no qual as fêmeas tiveram menor custo. Isso se deve à CA nesta fase, que foi melhor para as fêmeas em relação aos machos. Foi observada interação ($P < 0,05$) tratamento-sexo na fase de TII, tendo as fêmeas da D1 obtido menor custo com alimentação (R\$ 1,82/kg de ganho de peso) que os machos (R\$ 2,10/kg de ganho de peso).

A receita líquida foi maior ($P < 0,05$) para a D1, com valores de R\$ 35,66 v.s. R\$ 25,37/cabeça para D2. Apesar destes resultados poderem variar de acordo com a cotação das matérias-primas, as quais variam ao longo do ano, no período em que o experimento foi realizado o ajuste nutricional da dieta demonstrou melhor retorno econômico.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo demonstram a possibilidade de redução dos níveis nutricionais utilizados no Brasil na formulação de dietas, pois estes estão aparentemente acima da real exigência dos suínos, visto que a redução do nível de PB, PT e AA não influenciaram o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne avaliados neste estudo. Além disso, esse ajuste nutricional demonstra ser uma maneira eficiente de minimizar o impacto ambiental destes nutrientes no meio ambiente. A análise econômica demonstrou a viabilidade em se reduzir o nível nutricional das dietas, portanto a adoção de estratégias que ajustem o nível de nutrientes da dieta, como o caso do software InraPorc®, são uma alternativa viável para as dietas avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AARNINK, A. J. A. and M. W. A VERSTEGEN. 2007. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Sci.* 109:10.
- ABCS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. 1973. Método brasileiro de classificação de carcaças. Publicação técnica n.2. Estrela, RS, 1973, 17p.
- ALONSO, V., M. M. CAMPO, L. PROVINCIAL, P. RONCALÉS and J. A. BELTRÁN. 2010. Effect of protein level in commercial diets on pork meat quality. *Meat Sci.* 85:7–14.

AOAC INTERNATIONAL. 1999. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington: AOAC International, 1141p.

ATHAYDE, N. B., O. A. DALLA COSTA, R. O. ROÇA, A. L. GUIDONI, C. B. LUDTKE and G. J. M. M. LIMA. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. *J. Anim. Sci.* 2012.90:4604–4610.

BARBOSA, H. C. A., A. A. VIEIRA, F. Q. ALMEIDA, Z. S. TEIXEIRA, R. M. SOUZA AND J. F. CAMPOS. 2003. Qualidade da carcaça de suínos em terminação alimentados com diferentes níveis de restrição alimentar e de energia na dieta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* 55:606-614.

BERTOL, T. M., R. M. L. CAMPOS, J. V. LUDKE, N. N. TERRA, E. A. P. FIGUEIREDO, A. COLDEBELLA, J. I. DOS SANTOS FILHO, V. L. KAWSKI, and N. M. LEHR. 2013. Effects of genotype and dietary oil supplementation on performance, carcass traits, pork quality and fatty acid composition of backfat and intramuscular fat. *Meat Science*, 93, 3:507–516.

BOROSKY, J. C., M. A. ROCHA, C. A. SILVA, A. M. BRIDI and R. A. MONTEIRO. 2011. Fibra muscular, desempenho e a qualidade da carcaça de quatro grupos genéticos de suínos. *Ciência Animal Brasileira*, 12, 3:427-434.

CROMWELL, G. L., T. S. STAHLY, R. D. COFFEY, H. J. MONEGUE and J. H. RANDOLPH. 1993. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of

phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. *Journal of Animal Science*, 71,7:1831-1840.

DOURMAD, J. Y. and C. JONDREVILLE. 2007. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. *Livestock Science* 112:192–198.

DOURMAD, J. Y., C. POMAR and D. MASSÉ. 2003. Mathematical modelling of manure production by pig farms. Effect of feeding and housing conditions. *Eastern Nutrition Conference*: 15 p.

GUIDONI, A. L., O. A. DALLA COSTA and T. M. BERTOL. 2007. Preditores e predição do peso, porcentagem e quantidade de carne de carcaça suínas e suas partes. *Relatório Técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*.

HARPER, A. F., E. T. KORNEGAY and T. C. SCHELL. 1997. Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves 56 ance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and redi phosphorus excretion. *J. Anim. Sci.* 75:3174–3186.

HAUSCHILD, L., P. A. LOVATTO, J. POMAR and C. POMAR. 2012. Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 90:2255–2263.

HENRY, Y. and B. SÈVE. 1993. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan and threonine. *Pig News Inf.*, 14:35N-43N.

HONIKEL, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49:447–457.

HUYNH, T.T.T., A. J. A. AARNINK, M. W. A. VERSTEGEN, W. J. J. GERRITS, M. J. W. HEETKAMP, B. KEMP and T. T. CANH, T.T. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, 83,4:1385-1396.

KERR, B. J., T. E. WEBER, P. S. MILLER, L. L. SOUTHERN. 2010. Effect of phytase on apparent total tract digestibility of phosphorus in corn-soybean meal diets fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:238–247.

LEBRET, B. 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*, 2:1548–1558.

LUDKE, M. C. M. M., J. LÓPEZ, J. V. LUDKE and S. NICOLAIEWSKY. 2002. Utilização da fitase em dietas com ou sem farelo de arroz desengordurado para suínos em crescimento/terminação. *R. Bras. Zootec.*, 31, 5:2002-2010.

MAHAN, D.C. and R. G. SHIELDS JR. 1998. Macro and micromineral composition of pigs from birth to 145 kilograms of body weight. *J. Anim. Sci.* 76:506–512.

MORALES, J.I., L. CÁMARA, J. D. BERROCOSO, J. P. LÓPEZ, G. G. MATEOS and M. P. SERRANO. 2011. Influence of sex and castration on growth performance and carcass quality of crossbred pigs from 2 Large White sire lines. *J. Anim. Sci.* 89:3481–3489.

National Pork Producers Council - NPPC. 1999. Pork quality standards. Des Moines, IA: National Pork Producers.

PATIENCE, J. F.; THACKER, P. A.; DE LANGE, C. F. M. Swine nutrition guide. 2. ed. Saskatoon, CA: University of Saskatchewan, 1995. 274 p.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de. 1998. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. da; SESTI, L. A. C. (Ed.). Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998. cap. 11, p.221-235.

PFEIFFER, A.; HENKEL, H. 1991. The effect of different dietary protein levels on water intake and water excretion of growing pigs. In: EAAP – CONGRESS ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN THE PIGS, 5., 1991, Wageningen. Proceedings... Wageningen: EAAP Publication, 1991. p.126-131.

PORTEJOIE, S., J. Y. DOURMAD, J. MARTINEZ and Y. LEBRETON. 2004. Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs. Livestock Production Science 91:45–55.

ROBERT MCNEEL AND ASSOCIATES. 2007. Rhino: user's guide, Seattle, versão 4.0, 119p

ROSTAGNO, H.S., L. F. T. ALBINO, J. L. DONZELE, P. C. Gomes, R. F. de Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. de T. Barreto, R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p.

SAS INSTITUTE INC. 2001. SAS/STAT user's guide: statistics. Versão 8, Cary: SAS Institute, 155p.

TEYE, G. A., P. R. SHEARD, F. M. WHITTINGTON, G. R. NUTE, A. STEWART, and J. D. WOOD. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects

on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. Meat Sci. 73(1):157-65.

VAN MILGEN, J., A. VALANCOGNE, S. DUBOIS, J. Y. DOURMAD, B. SÈVE and J. NOBLET. 2008. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. Animal Feed Science and Technology, 143(1-4):387-405.

VIDAL, T.Z.B., D. O. FONTES, F. C. O. SILVA, C. H. F. VASCONCELLOS, M. A. SILVA, J. L. KILL and L. P. O. SOUZA. 2010. Efeito da redução da proteína bruta e da suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 62(4):914-920.

Tabela 01. Composição centesimal e calculada das dietas experimentais

Ingredientes	Fase							
	25 – 50 kg		50 – 80 kg		80 – 105 kg		105 – 130 kg	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
Milho	76,420	64,707	77,742	70,285	81,099	75,099	83,426	79,728
Farelo de soja	20,000	30,454	19,900	26,811	16,582	22,389	14,580	17,962
Fosfato bicálcico	1,200	1,165	0,940	0,923	0,595	0,829	0,539	0,759
Calcário calcítico	0,670	0,813	0,575	0,742	0,751	0,664	0,688	0,606
Óleo de soja	0,630	2,132	0,262	0,490	0,188	0,194	-	-
Sal	0,354	0,352	0,204	0,330	0,309	0,309	0,404	0,404
L-Lisina	0,310	0,093	0,136	0,131	0,158	0,183	0,103	0,211
Premix vitamínico ¹	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-treonina	0,090	-	-	0,008	0,030	0,044	-	0,047
DL-metionina	0,043	0,035	-	0,031	0,024	0,040	-	0,030
L-triptofano	0,027	-	0,001	-	0,005	-	-	0,003
Fitase ³					0,010	-	0,010	-
Composição (matéria natural)								
EM (kcal/kg)*	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230
MS (%)**	88,20	88,06	87,48	87,25	87,79	87,86	88,41	88,21
PB (%)**	15,44	18,21	15,39	18,56	14,78	16,12	12,55	14,11
Ca (%)**	0,694	0,755	0,651	0,641	0,800	0,720	0,461	0,421
P disponível (%)*	0,304	0,314	0,268	0,269	0,270	0,248	0,257	0,231
P total (%)**	0,546	0,578	0,490	0,487	0,439	0,482	0,386	0,456
Lis digestível (%)*	0,957	0,943	0,816	0,891	0,751	0,829	0,588	0,748
Met digestível (%)*	0,286	0,286	0,243	0,269	0,245	0,260	0,189	0,232
Treo digestível (%)*	0,642	0,615	0,553	0,579	0,556	0,555	0,415	0,510
Trip digestível (%)*	0,176	0,196	0,150	0,178	0,150	0,155	0,115	0,135

¹ Conteúdo/kg de produto: Vit. D3, 150000UI; Vit. E, 15000UI; Vit. K3, 1500mg; Vit. B1, 1350mg; Vit B2, 4000mg; Vit B6, 2000mg; Vit. B12, 20000mcg; Ácido pantotênico, 9350mg; Niacina, 20g; Ácido fólico, 600mg; Se, 300mg; Biotina, 80mg; Vit. A, 6000000UI.

² Conteúdo/kg de produto: Zn, 100g; Cu, 10g; Fe, 100g; Mn, 40g; I, 1500mg; Co, 1000mg.

³ Conteúdo/kg de produto: 5000FTU/g.

*, Composição calculada; **, Composição analisada.

EM, energia metabolizável; PB, proteína bruta; Ca, cálcio; P, fósforo; Lis, lisina; Met, metionina; Treo, treonina; Trip, triptofano.

Tabela 02. Composição nutricional das matérias-primas utilizadas na fabricação das dietas experimentais (dados na matéria natural)

%	Milho	Farelo de soja	Fosfato bicálcico	Calcário calcítico
MS	87,5	87,41		
PB	7,13	44,42		
P			17,54	
Ca			19,82	35,33
Mg			1,58	2,14

MS, matéria seca; PB, proteína bruta; P, fósforo; Ca, cálcio; Mg, magnésio.

Tabela 03. Ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos recebendo dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2) durante as fases de crescimento e terminação.

kg/suíno	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
Crescimento I								
GPD	0,806	0,788	0,815	0,779	0,351	0,069	0,405	0,041
CRD	1,68	1,62	1,68	1,62	0,067	0,049	0,052	0,065
CA	2,08	2,05	2,06	2,08	0,382	0,590	0,253	0,070
Crescimento II								
GPD	0,934	0,956	0,985	0,905	0,405	0,010	0,307	0,058
CRD	2,46	2,51	2,63	2,34	0,348	0,000	0,348	0,129
CA	2,64	2,63	2,68	2,59	0,841	0,111	0,673	0,116
Terminação I								
GPD	0,950	0,983	0,995	0,938	0,237	0,053	0,899	0,059
CRD	2,48	2,66	2,75	2,39	0,016	0,000	0,637	0,145
CA	2,61	2,70	2,76	2,55	0,150	0,005	0,457	0,142
Terminação II								
GPD	0,955	0,988	0,975	0,968	0,337	0,834	0,117	0,073
CRD	3,28	3,45	3,48	3,25	0,159	0,063	0,335	0,242
CA	3,51	3,53	3,58	3,46	0,805	0,179	0,007	0,189
Período total								
GPD	0,910	0,927	0,943	0,894	0,292	0,007	0,928	0,034
CRD	2,42	2,50	2,58	2,34	0,118	0,000	0,214	0,105
CA	2,67	2,70	2,74	2,63	0,405	0,013	0,145	0,083

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual.

Tabela 04. Perfil animal utilizado para calibrar o programa InraPorc®

Idade (dias)	Estimado		Observado	
	Consumo acumulado (kg)	Peso (kg)	Consumo acumulado (kg)	Peso (kg)
Crescimento I				
61	0	25,0	0	24,4
74	19,4	34,9	19,9	34,5
87	47,7	50,1	41,8	45,1
Crescimento II				
88	0	50,1	0	46,1
102	33,0	65,0	29,3	58,4
116	68,7	80,2	62,3	71,2
Terminação I				
129	0	84,0	0	85,0
139	29,4	94,5	23,7	93,1
150	66,6	106,5	57,1	104,2
Terminação II				
144	0	99,0	0	97,6
162	57,5	119,0	58,8	115,8
178	109,0	135,5	111,9	131,6*

* Peso estimado para os 178 dias considerando o GPD no período. O experimento terminou aos 173 dias de idade, com consumo acumulado de 95,3 kg e peso vivo de 126,3 kg.

Tabela 05. Consumo de água diário (CAD) e volume de dejetos diário (VDD) de suínos recebendo dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2) durante as fases de crescimento e terminação.

L/suíno/dia	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
Crescimento I								
CAD	5,22	4,79	5,31	4,69	0,499	0,339	0,084	1,384
VDD	2,75	2,30	2,51	2,55	0,340	0,931	0,940	1,022
Crescimento II								
CAD	6,02	6,13	6,57	5,59	0,887	0,203	0,430	1,630
VDD	3,96	3,77	3,45	4,28	0,808	0,294	0,565	1,682
Terminação I								
CAD	6,40	6,20	6,65	5,95	0,861	0,536	0,405	2,447
VDD	5,04	4,65	3,85	5,83	0,758	0,133	0,659	2,752
Terminação II								
CAD	6,83	6,29	6,70	6,42	0,665	0,821	0,178	2,754
VDD	4,91	4,43	4,64	4,70	0,629	0,952	0,419	2,163
Período total								
CAD	6,07	5,84	6,30	5,61	0,784	0,411	0,221	1,502
VDD	4,05	3,70	4,47	4,29	0,611	0,244	0,794	1,807

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual.

Tabela 06. Estimativas do fósforo (P) ingerido, retido e excretado por suínos nas fases de crescimento e terminação, recebendo dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2).

P (g/suíno)	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
Crescimento I								
Ingerido	255,63	261,65	263,5	253,78	0,218	0,058	0,061	10,358
Excretado	159,21	168,05	166,07	161,18	0,015	0,003	0,143	6,984
Retido	96,43	93,60	97,43	92,60	0,259	0,066	0,485	5,328
Crescimento II								
Ingerido	420,67	428,27	449,89	399,05	0,457	0,000	0,343	22,102
Excretado	248,56	255,68	277,16	227,07	0,577	0,002	0,805	27,792
Retido	172,35	172,59	172,72	171,98	0,941	0,907	0,306	13,873
Terminação I								
Ingerido	304,37	356,25	350,93	308,7	0,000	0,000	0,506	18,351
Excretado	163,04	206,85	196,62	173,27	0,000	0,022	0,347	19,871
Retido	141,34	148,40	154,30	135,43	0,498	0,086	0,766	14,945
Terminação II								
Ingerido	176,22	219,52	205,39	190,35	0,000	0,042	0,351	14,788
Excretado	57,60	95,80	82,16	71,25	0,000	0,043	0,044	10,796
Retido	118,62	123,72	123,24	119,10	0,214	0,308	0,275	8,681
Período total								
Ingerido	1156,89	1264,69	1269,70	1151,88	0,000	0,000	0,165	47,490
Excretado	628,40	726,38	722,01	632,77	0,000	0,000	0,089	36,928
Retido	528,50	538,31	547,70	519,11	0,288	0,007	0,926	19,745

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual.

Tabela 07. Estimativas do nitrogênio (N) ingerido, retido e excretado por suínos nas fases de crescimento e terminação, recebendo dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2).

N (kg/suíno)	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
Crescimento I								
Ingerido	1,32	1,50	1,43	1,38	0,000	0,076	0,081	0,058
Excretado	0,84	1,03	0,95	0,92	0,000	0,167	0,047	0,041
Retido	0,48	0,47	0,48	0,46	0,259	0,070	0,452	0,026
Crescimento II								
Ingerido	2,42	2,99	2,86	2,55	0,000	0,000	0,633	0,141
Excretado	1,56	2,13	2,00	1,69	0,000	0,001	0,956	0,165
Retido	0,86	0,86	0,86	0,86	0,937	0,953	0,285	0,069
Terminação I								
Ingerido	1,90	2,20	2,18	1,92	0,000	0,000	0,489	0,114
Excretado	1,22	1,48	1,45	1,25	0,000	0,002	0,221	0,109
Retido	0,69	0,72	0,74	0,67	0,512	0,213	0,595	0,109
Terminação II								
Ingerido	1,05	1,24	1,19	1,10	0,000	0,041	0,326	0,086
Excretado	0,46	0,63	0,59	0,51	0,000	0,018	0,050	0,066
Retido	0,58	0,61	0,60	0,59	0,192	0,701	0,172	0,388
Período total								
Ingerido	5,83	6,92	6,69	6,06	0,000	0,000	0,243	0,248
Excretado	3,22	4,26	4,01	3,48	0,000	0,000	0,140	0,204
Retido	2,61	2,66	2,68	2,59	0,273	0,031	0,848	0,088

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual.

Tabela 08. Características de carcaça de suínos recebendo dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2) durante as fases de crescimento e terminação.

	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
Crescimento (mm)								
ET*	13,30	13,30	13,80	12,70	0,956	0,028	0,276	2,186
PM*	58,90	59,20	60,10	58,00	0,834	0,067	0,985	4,742
Terminação (mm)								
ET*	19,70	19,90	21,60	18,00	0,708	0,000	0,147	3,068
PM*	75,10	75,00	75,20	74,90	0,923	0,795	0,967	4,688
Abate (mm)								
ET P2	21,60	21,60	23,90	19,40	0,977	0,002	0,109	4,674
ET PC	31,50	31,60	33,60	29,50	0,925	0,003	0,139	5,539
ET OS	21,20	20,80	23,00	19,00	0,696	0,003	0,265	4,049
ET UC	23,10	23,90	25,10	21,90	0,335	0,003	0,391	4,727
AOL (cm ²)	49,10	49,20	47,70	50,60	0,981	0,047	0,851	6,243
AG (cm ²)	26,20	25,40	27,40	24,20	0,468	0,002	0,642	4,540
RC (%)	74,00	74,00	74,00	73,90	0,828	0,817	0,103	1,201

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual; ET, espessura de toucinho; PM, profundidade do músculo *Longissimus dorsi*; P2, região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar a seis centímetros da linha média de corte da carcaça; PC, primeira costela; PS, primeira vértebra sacral; UC, última costela; AOL, área de olho de lombo; AG, área de gordura; RC, rendimento de carcaça.

*Medidas feitas com equipamento de ultrassom (modelo Aloka, SSD 500V, acoplado com sonda linear USF-5011U-3.5; Aloka, USA).

Tabela 09. Efeito da dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2) durante as fases de crescimento e terminação sobre os parâmetros de qualidade do lombo e pernil de suínos após o abate.

	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
Lombo								
Cor								
L*	46,30	46,00	46,10	46,10	0,708	0,940	0,388	2,306
a*	3,78	3,66	4,08	3,36	0,667	0,024	0,248	1,028
b*	4,56	4,46	4,70	4,32	0,812	0,364	0,464	1,054
pH								
45'	6,30	6,40	6,30	6,40	0,133	0,369	0,106	0,177
24h	5,60	5,60	5,60	5,60	0,704	0,271	0,010	0,108
Temperatura								
45'	26,50	26,60	26,60	26,50	0,135	0,487	0,988	0,716
24h	3,18	3,01	3,11	3,09	0,043	0,720	0,659	0,327
ECor	3,78	3,53	3,47	3,85	0,460	0,265	0,195	0,955
Marm	2,13	1,80	2,13	1,80	0,152	0,152	0,377	0,729
PAG	6,07	7,20	6,43	5,73	0,527	0,394	0,738	2,607
Pernil								
Cor								
L*	43,40	44,00	43,60	43,80	0,472	0,785	0,661	2,452
a*	6,10	5,33	5,84	5,58	0,018	0,373	0,833	1,018
b*	4,95	4,89	5,00	4,84	0,893	0,698	0,587	1,171
pH								
45'	6,50	6,50	6,50	6,50	0,435	0,178	0,260	0,175
24h	5,70	5,70	5,70	5,70	0,235	0,350	0,071	0,096
Temperatura								
45'	26,60	26,80	26,80	26,50	0,122	0,011	0,044	0,624
24h	3,15	2,97	3,07	3,06	0,039	0,884	0,422	0,313
ECor	3,80	3,88	3,78	3,90	0,450	0,296	0,065	0,629
PAG	3,40	3,17	3,12	3,44	0,520	0,297	0,705	1,346

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual; L*, luminosidade (L, 0 = preto; 100 = branco); a*, intensidade da cor vermelha; b*, intensidade da cor amarela; 45', 45 minutos após o abate; 24h, 24 horas após o abate; ECor, escore de cor; Marm, marmoreio; PAG, perda de água por gotejamento (%).

Tabela 10. Custos médios com alimentação (CMA) e receita líquida (RL) da produção de suínos em crescimento e terminação utilizando dieta com ajuste nutricional (D1) e dieta controle (D2).

	Tratamento		Sexo		P			EPR
	D1	D2	M	F	Trat	Sexo	Int	
CMA (R\$/kg de ganho de peso)								
C I	1,52	1,57	1,54	1,55	0,068	0,709	0,359	0,047
C II	1,57	1,66	1,64	1,59	0,009	0,098	0,662	0,070
T I	1,51	1,63	1,63	1,51	0,007	0,005	0,453	0,084
T II	1,96	2,13	2,10	1,99	0,057	0,190	0,048	0,048
Total	1,65	1,76	1,74	1,67	0,000	0,206	0,559	0,052
RL (R\$/cabeça)								
	35,66	25,37	29,27	31,76	0,003	0,389	0,278	6,223

P, probabilidade; Trat, tratamento; Int, interação; EPR, erro padrão residual.

C I, crescimento I; C II, crescimento II; T I, terminação I; T II, terminação II.

CAPÍTULO III

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos confirmam que os níveis de proteína bruta (PB), aminoácidos (AA) e fósforo total (PT) recomendados para as dietas de suínos no Brasil, estão acima da real exigência do animal, e que a adequação destes níveis não afeta o desempenho, as características de carcaça e os parâmetros de qualidade da carne de suínos nas fases de crescimento e terminação. Os modelos matemáticos para prever a composição dos dejetos demonstraram que a redução dos AA e do PT da dieta é eficiente em diminuir a excreção de nitrogênio (N) e fósforo pelos suínos.

Outro ponto relevante do trabalho foi a possibilidade de utilização do software InraPorc® para a adequação das exigências nutricionais de suínos em condições nacionais de produção. Embora o programa tenha sido desenvolvido para um contexto europeu de produção, o modelo demonstrou um ajuste adequado à produção brasileira, principalmente pela possibilidade de criação de um perfil animal com dados produtivos nacionais. Isto demonstra que o software pode ser aplicado em diferentes sistemas de produção, bastando somente calibrar o perfil animal de acordo com o consumo de ração e ganho de peso médio do lote. A precisão do modelo nas simulações depende, principalmente, da qualidade dos dados para calibração do perfil. Neste estudo foi utilizado os dados de idade, consumo de ração e ganho de peso das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011). Mesmo estes sendo dados médios oriundos de vários experimentos realizados ao longo dos anos, o software foi eficiente em atender o nosso objetivo principal: reduzir os níveis de nutrientes da dieta mantendo o mesmo desempenho que uma dieta formulada com níveis nutricionais tabelados para suínos.

Uma das dificuldades encontradas no trabalho foi em relação a usar o software InraPorc®, que foi trabalhoso no início das simulações. Como o ajuste nutricional das dietas era feito por tentativas, era necessário fazer a simulação, observar quais os nutrientes que estavam em excesso ou com deficiência, voltar na dieta e modificar os níveis nutricionais. Apesar do software oferecer a possibilidade de ajustar as dietas de acordo com o sexo do animal (machos inteiros, castrados ou fêmeas), na indústria isto ainda não ocorre, portanto foi criada uma dieta que atendesse ambos os sexos.

O experimento realizado apresenta resultados relevantes e que abrem espaço para novas pesquisas relacionadas ao tema. A necessidade de redução dos níveis nutricionais praticados no Brasil está clara. Estes estão acima do exigido pelo animal. Sob as condições avaliadas, foi possível reduzir a PB em 2,77 e 3,17% nas fases de crescimento I e II e 1,34 e 1,56% nas fases de terminação I e II, respectivamente. O PT também foi reduzido 0,043% na terminação I e 0,070% na terminação II, sem influenciar o desempenho, as características de carcaça e os parâmetros de qualidade de carne avaliados.

O rigor cada vez maior dos órgãos ambientais com relação ao licenciamento de novos empreendimentos destinados à suinocultura, leva os pesquisadores a desenvolverem estudos com o intuito de buscar alternativas que tornem a produção suinícola ambientalmente sustentável. Portanto essa

redução dos níveis de N e PT da dieta, realizada no presente estudo, demonstra ser uma maneira eficiente de minimizar o impacto desses minerais no meio ambiente.

No Brasil, poucos trabalhos foram executados avaliando a possibilidade de utilização do InraPorc® nas condições brasileiras de produção de suínos, sendo poucos os grupos de pesquisa que trabalham com este modelo, como é o caso da Universidade Federal de Santa Maria, Universidade Federal do Paraná e, recentemente, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Além disso, comercialmente o programa não é utilizado, portanto a demonstração da viabilidade de utilização do software na produção de suínos nacional é necessária.

Também cabe aqui agradecer a oportunidade de realizar a parte experimental deste projeto nas dependências do Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves (Embrapa – CNPSA), graças à parceria firmada entre a empresa e o Laboratório de Enzimo Zootécnico. Contar com a estrutura física e intelectual da Embrapa Suínos e Aves facilitou a execução do projeto e fortaleceu ainda mais esta pesquisa, e o conhecimento teórico obtido durante o mestrado, aliado ao trabalho com outros pesquisadores de fora da universidade, permitiu engradecer esta etapa acadêmica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AARNINK, A. J. A.; VERSTEGEN, M. W. A. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 109, n. 1-3, p. 10, 2007.

ADEOLA, O. Bioavailability of tryptophan in soybean meal for 10-kg pigs using the slope–ratio assay. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 2411–2419, 1996.

ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Board-invited review: opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 10, p. 3189–218, 2011.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of pigs**. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureau, 1981. 307 p.

ALMEIDA, F. N.; STEIN, H. H. Performance and phosphorus balance of pigs fed diets formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 9, p. 2968–2977, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Produção Mundial de Carne Suína 2005 a 2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/index.php?page=producao-2>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Produção Brasileira de Carne Suína 2004 a 2012**. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercado-interno/producao/Producao_2012.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2013.

BALL, M. E. E. et al. The effect of level of crude protein and available lysine on finishing pig performance, nitrogen balance and nutrient digestibility. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v. 26, n. 4, p. 564-572, 2013.

BARIONI, L. G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte**. 2002. 100 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2002.

BEQUETTE, B. J. Amino acid metabolism in animals: an overview. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition. Edinburgh, UK: CABI, 2003. 515 p.

BLACK, J. Amino acid and energy requirements. In: MOUGHAN, P.J.; VERSTEGEN, M. W. A.; VISSER, M. **New Developments in Feed evaluation**. The Netherlands: Wageningen pers., 2000. p. 189-207.

BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition. Edinburgh, UK: CABI, 2003. 515 p.

CARPENTER, D. A.; O'MARA, F. P.; O'DOHERTY, J. V. The effect of dietary crude protein concentration on growth performance, carcass composition and nitrogen excretion in entire grower-finisher pigs. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, Carlow, v. 43, p. 227–236, 2004.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Preço da arroba influencia valor do sal mineral. **CNA Brasil**, ano 3, edição 20, 2011. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Ativo_Corte_agosto_v006.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2014.

CROMWELL, G. L. ASAS Centennial Paper: Landmark discoveries in swine nutrition in the past century. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 2, p. 778–92, 2009.

DAVIS, T.A., NGUYEN, H.V., SURYAWAN, A., BUSH, J.A., JEFFERSON, L.S. AND KIMBALL, S.R. Developmental changes in the feeding-induced stimulation of translation initiation in muscle of neonatal pigs. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 279, n. 6, p. 1226–34, 2000.

D'MELLO, J. P. F. Adverse effects of amino acids. In: _____ **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition. Edinburgh, UK: CABI, 2003. 515 p.

DEGRÉ, A.; VERHÈVE, D.; DEBOUCHE, C. Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction: revue bibliographique. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, [S.I.], v. 5, n. 3, p. 135–143, 2001.

DOURMAD, J. Y.; JONDREVILLE, C. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 112, n. 3, p. 192–198, 2007.

DUBEAU, F.; JULIEN, P. O.; POMAR, C. Formulating diets for growing pigs: economic and environmental considerations. **Annals of Operations Research**, New York, v. 190, p. 239–269, 2011.

FISCHER, G. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja, com ou sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 402-410, 2002.

FULLER, M. F. et al. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. **British Journal of Nutrition**, London, v. 62, n. 2, p. 255-267, 1989.

FULLER, M. F. **The encyclopedia of farm animal production**. Wallingford, USA: CABI Publishing, 2004. 620 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Critérios técnicos para o licenciamento ambiental de novos empreendimentos destinados à suinocultura**. [Porto Alegre]: [s.n.], 2007. 10 p.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa nº 11, 2009. Dispõe sobre Suinocultura. SC, 2009. 8 p.

GOLOVAN, S. P. et al. Pigs expressing salivary phytase produce low-phosphorus manure. **Nature Biotechnology**, New York, v. 19, n. 8, p. 741–745, 2001.

HAUSCHILD, L. **Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 2010. 142 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

HINSON, R. B. et al. Effect of feeding reduced crude protein and phosphorus diets on weaning-finishing pig growth performance, carcass characteristics, and bone characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, n. 87, n. 4, p. 1502-1517, 2009.

INRAPORC. **Un outil pour évaluer des stratégies alimentaires chez le porc**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 2006.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Instrução Normativa nº 105/006 – Anexo 6: Aplicação de dejetos de suínos no solo para fins agrícolas. 2009. 5 p

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária**. [Brasília]: IBGE, 2013. 49 p.

JEAN DIT BAILLEUL, P. et al. Reducing nitrogen excretion in pigs by modifying the traditional least-cost formulation algorithm. **Livestock Production Science**, New York, v. 72, n. 3, p. 199–211, 2001.

JONDREVILLE, C.; DOURMAD, J. Y. Le phosphore dans la nutrition des porcs. **INRA Production Animal**, Saint-Genès, v. 18, n. 3, 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**, New York, v. 31, n. 1-2, p. 75-94, 1992.

KEBREAB, E. et al. Modeling the efficiency of phosphorus utilization in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 9, p. 2774–2781, 2011.

KERR, B. J. et al. Effect of phytase on apparent total tract digestibility of phosphorus in corn-soybean meal diets fed to finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 238–47, 2010.

KONIETZNY, U.; GREINER, R. Molecular and catalytic properties of phytate-degrading enzymes (phytases). **International Journal of Food Science and Technology**, Malden, v. 37, n. 7, p. 791–812, 2002.

KUNZ, A; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

LE BELLEGO, L; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, New York, v. 76, n. 1–2, 2002, p. 45–58.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. Oxidação de aminoácidos e a produção de ureia. In: _____. **Principles of Biochemistry**. 5th ed. W. H. Freeman: New York, 2008. 1100 p.

LEI, X. G. et al. Phytase, a new life for na “old”enzyme. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 1, p. 283–309, 2013.

LEI, X. G. et al. Supplementing corn-soybean meal diets with microbial phytase maximizes phytate phosphorus utilization by weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 12, p. 3368–3375, 1993.

LOVATO, G. D. **Ajustes nutricionais para suínos em crescimento e terminação através de uma ferramenta de nutrição de precisão**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I. Uso da modelagem para a racionalização do manejo nutricional de fêmeas suínas gestantes e lactantes. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 38, n. 1, p. s211-s220, 2010.

LOVATTO, P. A.; SAUVANT, D. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. **Ciência Rural**, Santa Marina, v. 31, n. 4, p. 663-670, 2001.

LOZANO, A. P. et al. Níveis de fitase em rações para suínos em fase de terminação. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, n. 232, p. 839-850, 2011.

MACHINSKY, T. G. et al. Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, 2010.

MATEOS, G. G. et al. New perspectives on mineral nutrition of pigs. In: LYONS, T. P.; JACQUES, K. A. **Nutritional biotechnology in the feed and food industries**. [S.l.: s.n.], 2005. 462 p.

MCLEOD, M. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. **British Poultry Science**, London, v. 38, n. 4, p. 405-411, 1997.

MENG, X. et al. Degradation of cell wall polysaccharides by combination of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 37-47, 2005.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Águas subterrâneas: Aquífero Guarani**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/item/8617>>. Acesso em: 20 Jan. 2014.

MITCHELL, H. H. **Comparative nutrition of man and domestic animals**. New York: Academic Press, 1964, 118 p.

MOSENTHIN, R.; RADEMACHER, M. Digestible amino acids in diet formulation for pigs. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. 2nd edition. Edinburgh, UK: [s.n.], 2003. 515 p.

MOUGHAN, P. J. Amino acid availability: aspects of chemical analysis and bioassay methodology. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 16, n. 2, p. 127-141, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of swine**. 11. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2012. 400 p.

NOBLET, J. et al. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 344-354, 1994.

NOBLET, J.; QUINIOU, N. Principaux facteurs de variation du besoin en acides aminés du porc en croissance. **Techni-Porc**, Paris, v. 22, n. 4, p. 9-16, 1999.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Cotações – Granjeiros. **Fechamento do preço do suíno vivo em 17/02/2014.** Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/granjeiros>>. Acesso em: 18 fev. 2014.

NUNES, R. V. et al. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p. 235-272.

NYACHOTI, C. M. et al. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in earlyweaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p.125–134, 2006.

O'CONNOR, P. M. J. et al. Stimulation of protein synthesis by amino acids and insulin varies with muscle fibre type and age. **Pediatric Research**, New York, n. 47, p.1730, 2000. (Suppl. S).

O'DELL, B. L.; DeBOLAND, A. Complexation of phytate with proteins and cations in corn germ and oilseeds meals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 24, n. 4, p. 804-808, 1976.

OLIVEIRA, P. A. V. **Uso racional da água na suinocultura.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002a. p. 63-71. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: treinamento 2002.

PALLAUF, J.; RIMBACH, G. Recent results on phytic acid and phytase. In: FORUM ANIMAL NUTRITION, 5., 1995, [Ludwigshafen]. **Proceedings...** [Ludwigshafen]: BASF, 1995. p. 43.

PATIENCE, J. F.; THACKER, P. A.; DE LANGE, C. F. M. **Swine nutrition guide.** 2. ed. Saskatoon, CA: University of Saskatchewan, 1995. 274 p.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.

R. S. da; SESTI, L. A. C. (Ed.). **Suinocultura intensiva**: produção, manejo e saúde do rebanho. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998. cap. 11, p.221-235.

PFEIFFER, A.; HENKEL, H. The effect of different dietary protein levels on water intake and water excretion of growing pigs. In: EAAP – CONGRESS ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN THE PIGS, 5., 1991, Wageningen. **Proceedings**... Wageningen: EAAP Publication, 1991. p.126-131.

POMAR, C. et al. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 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**, Amsterdam, v. 111, n. 1-2, p.16-27, 2007.

PORTEJOIE, S. et al. Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs. **Livestock Production Science**, New York, v. 91, n. 1-2, p. 45 – 55, 2004.

POSTERNAK, M. S. Sur un nouveau principe phosphor-organique d'origine végétale, la phytine. **Comptes rendus des séances de la Société de biologie**, [S.l.], v. 55, p.1190–92, 1903.

ROSTAGNO, H. S. et al. (Ed.). **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

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

SAUVANT, D. Modeling homeostatic and homeorhetic regulations in lactating animals. **Livestock Production Science**, New York, v.39, p.105-113, 1992.

SAUVANT, D.; BASTIANELLI, D.; VAN MILGEN, J. Systèmes d'unités d'alimentation et lois de réponse du porc aux régimes alimentaires. **Journées Recherche Porcine**, Paris, v. 27, p. 237-244, 1995.

SCOTT, J. T.; BROADBENTO, E. E. A computerized cattle feeding program for replacement and ration formulation. **Illinois Agricultural Economics**, Champaign, v. 2, n. 2, p. 16-25, 1972.

SELLE, P. H. et al. Protein-phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. **Nutrition Research Reviews**, [S.l.], v. 25, p. 1–17, 2012.

SHRIVER, J. A. et al. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 492–502, 2003.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Boletim Informativo do Setor de Alimentação Animal - Dezembro/2013**. Disponível em: <http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2013/12/sindiracoes-boletim_dezembro_05122013_site.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2014.

SINOTTI, A. P. S. **Avaliação do volume de dejetos e da carga de poluentes produzidos por suínos nas diferentes fases do ciclo criatório**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agrossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SUIDA, D. Formulação por proteína ideal e consequências técnicas, econômicas e ambientais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: [s.n.], 2007.

SUIDA, D. Proteína ideal, energia líquida e modelagem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2001, Santa Maria.. **Anais...** Santa Maria: [s.n.], 2001.

SUZUKI, U.; YOSHIMURA, K.; TAKAISHI, M. Über ein enzym‘Phytase’ das anhydro-oxy-methylen diphosphorsäure’ spalter. **Tokyo Imperial University. Coll. Agric. Bull.**, Tokyo, v. 7, p. 503–12, 1907.

TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura**. 2012. 233 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e Alimentação dos Animais**. Lavras: UFLA, FAEPE, 2001. 241 p.

TOZER, P. R.; STOKES, J. R. A multi-objective programming approach to feed ration balancing and nutrient management. **Agricultural System**, [S.l.], v. 67, n. 3, p. 201–215, 2001.

UNITED NATIONS. **UNECE Framework Code for Good Agriculture Practice for Reducing Ammonia**. [S.l.: s.n.], 2001. Disponível em: <<http://www.unece.org/env/documents/2001/eb/wg5/eb.air.wg.5.2001.7.e.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Unified National Strategy for Animal Feeding Operations**. Washington, DC: [s.n.], 1999. Disponível em: <<http://www.epa.gov/npdes/pubs/finafost.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

VAN ETTEN, R. L. et al. Covalent structure, disulfide bonding, and identification of reactive surface and active site residues of human prostatic acid phosphatase. **Journal of Biological Chemistry**, Rockville, v. 266, n. 4, p. 2313–2319, 1991.

VAN MILGEN, J. et al. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, v. 143, n. 1-4, p. 387-405, 2008.

VAN MILGEN, J. et al. Using InraPorc to reduce nitrogen and phosphorus excretion. **Recent Advances in Animal Nutrition**, [S.l.], v. 2008, n. 1, p. 179-194, 2009.

WELLOCK, I. J. et al. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 8, p. 2442-2450, 2004.

WHITTEMORE, C. T.; CLOSE, W. H.; HAZZLEDINE, M. J. **The need for nutrient requirement standards for pigs**. PigNews and Information, Wallingford, USA, v. 23, n. 3, p. 1-30, 2002.

WOYENGO, T. A. et al. Histomorphology and small intestinal sodium-dependent glucose transporter 1 gene expression in piglets fed phytic acid and phytase supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 8, p. 2485–90, 2011.

6. VITA

Alessandra Nardina Trícia Rigo Monteiro, filha de Helena Rigo e Alexandre Monteiro, nasceu em 17 de maio de 1988 em Concórdia – SC.

Cursou o ensino fundamental na Escola Básica Municipal Waldemar Pfeiffer e médio na Escola de Educação Básica Vidal Ramos Júnior, em Concórdia.

Ingressou no Curso de Zootecnia da Universidade Federal Paraná no primeiro semestre de 2007 e obteve o título da graduação em fevereiro de 2012. Durante a graduação foi monitora das disciplinas de Introdução à Zootecnia e Melhoramento Genético Animal I e foi estagiária voluntária no Laboratório de Estudos e Pesquisa em Produção e Nutrição de Não-Ruminantes (Lepnan). Foi bolsista de iniciação científica no Laboratório de Sistematização, Análise e Modelagem em Produção Animal, sob orientação do professor Marson Bruck Warpechowski, onde acompanhou vários projetos de pesquisa em nutrição de suínos e apresentou trabalho em duas edições do Encontro e Iniciação Científica (2010 e 2011), cujo trabalho obteve o 1º lugar na edição de 2011. Durante o período da graduação, também estagiou na Universidade Estadual de Maringá, Universidade Federal de Santa Catarina e no Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves (Embrapa).

Em abril de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio do Sul, área de concentração em Produção Animal e linha de pesquisa em Nutrição e Alimentação de Não-Ruminantes, com término em março de 2014. Realizou a parte experimental do projeto de mestrado em parceria com a Embrapa Suínos e Aves. Durante o mestrado, participou de projetos em nutrição de aves e suínos, participou de congressos com apresentação de trabalhos, publicou artigos como co-autora e resumos em eventos científicos.