

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

**Claudiele Aparecida dos Santos Camargo**

**SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE  
DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

**Santa Maria, RS  
2017**

**Claudiele Aparecida dos Santos Camargo**

**SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE  
DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

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

Orientador: Prof. Dr. Vladimir de Oliveira

Santa Maria, RS  
2017

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

dos Santos Camargo, Claudiele Aparecida  
SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE  
DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO /  
Claudiele Aparecida dos Santos Camargo.- 2017.  
54 p.; 30 cm

Orientador: Vladimir de Oliveira  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, RS, 2017

1. Simulação 2. Suínos 3. Crescimento 4. Programa de  
dietas 5. Lisina I. de Oliveira, Vladimir II. Título.

---

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Claudiele Aparecida dos Santos Camargo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

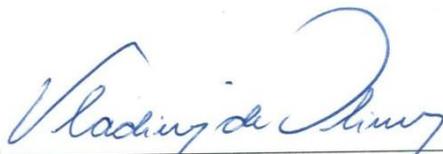
E-mail: claudielepopo@gmail.com

**Claudiele Aparecida dos Santos Camargo**

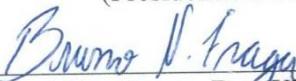
**SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE DIETAS PARA  
SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

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

**Aprovado em 21 de fevereiro de 2017:**



**Vladimir de Oliveira, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



**Bruno Neutzling Fraga, Dr. (UNIPAMPA – ITAQUI)**  
(Membro da Comissão)



**Paulo Santana Pacheco, Dr. (UFSM)**  
(Membro da Comissão)

Santa Maria, RS  
2017

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Ana Claudia dos Santos Camargo e Claudio Roberto de Souza Camargo, à minha irmã Gabriele e aos meus avós Maria dos Santos Alves (in memoriam), Dorilda de Souza Camargo e Euclides Camargo, dedico este trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, irmã e avós, por todo apoio, palavras de conforto e incentivo. Sou e serei eternamente grata por tudo que vocês dedicaram a mim.

Ao meu namorado, Douglas, por todo apoio e paciência ao longo desses 2 anos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vladimir de Oliveira, por toda ajuda, aprendizado e confiança depositados em mim ao longo da graduação e mestrado. Agradeço as palavras de incentivo e também pelas cobranças que, tenho certeza, só contribuíram.

Aos professores, Gerson Guarez Garcia e Arlei Rodrigues Bonet de Quadros, pelo aprendizado e confiança depositados durante os anos como colaboradora no setor de suinocultura.

Aos colegas de Pós-Graduação, Fernanda Pivotto Felin e Michael Chimainski, pelo companheirismo e disponibilidade em todos os momentos em que precisei.

Também aos mestres, Débora Aline Alves e Leonardo Tombesi da Rocha, pela amizade, risadas compartilhadas, palavras de incentivo e por serem pessoas extremamente bondosas e dedicadas ao que fazem, sendo um grande exemplo para mim.

A todos os estagiários do Setor de Suínos, que acompanharam essa trajetória ao longo desses 5 anos (graduação e mestrado), pela parceria, amizade, risadas e ajuda na execução de todas as atividades.

A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original.

(Albert Einstein)

## RESUMO

### **SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

AUTORA: Claudiele Aparecida dos Santos Camargo

ORIENTADOR: Vladimir de Oliveira

Em condições práticas de criação, os suínos recebem uma sequência de dietas durante a fase de crescimento e terminação. O número de dietas varia de acordo aos aspectos nutricionais e industriais, onde o mais usual é adotar programas contendo entre 3 e 5 dietas. O período de tempo que cada dieta é fornecida se baseia no número de dias que é assumido que os suínos vão conseguir um determinado ganho de peso corporal. No entanto existe variabilidade no desempenho entre os indivíduos em uma população e, assim o uso de um único programa de dietas pode não ser o mais adequado tanto técnica e economicamente. Dessa forma, o objetivo do estudo foi determinar, através da simulação, o impacto de programas de dietas e a variabilidade entre os animais na ingestão de lisina. A hipótese do estudo é de que o conhecimento da variabilidade permite elaborar planos de dietas que melhorem a utilização dos recursos. O estudo foi realizado simulando uma população de suínos machos castrados dos 60 aos 160 dias de idade. Foi gerada por meio de simulação uma população a partir da função de Gompertz de forma a obter diferentes curvas de crescimento. Foi retirada uma amostra da população representada pelos suínos leve, médio e pesado. A partir do conhecimento da curva de crescimento das três categorias foi calculado o consumo voluntário e a ingestão de energia metabolizável. As estimativas para o cálculo das exigências de lisina foram baseadas pelo método fatorial. Três programas de dietas foram estabelecidos, o primeiro contendo três dietas, o segundo quatro e terceiro programa com cinco dietas. As concentrações de lisina nas dietas foram baseadas nas exigências do suíno categorizado pesado e então aplicado aos animais leve e médio. A comparação entre os programas foi realizada considerando a quantidade de lisina ingerida e excreção de lisina. Na simulação a quantidade de lisina ingerida acima das exigências foi maior no animal leve seguido pelo médio e pesado e que o programa contendo 3 dietas gerou maiores quantidades de lisina acima do esperado para as 3 categorias de suínos. O suíno leve ingeriu 1,1 quilos de lisina acima do necessário para atender as exigências de manutenção e produção. Esse valor foi 41 e 233% superior aos constados com os suínos médio e pesado, respectivamente O programa de 3 dietas resultou em uma ingestão de 0,81 kg de lisina acima do necessário durante o período de simulação. O programa 4, por sua vez, provocou um consumo de 0,71 kg de lisina acima da exigência, enquanto o programa 5 a lisina ingerida acima da demanda foi de 0,68 kg. O aumento do número de dietas reduziu o excesso de lisina ingerida, e esta redução será maior quanto menor for a variabilidade da população para a exigência de lisina.

**Palavras-chave:** Necessidades. Estratégias alimentares. Aminoácido limitante. Excedente.

## ABSTRACT

### SIMULATION OF THE IMPACT OF DIFFERENT DIET PROGRAMS FOR PIGS IN GROWING-FINISHING

AUTHOR: Claudiele Aparecida dos Santos Camargo

ADVISOR: Vladimir de Oliveira

Under practical breeding conditions, the pigs receive a sequence of diets during the growth and termination phase. The number of diets varies according to the nutritional and industrial aspects, where the most usual is to adopt programs containing between 3 and 5 diets. The length of time each diet is provided is based on the number of days it is assumed that the pigs will achieve a particular gain in body weight. However, there is variability in performance among individuals in a population and thus the use of a single diet program may not be the most appropriate both technically and economically. Thus, the objective of the study was to determine, through the simulation, the impact of diets programs and the variability among animals in lysine intake. The hypothesis of the study is that knowledge of variability allows the elaboration of diets that improve the utilization of resources. The study was performed simulating a population of castrated male pigs from 60 to 160 days of age. A population was generated by simulation from the Gompertz function in order to obtain different growth curves. A sample of the population represented by the light, medium and heavy pigs was taken. From the knowledge of the growth curve of the three categories was calculated the voluntary consumption and the metabolizable energy intake. Estimates for the calculation of lysine requirements were based on the factorial method. Three diets programs were established, the first containing three diets, the second four and third program with five diets. The lysine concentrations in the diets were based on the requirements of the heavy categorized pig and then applied to the light and medium animals. The comparison between the programs was performed considering the amount of lysine ingested and lysine excretion. In the simulation the amount of lysine ingested above the requirements was higher in the light animal followed by the medium and heavy and that the program containing 3 diets generated higher amounts of lysine than expected for the 3 categories of pigs. The lightweight swine ingested 1.1 pounds of lysine above what was needed to meet maintenance and production requirements. This value was 41 and 233% higher than those recorded with the medium and heavy pigs, respectively. The 3-diet program resulted in an intake of 0.81 kg of lysine above that required during the simulation period. Program 4, in turn, caused a consumption of 0.71 kg of lysine above the requirement, while program 5 the lysine ingested above the demand was 0.68 kg. The increase in the number of diets reduced the excess of ingested lysine, and this reduction will be greater the lower the population variability for the lysine requirement.

**Keywords:** Necessity. Food strategies. Limiting amino acid. Excess.

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 - Resposta animal à adição de um nutriente limitante.....	14
Figura 2 - Massa corporal e taxa de crescimento em função da idade, usando a curva de Gompertz.....	18

### ARTIGO 1

Figura 1 - Esquema simplificado da simulação. ....	38
Figura 2 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 3 dietas dos 60 aos 160 dias de idade. ....	39
Figura 3 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 4 dietas dos 60 aos 160 dias de idade. ....	40
Figura 4 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 5 dietas dos 60 aos 160 dias de idade. ....	41

### DISCUSSÃO GERAL

Figura 3 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 3 dietas dos 60 aos 160 dias de idade, considerando troca de ração em função da quantidade ofertada.....	46
Figura 4 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (a), médio (b) e pesado (c) submetidos ao programa de 4 dietas dos 60 aos 160 dias de idade, considerando troca de ração em função da quantidade ofertada.....	47
Figura 5 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 5 dietas dos 60 aos 160 dias de idade, considerando troca de ração em função da quantidade ofertada.....	48

## LISTA DE TABELAS

### **ARTIGO 1**

Tabela 1 - Peso inicial, final e idade de suínos leve, médio e pesado. ....37

Tabela 2 - Número de dietas, período de fornecimento e concentração de lisina dos programas de dietas.....37

Tabela 3 - Percentual de lisina em excesso (%) e eficiência de utilização de lisina (lisina ingerida/lisina corporal) de programas de dietas para suínos leve, médio e pesado. ....37

### **DISCUSSÃO GERAL**

Tabela 1 - Quantidade de ração ofertada (kg), duração (dias) da fase e ração consumida (kg) em cada programa de dietas considerando troca ração mesmo dia para suínos leve, médio e pesado dos 60 aos 160 dias de idade .....44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
2.1	EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO .....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Método Empírico</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Método Fatorial</b> .....	<b>15</b>
2.2	LISINA – AMINOÁCIDO ESSENCIAL PARA SUÍNOS .....	15
2.3	CURVAS DE CRESCIMENTO .....	16
2.4	PROGRAMAS DE DIETAS .....	18
<b>2.4.1</b>	<b>Alimentação Multifase</b> .....	<b>19</b>
2.5	SIMULAÇÃO.....	21
<b>3</b>	<b>ARTIGO I: SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO GERAL</b> .....	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O plantel reprodutivo brasileiro é de 1.720.255 matrizes, tendo produzido 39 milhões de suínos para abate em 2015 (ABCS, 2016). Os custos com alimentação representaram o maior percentual dos custos totais de produção, sendo que nos últimos anos foi superior à 70% (EMBRAPA, 2016). Segundo dados do SINDIRAÇÕES (2015), em 2015 algumas das matérias-primas mais utilizadas na alimentação animal, como o milho, sofreram impactos da desvalorização do real frente ao dólar americano, movimento que impactou diretamente os custos de produção e onerou o preço dos produtos finais. Frente a esta situação de aumento dos custos de produção, logo, aumento dos custos referentes à alimentação, tornar eficiente este setor faz-se necessário.

Os métodos usados para determinar as exigências nutricionais dos animais monogástricos têm sido: o método dose-resposta, o qual determina as exigências com base na resposta do desempenho dos animais alimentados com dietas contendo níveis crescentes do nutriente estudado; e o método fatorial, baseado no princípio de que o animal necessita de nutrientes para a manutenção dos processos vitais e atividades, crescimento e/ou produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). As recomendações nutricionais, na maioria dos estudos realizados com base no método dose-resposta, são encontradas em publicações como as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011). Por outro lado, as recomendações nutricionais para suínos pelo National Research Council (2012) são baseadas em modelos para o crescimento e reprodução. Esses modelos foram elaborados pelo método fatorial, nos quais as exigências são estimadas pela soma dos nutrientes utilizados para manutenção, ganho proteico e produção. Nessas recomendações nutricionais são adicionadas margens de segurança, para que todos os animais expressem a máxima resposta (ganho de peso e deposição proteica), uma vez que se trata de alimentar populações heterogêneas. Estes materiais, devido à alta confiabilidade, balizam a definição de programas de dietas.

Um programa de dietas é estabelecido com um número sucessivo de dietas aos animais com a finalidade de atender suas exigências em função da idade ou peso vivo. A definição do número de dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação envolve principalmente aspectos nutricionais e industriais. Do ponto de vista nutricional e considerando consumo à vontade, as alterações de dietas são

justificadas em razão de que a exigência de energia aumenta mais rapidamente que as necessidades de nutrientes, como por exemplo, lisina e fósforo. Com isso, ao se manter constante a energia das dietas é preciso reduzir a concentração de nutrientes para evitar consumo excessivo, reduzir o impacto ambiental e os custos. Para isso é necessário que seja conhecida a composição dos alimentos, bem como o seu potencial nutricional e o potencial animal, para ajustar com precisão o conteúdo nutricional do alimento à exigência do animal (POMAR; POMAR, 2012).

Teoricamente, seria prudente trocar a dieta diariamente ou, no mínimo, semanalmente. Para isso ser viável do ponto de vista prático haveria a necessidade de equipamentos que atualmente não estão disponíveis nas granjas comerciais brasileiras e, o mais comum, é adotar programas que usam entre 3 e 5 dietas durante as fases de crescimento e terminação. Contudo, os critérios nutricionais utilizados para estabelecer o número de dietas e a duração de cada dieta não são claros e também recebem pouca atenção na literatura técnica-científica. A nutrição de precisão visa considerar a variabilidade entre e intra-animais na avaliação da resposta biológica e nos programas nutricionais (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010).

De maneira geral, não há como supor que um programa de dietas seja ideal para todas as situações ou cenários de produção. Uma vez que estes programas são estabelecidos com base em um único indivíduo, eles podem ou não ser eficientes para o atendimento das exigências de toda população. Buscando metodologias que possam auxiliar a adequação de programas conforme as exigências da população, encontrou-se as simulações. A utilização de simulação permite analisar a efetividade de um dado programa de dietas para uma população, antes mesmo de ser utilizada em campo, auxiliando na tomada de decisões.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

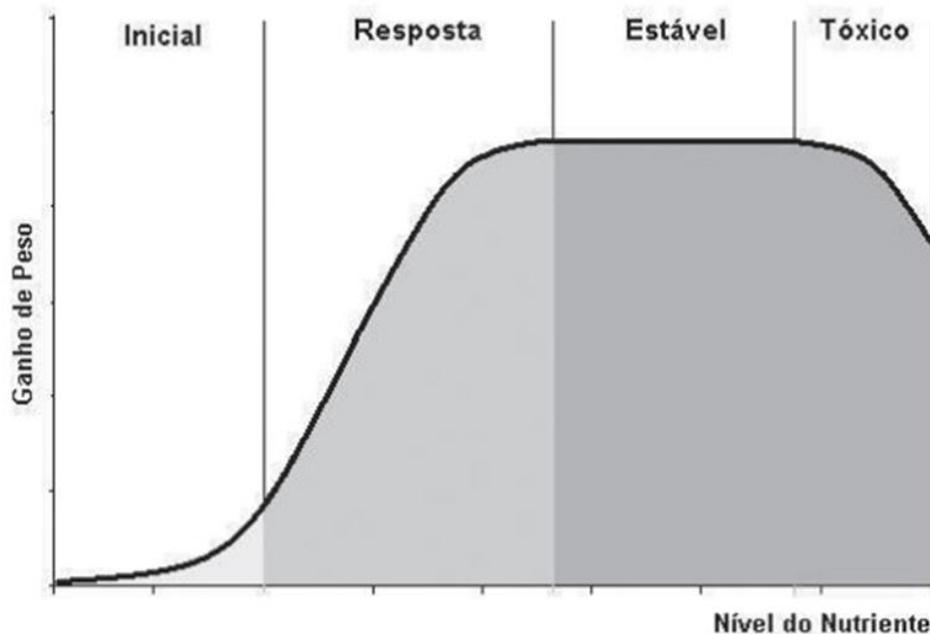
### 2.1 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

As exigências de um nutriente são definidas como a quantidade necessária para atingir objetivos específicos de produção (FULLER, 2004). Energia, aminoácidos, minerais, vitaminas e água devem ser fornecidos em quantidades apropriadas e em formas que sejam palatáveis e metabolicamente disponíveis (NRC, 2012). Tradicionalmente existem dois métodos utilizados para estimar as exigências nutricionais em animais domésticos: o empírico e o fatorial (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

#### 2.1.1 Método Empírico

O método empírico segue uma metodologia de dose-resposta (Figura 1). A exigência nutricional de determinado nutriente é estimada avaliando a resposta, através do fornecimento de níveis crescentes do nutriente na dieta (ROSTAGNO et al., 2007).

Figura 1 - Resposta animal à adição de um nutriente limitante



Fonte: Sakomura e Rostagno (2007).

Estas respostas são de natureza curvilínea, sendo descrita por uma fase linear para um nível subótimo, uma fase curvilínea decrescendo até o ponto onde a máxima resposta é atingida. O formato da curva pode variar de acordo com critérios-respostas adotados e com a variabilidade entre os animais (POMAR et al., 2003).

Embora as exigências nutricionais possam ser superestimadas, este é o método adotado para compor as exigências nutricionais publicadas pela maioria das tabelas clássicas de exigência (WHITTEMORE et al., 2001). Essas tabelas utilizam métodos estatísticos para estimar valores médios de exigências a partir de um compilado de trabalhos (artigos, resumos, livros), que representam uma condição produtiva média de um determinado espaço temporal e geográfico (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010).

### **2.1.2 Método Fatorial**

O método fatorial consiste na determinação das exigências diárias pela soma das demandas para manutenção e produção em cada nutriente (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Considera a eficiência com que cada nutriente é utilizado para as funções metabólicas (VAN MILGEN; NOBLET, 2003). Este método considera o estado metabólico do animal e aspectos biológicos da utilização dos nutrientes, porém continua sendo um método estático, visto que estima as exigências para um único indivíduo em um determinado ponto (idade ou peso vivo), necessitando de estudos que avaliem e estudem os parâmetros necessários para aplicabilidade do método (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010).

## **2.2 LISINA – AMINOÁCIDO ESSENCIAL PARA SUÍNOS**

A lisina é considerada referência na avaliação nutricional de aminoácidos, sendo essencial, uma vez que não é sintetizada pelos suínos (NRC, 1998). Isto ocorre devido à sua constância na proteína corporal e sua destinação metabólica preferencial para a deposição de tecido muscular (NRC, 1998). Deve ser obtida pela ingestão de proteína intacta do alimento ou de fontes sintéticas como a L-lisina HCl (NRC, 1998). Sendo encontradas em publicações, como Rostagno et al. (2011) e National Research Council (2012).

As exigências de lisina para suínos em crescimento e terminação representam o somatório das necessidades de manutenção e de retenção proteica (SAKOMURA et al., 2014). Os principais determinantes das exigências para a manutenção são retenção proteica, perdas endógenas intestinais, perdas por descamação epitelial e cerdas, além do catabolismo mínimo de aminoácidos (turnover proteico).

A capacidade de deposição de proteína, ou acúmulo de tecido magro, dos suínos em crescimento depende do atendimento das exigências de aminoácidos, especialmente de lisina. Outra imprescindível consideração quanto à deposição de massa muscular é o correspondente aporte da energia dietética (URYNEK; BURACZEWSKA, 2003).

O conceito de proteína ideal presume a relação entre aminoácidos essenciais e a lisina, considerada padrão por ser utilizada basicamente para síntese proteica, sendo componente principal do tecido magro de suínos (SAKOMURA et al., 2014). Na literatura de Rostagno et al. (2011) e National Research Council (2012) são encontradas propostas para proteína ideal, para diferentes categorias em diferentes idades.

### 2.3 CURVAS DE CRESCIMENTO

O estudo das curvas de crescimento é realizado a partir de medidas repetidas ao longo do tempo para cada animal, possibilitando modelar o comportamento do crescimento em relação ao tempo. Um modelo matemático pode representar a curva de crescimento, os modelos mais utilizados para descrever o crescimento dos animais são os modelos Brody (BRODY, 1945), Von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1957), Richards (RICHARDS, 1959), logístico e Gompertz (WINSOR, 1932). O interesse na simulação do crescimento de animais, do nascimento à idade adulta, através de modelos matemáticos tem aumentado nos últimos anos, principalmente devido às facilidades computacionais existentes. Freitas (2005) relata a possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros como sendo um importante critério na avaliação dos modelos de curva de crescimento. Mansour, Jensen e Johnson (1991) comentam que o conhecimento das curvas de crescimento permitem obter a variância entre e dentro de indivíduos de grande interesse nas avaliações genéticas,

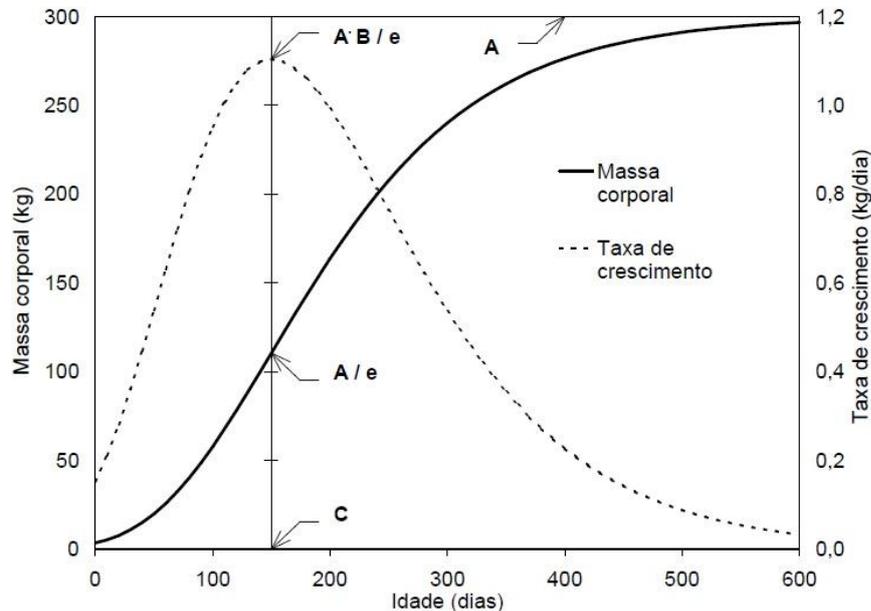
facilitando a tomada de decisões sobre o manejo, alimentação e seleção dos animais.

Estudos referentes às curvas de crescimento são mais abundantes na suinocultura que para as demais espécies. Freitas e Costa (1983), Rodrigues, Muniz e Pereira (1992), Freitas (2005) e Coyne et al. (2015) estudaram diferentes modelos matemáticos para estimar curvas de crescimento de suínos e concluíram que o modelo de Gompertz apresentou bom ajuste dos dados, sendo mais consistente e realístico, permitindo uma boa interpretabilidade biológica dos parâmetros. Winsor (1932) propôs que o uso do modelo de Gompertz poderia descrever os acontecimentos entre fenômenos biológicos e econômicos associados ao crescimento. A equação de Gompertz expressa massa em função da idade do animal, conforme:

$$M = A \cdot e^{-e^{-b \cdot (t-C)}} \quad (1)$$

Onde, M = massa corporal (kg), A = massa na maturidade (kg), e = 2,71828182, b = crescimento relativo no ponto de inflexão (kg/dia por kg), t = idade (dias) e C = idade no ponto de inflexão (dias). A equação de Gompertz apresenta propriedades desejáveis em uma curva de crescimento, visto que a massa corporal inicial é sempre superior a zero, o que reflete o fato de que o animal já nasce com alguma massa (FIALHO, 1999). Este modelo assume que a taxa de crescimento aumenta uniformemente até atingir um ponto máximo, vindo a diminuir logo após, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Massa corporal e taxa de crescimento em função da idade, usando a curva de Gompertz



Fonte: Fialho, 1999.

Na literatura encontrou-se diversos trabalhos utilizando Gompertz como ferramenta para prever o crescimento. Ferguson e Gous (1993) e Emmans e Kyriazakis (1999) relataram que são necessários apenas três parâmetros para prever com precisão o crescimento de um suíno. Casas, Rodríguez e Afanador (2010) utilizaram o modelo de Gompertz para descrever as relações entre o peso corporal, peso da carcaça e dos componentes químicos (proteína, lipídeos, cinzas e água) de suínos em condições comerciais.

## 2.4 PROGRAMAS DE DIETAS

Programas de dietas são estabelecidos na tentativa de alcançar um equilíbrio razoável entre os nutrientes fornecidos por uma série de dietas e as exigências nutricionais dos animais. Estes programas são estabelecidos considerando fatores como: linhagem genética, sexo, idade, consumo de ração e *status* sanitário. No sistema de produção de suínos, na fase de crescimento e terminação, normalmente são encontrados programas contendo de 3 a 5 dietas. Estes são estabelecidos para atender as necessidades de um animal médio, desconsiderando a variabilidade existente dentro da população, uma vez que os requerimentos de nutrientes oscilam muito entre os suínos de uma dada população (BROSSARD et al., 2007; POMAR, 2007).

Buscando atender a maior demanda da população e garantir que todos os animais expressem sua máxima resposta, é comum usar uma margem de segurança na formulação das dietas, fornecendo alimento com níveis acima das exigências nutricionais estimadas (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010).

Deste modo, alternativas são investigadas e testadas para tornar eficiente a alimentação de suínos. Reduzir os níveis nutricionais, aumentar o número dietas e, também, a utilização de sistemas de alimentação de precisão estão entre essas alternativas.

A redução nos níveis de alguns nutrientes nas dietas aproximando-os das exigências dos suínos sem prejudicar o desempenho é uma possibilidade (MADRID et al., 2013). Entretanto, na prática, a adequação da formulação das dietas, conforme as exigências nutricionais dos animais, é uma tarefa complexa, principalmente em função da variabilidade entre os indivíduos.

Letourneau-Montminy et al. (2005) comenta que aumentar o número de dietas durante o período de crescimento dos suínos, resulta em benefícios ambientais, todavia aumentam os custos envolvidos na preparação, transporte e armazenamento das dietas, dificultando sua utilização nos sistemas produtivos convencionais.

A alimentação de precisão demonstra ser uma ferramenta inovadora e promissora para a suinocultura. Aliando os conhecimentos atuais em nutrição animal e em engenharia, permitindo que os suínos sejam alimentados individualmente e de acordo com suas exigências nutricionais estimadas em tempo real (POMAR et al., 2009). Resultados qualificam o sistema como uma ferramenta importante para aumentar a sustentabilidade e a competitividade da suinocultura (POMAR et al., 2014).

#### **2.4.1 Alimentação Multifase**

Na literatura são encontrados diversos estudos que buscam comparar e avaliar qual estratégia alimentar será mais eficiente na utilização de nutrientes. Ainda que o conceito de nutrição de precisão utilize ferramentas que alcancem o desejável entre exigido e ofertado e esteja bastante difundido, na produção suinícola o uso de programas de alimentação dividido em fases é intenso. Moore, Mullan e Kim (2016) afirmam que informações, como potencial genético dos animais e

período de utilização dos programas, são importantes para a definição de um programa de dietas.

Garry, Pierce e O'doherty (2007), ao avaliarem o desempenho, utilização de nitrogênio e características de carcaça de 440 suínos quando submetidos a um programa contendo três fases e um programa contendo uma dieta, concluíram que a alimentação dividida em três fases não apresentou diferença significativa para o desempenho do suíno, excreção de nitrogênio, utilização de nitrogênio ou características de carcaça quando comparado com um programa de dieta único.

Boisen, Fernandez e Madsen (1991) demonstraram que a excreção de nitrogênio poderia ser reduzida em 5 a 8% simplesmente aumentando o número de fases de alimentação de dois para quatro. No entanto, Pomar et al. (2009), ao realizar uma simulação entre um programa alimentar, onde a troca de dieta ocorreria diariamente, com um programa contendo três dietas, previu que o programa com alimentação diária pode reduzir a excreção de nitrogênio em 38%, em comparação com um sistema convencional de três fases. Além da redução na excreção de nitrogênio, os custos de alimentação podem ser reduzidos em 10% quando utilizado um programa com troca de dieta diária, conforme a exigência do animal, comparando com programas de alimentação dividido em fases (POMAR et al., 2010).

Moore, Mullan e Kim (2013) compararam 3 programas alimentares, sendo um programa trifásico com as dietas alteradas quando a média de peso vivo dos suínos na baia atingiu 20, 50 ou 80 kg; um programa de mistura, onde as dietas foram trocadas semanalmente para atender as exigências do peso vivo médio da baia; e um programa de dieta única, com a mesma dieta ao longo do período avaliado. O período estudado foi dos 68 aos 133 dias de idade, ao final os autores não encontraram efeito significativo das estratégias de alimentação sobre o desempenho geral do crescimento, assim como também não foi verificada diferença significativa na qualidade da carcaça entre os programas alimentares avaliados. No entanto, os autores verificaram que foi 3,74% e 3,51% mais barato usar programas de mistura e dieta única, respectivamente, do que utilizar um programa alimentar com 3 fases.

Moore, Mullan e Kim (2016) avaliaram três estratégias alimentares, sendo composta por um programa único, onde a dieta ofertada aos animais foi a mesmo durante o período estudado; um programa de mistura, em que as dietas foram trocadas semanalmente para atender a exigência animal médio da baia; e um

programa contendo três fases, onde as dietas eram trocadas quando o suíno médio atingia 30, 50 ou 80 kg. Os autores verificaram, durante 10 semanas, que não houve diferença significativa para o desempenho entre as estratégias estudadas. Entretanto, os suínos submetidos ao programa de mistura e dieta única depositaram mais gordura em comparação com aqueles que foram alimentados em fase. Considerando os resultados obtidos por Moore, Mullan e Kim (2016), a elevada deposição de gordura na carcaça verificada nos programas de mistura e único deve ser considerada quanto à escolha de um programa de dietas ideal à ser implantado, uma vez que alguns cronogramas de pagamento de carcaça consideram a quantidade de gordura depositada.

## 2.5 SIMULAÇÃO

Simulação é uma técnica disponível para a solução de problemas, que consiste na construção de um modelo matemático, correspondente a um sistema real, que pode ser experimentado e avaliado, quando submetido a diversos cenários (SZYMZNKIEWICZ; MCDONALD; TURNER, 1998). Miyagi (2006) define a simulação como uma ferramenta eficiente, já que em inúmeros casos pode prever as consequências que uma possível mudança pode trazer quando aplicada. Prado (1999) define: “Simulação é a técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital”. Utilizada em diferentes segmentos, como manufatura, logística, saúde, calçados, produção animal entre outros.

Na produção animal a utilização de simulações está presente em diversos segmentos, na suinocultura são usadas em diferentes áreas, tais como nutrição, genética e no setor industrial.

Na nutrição de suínos as simulações são ferramentas bastante usuais, dentre as ferramentas de controle e gerenciamento utilizadas tem-se o modelo InraPorc®, desenvolvido pelo *Institut National de La Recherche Agronomique* (INRA, Saint Gilles, França) que permite estimar as exigências nutricionais e simular o desempenho de suínos em crescimento. O modelo integra diferentes aspectos relacionados à nutrição, alimentação, genética, ambiente e comportamento animal (VAN MILGEN et al., 2008). O ajuste nutricional proposto pelo modelo InraPorc® se mostra eficiente em reduzir o custo com alimentação, melhorando a eficiência

econômica em sistemas de produção comercial de suínos, sem influenciar o desempenho animal (MONTEIRO et al., 2014).

Simulações envolvendo seleção genômica geram informações referentes às estruturas genômicas complexas de diferentes espécies e customizando sistemas de seleção, auxiliando nas decisões futuras (PESSOA, 2015).

Em estudos voltados para a linha de abate de suínos, Gonçalves (2014), utilizando técnicas de simulação, verificou quais as implicações de mudanças realizadas na linha de abate suíno, antes das mesmas serem aplicadas na prática.

Gonzaga e Barbosa (2016), afim de elaborar um modelo matemático, utilizaram simulações computacionais para estimar o número, considerado ótimo, de animais em uma granja suína para a implementação de sistemas de geração de energia elétrica.

### **3 ARTIGO I: SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES PROGRAMAS DE DIETAS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação na **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**.

## 1 **Simulação do impacto de programas de dietas para suínos em crescimento e terminação**

2

3 **Resumo:** O objetivo do estudo foi avaliar por meio de simulação o impacto da utilização de 3  
4 programas de dietas para diferentes populações, verificando as consequências do uso de  
5 diferentes programas de dietas estabelecidos com base em um único indivíduo no atendimento  
6 das exigências de lisina da população dos 60 aos 160 dias de idade. Foi gerada uma população  
7 de 6000 suínos e retirada uma amostra representada por um indivíduo leve, médio e pesado.  
8 Foram calculados o consumo voluntário e ingestão de energia metabolizável, as exigências de  
9 lisina, a concentração de lisina nas dietas e o excesso e eficiência de utilização de lisina. O  
10 suíno leve apresentou pior desempenho, quando comparado ao médio e pesado, ingerindo 1,1  
11 quilos de lisina acima do necessário para atender as exigências de manutenção e produção. O  
12 excesso de lisina ingerida foi influenciado pelo pelos programas de dietas. Resultando em  
13 uma ingestão de 0,81, 0,71 e 0,68 kg de lisina acima das exigências para os programas de 3, 4  
14 e 5 dietas respectivamente, mostram que o aumento no número de dietas nos programas  
15 diminuiu a quantidade de lisina em excesso.

16 Palavras-chave: excesso de lisina, lisina ingerida, exigências.

17

## 18 **Introdução**

19 A alimentação representa mais de 2 / 3 dos custos totais de produção, em janeiro de  
20 2007 os custos com alimentação representavam de aproximadamente 74% em novembro de  
21 2016 estes custos ficaram em torno de 78,04% (EMBRAPA, 2016). Maximizar a eficiência  
22 alimentar com a redução dos custos de produção está entre os principais desafios da cadeia  
23 suinícola (NOBLET et al., 2001). Suínos na fase de crescimento e terminação se caracterizam  
24 pelo constante crescimento com modificações diárias em suas exigências e consumo. Na  
25 tentativa de alcançar um equilíbrio razoável entre o fornecimento de nutrientes pela dieta e as

26 exigências nutricionais dos animais programas de dietas são estabelecidos. Normalmente os  
27 programas de dietas convencionais são definidos com base nas exigências de um suíno médio  
28 e então aplicado a toda uma população. Conduzindo a um fornecimento impreciso de  
29 nutrientes, geralmente com a maioria dos suínos recebendo mais nutrientes do que realmente  
30 precisam (HAUSCHILD et al., 2010).

31 As exigências de um nutriente podem ser definidas como a quantidade necessária para  
32 atingir objetivos específicos de produção. A lisina é considerada referência na avaliação  
33 nutricional de aminoácidos (ROSTAGNO et al., 2011) sendo um limitante, uma vez que não é  
34 sintetizada pelos suínos. Normalmente as exigências de um nutriente são estimadas utilizando  
35 os métodos empírico ou fatorial. O método empírico estima a exigência nutricional de um  
36 dado nutriente mediante à avaliação da resposta a um fornecimento em níveis crescentes do  
37 nutriente na dieta (ROSTAGNO et al., 2007). No método fatorial as exigências são obtidas a  
38 partir da soma das exigências para manutenção e produção. Sendo estimadas para cada  
39 nutriente, considerando sua eficiência para cada função metabólica (VAN MILGEN &  
40 NOBLET, 2003). Ambos os métodos são considerados estáticos e determinísticos, pois  
41 desconsideram a variação populacional estimando as exigências para um único indivíduo em  
42 um determinado ponto (idade ou peso vivo) (HAUSCHILD et al., 2010). Para a determinação  
43 das exigências dos suínos, é necessário que outros fatores que afetam as exigências sejam  
44 considerados, como o crescimento da população em questão. Modelos matemáticos podem  
45 descrever curvas de crescimento, sendo o modelo de Gompertz o que melhor representa o  
46 crescimento dos suínos (FREITAS, 2005; VAN MILGEN et al., 2008).

47 A elaboração de um programa de dietas eficiente é essencial para a sustentabilidade da  
48 suinocultura. Teoricamente seria prudente trocar a dieta diariamente ou, no mínimo,  
49 semanalmente considerando a variabilidade existente dentro da população. A nutrição de  
50 precisão é um conceito moderno que considera a variação entre animais fornecendo dietas

51 ajustadas em tempo real de acordo com os padrões de consumo e crescimento dos suínos  
52 (POMAR et al., 2009; HAUSCHILD et al, 2012), no entanto, não é realidade em toda a  
53 produção comercial de suínos. Assim, definir o número de fases ideal para uma dada  
54 população é importante, sendo que, um modo de verificar as consequências do uso de dietas  
55 divididas em fases pode ser realizado por meio de simulação. A utilização de modelos de  
56 simulação auxilia a elaboração de estratégias alimentares para maximizar alguns objetivos  
57 (OLIVEIRA & FRAGA, 2015) e permite analisar o comportamento de uma ou mais  
58 característica em diferentes cenários antes da mesma ser utilizada em campo, auxiliando a  
59 tomada de decisões.

60 O objetivo do estudo foi avaliar o impacto da utilização de 3 programas de dietas para  
61 diferentes populações de suínos através de simulação e verificar as consequências do uso de  
62 diferentes programas de dietas estabelecidos com base em um único indivíduo no atendimento  
63 das exigências de lisina da população.

64

## 65 **Material e Métodos**

### 66 *Geração da população e amostragem*

67 O crescimento de seis mil suínos machos castrados do nascimento aos 160 dias de idade  
68 foi simulado utilizando três parâmetros da equação de Gompertz. Os parâmetros  $A= 180\text{Kg}$   
69 (peso a maturidade),  $b= 0,012\text{Kg/dia}$  (taxa de crescimento no ponto de inflexão) e  $W_0=$   
70  $1,35\text{Kg}$  (peso ao nascimento) e seus respectivos coeficientes de variação de 18%, 1,2% e  
71 0,2% foram assumidos como informações de entrada na simulação. Foi considerada  
72 distribuição normal para os parâmetros  $A$ ,  $b$  e  $W_0$ . A simulação foi realizada utilizando o  
73 software @RISK, versão 7.5 Industrial. O tipo de amostragem foi Hipercubo Latino e o  
74 gerador de números aleatórios foi Mersenne Twister. A partir da população gerada (seis mil  
75 animais) foi selecionada uma amostra de 1 suíno categorizado como leve, médio e pesado. O

76 suíno médio representou a média da população, o suíno leve representou a média abaixo do  
 77 desvio padrão da média populacional e o suíno pesado a média acima do desvio padrão da  
 78 população média. O peso inicial (60 dias de idade) e final (160 dias de idade) dos suínos  
 79 categorizados como leve, médio e pesado são apresentados na Tabela 1.

#### 80 *Consumo voluntário e ingestão de energia metabolizável*

81 Para determinação do consumo voluntário foram utilizados dois modelos empíricos. No  
 82 primeiro, o consumo diário de energia digestível (ED) em kcal de ED/dia de cada animal foi  
 83 calculado diariamente em função do peso vivo (PV) conforme a equação citada no NRC  
 84 (1967 citado por NRC 1998):

$$85 \quad \text{CEn (Kcal ED/dia)} = 13,162 \times (1 - e^{-0,0176PV}) \quad (1)$$

86 Para a determinação do consumo de energia metabolizável considerou-se que o mesmo  
 87 representou 96% do consumo de energia digestível obtido pela equação 2. O consumo de  
 88 ração (CR) em Kg/dia foi obtido considerando que as dietas tinham 3,30 Kcal ED/ Kg,  
 89 conforme o NRC (2012).

#### 90 *Exigências de Lisina*

91 A lisina é considerada referência na avaliação nutricional de aminoácidos, sendo um  
 92 aminoácido limitante, uma vez que não é sintetizada pelos suínos. A exigência de lisina diária  
 93 (LisExig) para suínos na fase de crescimento são representadas pela soma das exigências de  
 94 manutenção (LisMan) e Retenção Proteica (LisRP), conforme a equação:

$$95 \quad \text{LisExig (g/dia)} = \text{LisMan} + \text{LisRP} \quad (2)$$

96 em que,

97 LisExig, Exigência de Lisina, g/dia;

98 LisMan, Exigências de Manutenção, g/dia, e

99 LisRP, Retenção Proteica, g/dia.

100 Para a determinação das exigências de lisina de manutenção em função do PV (Kg)  
 101 foram consideradas as Perdas Endógenas Basais (PEB), Perdas por Tegumentos (PTg) e as  
 102 Perdas devido ao Turnover Basal (PTB) conforme a equação:

$$103 \quad \text{LisMan (g/dia)} = (\text{CR} * 0,89 * \text{PEB}) + (\text{PTg} * \text{PV}^{0,75}) + (\text{PTB} * \text{PV}^{0,75}) \quad (3)$$

104 sendo,

105 LisMan, Exigências de Manutenção, g/dia;

106 CR, Consumo de Ração, kg/dia;

107 PEB, Perdas Endógenas Basais, g/kg;

108 PTg, Perdas Tegumentos, g/kg;

109 PV, Peso Vivo, kg/dia, e

110 PTB, Perdas Turnover Basal, g/kg.

111 As exigências de lisina para retenção proteica (LisRP) foram determinadas conforme a  
 112 equação:

$$113 \quad \text{LisRP (g/dia)} = (\text{GProt} * \text{LisGProt} / \text{kAA}) \quad (4)$$

114 onde,

115 LisRP, Retenção Proteica, g/dia;

116 GProt, Ganho de Proteína, g/dia;

117 LisGProt, lisina retida na proteína, g/dia, e

118 kAA, eficiência de utilização da lisina, %.

119 As estimativas para o cálculo das exigências de lisina tanto para manutenção como para  
 120 retenção proteica foram baseadas nos valores propostos por van Milgen et al. (2008).

121 A quantidade de Lis Ingerida (LisIng, g/dia) foi calculada multiplicando o Consumo de  
 122 Ração (CR) pela Concentração de Lisina (CLis) cada programa de dietas utilizado obtida  
 123 através da equação:

$$124 \quad \text{LisIng (g/dia)} = (\text{CR} * \text{CLis}) / 1000 \quad (5)$$

125 onde,

126 LisIng, Lisina Ingerida, g/dia;

127 CR, Consumo de Ração, kg/dia, e

128 CLis, Concentração de Lisina, gLis/kg dieta.

129 *Concentração de lisina nas dietas*

130 As Concentrações de Lisina (CLis) por quilo de ração, tanto em g (grama) como em  
 131 Mcal EM foram calculadas para atender as exigências do suíno pesado no primeiro dia de  
 132 cada fase dos programas de dietas e então foi considerado que essa dieta era fornecida ao  
 133 suíno médio e leve. A obtenção da Concentração de Lisina (CLis) em g de lisina/kg dieta foi  
 134 realizada através da equação:

$$135 \quad \text{CLis (gLis/ kg dieta)} = (\text{ELis/CR}) * 1000 \quad (6)$$

136 em que,

137 CLis, Concentração de Lisina, gLis/kg dieta;

138 Elis, Exigências de Lisina, g/dia, e

139 CR, Consumo de Ração, kg/dia.

140 Para as exigências de lisina (Elis) foi considerado sendo as exigências de manutenção  
 141 somado ao requerimento para retenção proteica e CR o consumo de ração diário. Também foi  
 142 calculada a concentração de lisina em g de lisina/Mcal de Energia Metabolizável conforme a  
 143 equação:

$$144 \quad \text{CLis (gLis/ Mcal EM)} = (\text{ELis/CEn}) \quad (7)$$

145 sendo,

146 CLis, Concentração de Lisina, gLis/Mcal EM;

147 Elis, Exigências de Lisina, g/dia, e

148 Cen, Consumo de Energia, Mcal Energia metabolizável

149 *Programas de dietas*

150 Os programas de dietas são classificados como um guia básico de alimentação que  
 151 considera os requerimentos animal, com o objetivo de explorar ao máximo seu potencial  
 152 genético de ganho de peso diário. A escolha dos programas que formaram a base foi realizada  
 153 aleatoriamente, resultando em 3 programas de dietas. Um programa contendo 3 dietas, outro  
 154 com 4 dietas e o último contendo 5 dietas, conforme a Tabela 2. As dietas de cada programa  
 155 consideraram as concentrações de lisina do suíno pesado de modo que atendesse seu  
 156 requerimento no primeiro dia da fase sendo então aplicado ao suíno médio e leve. As  
 157 concentrações de lisina (g/dia e Mcal EM) das dietas tendo como base as exigências do suíno  
 158 pesado no primeiro dia das fases de cada um dos programas de dietas. Foi considerado que o  
 159 suíno leve e médio teve acesso a dieta calculada para atender exigências do animal pesado.

160 *Excesso e eficiência de lisina*

161 O excesso de lisina (ExcLis) em g/dia foi obtido pela diferença entre a quantidade de  
 162 Lisina Ingerida e a Exigida diariamente, conforme:

$$163 \text{ ExcLis (g/dia) = LisIng} - \text{Lisexig} \quad (8)$$

164 sendo,

165 ExLis, Excesso de Lisina, g/dia;

166 LisIng, Lisina Ingerida, g/dia, e

167 LisExig, Exigência de Lisina, g/dia.

168 Também foi calculado o percentual de Lisina Excedente (LisExc) dos suínos para cada  
 169 programa de dietas utilizados, conforme a equação:

$$170 \text{ Lisexc (\%)} = (\text{LisIng} / (\text{PCV} * \text{GProt} * \text{LisGProt})) / 1000 \quad (9)$$

171 em que,

172 Lisexc, Excesso de Lisina, %;

173 LisIng, Lisina Ingerida, g/dia;

174 PCV, Peso Corporal Vazio, g/dia;

175 GProt, Ganho de Proteína, g/dia, e

176 LisGProt, Lisina retida no Ganho Proteico, g/dia.

177 A eficiência de utilização (EficLis) de kg lisina ingerida em kg lisina corporal foi  
178 determinada através da equação:

$$179 \quad \text{EficLis (kg/kg)} = ((\text{LisIng} - \text{Lisexig}) / \text{Lis Ing}) * 100 \quad (10)$$

180 EficLis, Eficiência de utilização da lisina, kg/kg;

181 LisIng, Lisina Ingerida, g/dia, e

182 Lisexig, Exigência de Lisina, g/dia.

183 Onde LisIng correspondeu à quantidade lisina ingerida em cada programa de dietas e  
184 Lisexig correspondeu a quantidade de lisina exigida cada suíno categorizado dos 60 aos 160  
185 dias de idade.

186

## 187 **Resultados e discussão**

188 A partir da população gerada sendo representada no presente estudo pelos animais  
189 categorizados leve, médio e pesado foi possível calcular o consumo voluntário e de energia  
190 metabolizável, assim como as exigências de lisina. Logo, por meio de simulação como mostra  
191 a Figura 1 os suínos leve, médio e pesado submetidos aos 3 programas de dietas sendo então  
192 possível calcular a quantidade de lisina ingerida, bem como, a quantidade de lisina ingerida  
193 acima dos requerimentos e a sua eficiência de utilização.

194 Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentados os resultados para a quantidade de lisina  
195 ingerida dos suínos leve (L), médio (M) e pesado (P) quando submetidos aos programas de  
196 dietas. Com relação às categorias de peso, se observou que a maior quantidade de lisina  
197 ingerida acima das exigências ocorreu no suíno leve seguido pelo médio e pesado,  
198 respectivamente. Durante os 100 dias de simulação, o suíno leve ingeriu 1,1 quilos de lisina

199 acima do necessário para atender as exigências de manutenção e produção. Esse valor foi 41 e  
200 233% superior aos constados com os suínos médio e pesado, respectivamente. O resultado se  
201 justifica porque os teores de lisina de todas as dietas e programas avaliados foram ajustados  
202 com base no animal pesado e, portanto, a variação nas exigências de cada categoria não foi  
203 considerada. Brossard et al. (2007) constatou ao submeter uma população de suínos aos  
204 diferentes programas de dietas baseados na exigência de lisina do indivíduo médio,  
205 desconsiderando a variabilidade de exigências da população, que as exigências dos animais  
206 mais leves e pesados não foram devidamente atendidas. Sabendo que as necessidades  
207 nutricionais dos suínos se modificam com o tempo e variam entre os indivíduos de um mesmo  
208 lote Pomar et al., (2003), Brossard et al. (2009) e Pomar et al. (2014) indicaram que a  
209 eficiência de utilização de nutrientes pode ser melhorada ajustando o fornecimento destes às  
210 necessidades individuais dos animais. Esta abordagem sobre alimentação diz respeito aos  
211 animais serem alimentados individualmente, utilizando dietas ajustadas diariamente de acordo  
212 com padrões esperados de consumo de ração e crescimento (POMAR et al., 2009;  
213 HAUSCHILD et al., 2012) contornando o impasse da variabilidade da população.

214 O programa de dietas influenciou o excesso de lisina ingerida. O programa de 3 dietas  
215 resultou em uma ingestão de 0,81 kg acima do necessário durante o período de simulação. O  
216 programa 4, por sua vez, provocou um consumo de 0,71 kg acima da exigência, enquanto o  
217 programa 5 a lisina ingerida acima da demanda foi de 0,68 kg. Esses resultados mostram que  
218 o aumento no número de dietas nos programas diminuiu o excedente de lisina. A redução no  
219 excedente de lisina conforme o aumento do número de dietas também foi observado por  
220 Brossard et al. (2007; 2009), Pomar et al. (2014) relacionaram essa ação a um benefício  
221 ambiental, uma vez que há redução de nutriente excretado.

222 Uma prática que poderia promover um melhor atendimento a essas mudanças diárias  
223 de consumo e exigências seria encontrada com a utilização de alimentadores individuais e

224 modelos que permitam o cálculo diário das exigências. Apesar de já existirem diferentes  
225 soluções tecnológicas que permitem essa prática, o custo elevado de aquisição dificulta o  
226 acesso a tal tecnologia. Assim, a utilização de programas de dietas continua sendo uma prática  
227 eficiente e acessível às condições de criação comercial. O estabelecimento do número de  
228 dietas é importante, pois deve ser considerada a duração em dias de cada fase, bem como a  
229 quantidade a ser ofertada e se será estabelecido para atender o indivíduo médio da população.  
230 Assim como, as simulações permitem avaliar se o número de dietas um dado programa é ideal  
231 a toda população e se seria pertinente alterar a idade em que as trocas de ração. A aplicação  
232 de um programa de dietas pode resultar em situações de excessos e ou déficit de nutrientes  
233 ingeridos. Um modo de visualizar o que ocorreria sem necessidade de utilização de  
234 experimentos in vivo é a realização de simulações como a do presente estudo. O  
235 conhecimento das curvas de crescimento de uma população, conseqüentemente conhecendo o  
236 comportamento de consumo de ração e exigências de nutriente pode-se observar qual  
237 programa seria mais adequado para a população em estudo.

238         A utilização de uma única dieta é uma alternativa muito prática à alimentação em fase  
239 e tem várias vantagens para a produção, armazenamento e distribuição (MOORE et al., 2016).  
240 Porém, o mesmo autor ressalta que essas vantagens dependem das especificações dietéticas  
241 escolhidas, que variam dependendo do potencial genético dos animais e do intervalo de peso  
242 sobre o qual os suínos serão alimentados (MOORE et al. 2013). Ainda, ao comparar um  
243 programa contendo uma única dieta, de mistura de duas dietas e um programa com três fases  
244 Moore et al. (2016) verificaram um aumento da deposição de gordura na carcaça quando os  
245 animais foram submetidos ao programa único e ao de mistura superior ao encontrado para  
246 suínos alimentados com um programa contendo 3 dietas. Mesmo estes autores evidenciando  
247 os benefícios logísticos da utilização de programas únicos e de mistura o fato destes

248 apresentarem maior deposição de gordura na carcaça deve ser considerado dependendo do  
249 cronograma de pagamento de carcaça, assim como o contexto onde foi realizado o estudo.

250 O excesso de lisina foi obtido pela diferença entre a quantidade diária de lisina  
251 ingerida e as exigências de lisina para os suínos leve, médio e pesado. Ficou evidente que  
252 conforme o número de dietas dos programas aumentou esse excedente diminuiu. O suíno leve  
253 apresentou maiores percentuais de lisina em excesso em todos os programas, pelo menos  
254 25%, quando comparado aos animais médio e pesado, como mostra a Tabela 3. O programa  
255 de 3 dietas apresentou maior percentual de lisina excedente para todos os animais, comparado  
256 aos programas de 4 e 5 dietas. A eficiência de utilização de lisina (kg lisina ingerida em kg  
257 lisina corporal) está apresentada na Tabela 3. Onde o suíno categorizado leve precisou ingerir  
258 maior quantidade de lisina para transformar em lisina corporal. Entre programas de dietas, o  
259 programa contendo 3 dietas apresentou valores superior de lisina ingerida necessária para ser  
260 transformada em lisina corporal para os animais leve, médio e pesado.

261

## 262 **Conclusão**

263 O aumento do número de dietas nos programas reduziu o excesso de lisina ingerida, e  
264 essa redução no excedente ingerido foi maior conforme a variabilidade da população para  
265 exigência de lisina diminuía.

266

## 267 **Referências**

268 BROSSARD, L.; van MILGEN, J.; DOURMAD, J.Y. et al. 2007. Analyse par modélisation  
269 de la variation des performances d'un groupe de porcs en croissance en fonction de l'apport de  
270 lysine et du nombre de phases dans le programme d'alimentation. Journées de la Recherche  
271 Porcine, v.39, p. 95-102.

272 BROSSARD, L., et al. 2009. Modelling the variation in performance of a population of  
273 growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. *Animal* 3:1114–1123. DOI:  
274 10.1017/S1751731109004546.

275 BROSSARD, L., et al. 2011. A herd modelling approach to determine the economically and  
276 environmentally most interesting dietary amino acid level during the fattening period. In: D.

- 277 Sauvant, J. Milgen, P. Faverdin, and N. Friggens, editors, Modelling nutrient digestion and  
278 utilisation in farm animals. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.  
279 p. 335–346.
- 280 EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Central de Inteligência de Aves  
281 e Suínos. 2016.
- 282 FREITAS, A. R. 2005. Curvas de Crescimento na Produção Animal. Revista Brasileira de  
283 Zootecnia, v.34, n.3, p.786-795. DOI: 10.1590/S1516-35982005000300010.
- 284 HAUSCHILD, L., POMAR, C., LOVATTO P. A. 2010. Systematic comparison of the  
285 empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs.  
286 *Animal* 4:714–723. DOI: 10.1017/S1751731109991546.
- 287 HAUSCHILD, L., et al. 2012. Development of sustainable precision farming systems for  
288 swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs.  
289 *Journal Animal Science*. 90:2255–2263. DOI: 10.2527/jas.2011-4252.
- 290 MOORE, K.L., MULLAN, B.P., KIM, J.C., 2013. Blend feeding or feeding a single diet to  
291 pigs has no impact on growth performance or carcass quality. *Animal Production Science* 53,  
292 52–56. DOI: 10.1071/AN12053.
- 293 MOORE, K.L., MULLAN, B.P., KIM, J.C. 2016. An evaluation of the alternative feeding  
294 strategies, blend feeding, three-phase feeding or a single diet, in pigs from 30 to 100 kg live  
295 weight. *Animal Feed Science and Technology* 216 (2016) 273–280. DOI:  
296 10.1016/j.anifeedsci.2016.04.001.
- 297 NOBLET, J. et al. 2001. Effects of reduced dietary protein level and fat addition on heat  
298 production and nitrogen and energy balance in growing pigs. *Animal Research*, v.50, p.227-  
299 238. DOI: 10.1051/animres:2001129.
- 300 NRC. Nutrient requirements of swine. 10 ed. Washington: National academy. 1998. 189p.
- 301 NRC. Nutrient requirements of swine. 11 ed. Washington, DC, USA: National Academy  
302 Press, 2012. 424p.
- 303 OLIVEIRA, V., FRAGA, B. N. 2015. Modelos de simulação crescimento suínos. In: Kuhn,  
304 O. J. et al. Ciências Agrárias: Tecnologias e Perspectivas. 1. ed. Marechal Cândido Rondon,  
305 PR: UNIOESTE, 2015. Cap 17, p. 304-319.
- 306 POMAR, C., et al. 2003. Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than  
307 individual pigs. *Journal Animal Science* 81:E178–E186. DOI:10.1590/S1516-  
308 35982009001300023.
- 309 POMAR, C., et al. 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig  
310 operations. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38:226–237.
- 311 POMAR, C., et al. 2014. Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-  
312 finishing pigs: Towards a new definition of nutrient requirements in growing-finishing pigs?  
313 In: N. K. Sakomura, R. M. Gous, I. Kyriazakis, and L. Hauschild, editors, Nutritional  
314 modelling in pigs and poultry. CABI, Wallingford, Oxon, England.
- 315 ROSTAGNO, H. S. et al. 2007. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de  
316 exigências nutricionais para aves e suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.36, n.  
317 suplem. esp., p. 295-304.

- 318 ROSTAGNO, H.S. et al. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. 3. ed. Viçosa: UFV,  
319 170p.
- 320 Van MILGEN, J.; NOBLET, J. 2003. Partitioning of energy intake to heat protein and fat in  
321 growing pigs. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, n. supl. esp., p. 86-93.
- 322 Van MILGEN J, et al. 2008. InraPorc: a model and decision support tool for the nutrition of  
323 growing pigs. *Animal Feed Science Technologi.*;143: 387–405. DOI:  
324 10.1016/j.anifeedsci.2007.05.020.

325 Tabela 1 - Peso inicial, final e idade de suínos leve, médio e pesado.

	Idade (d)	Leve	Médio	Pesado
Peso inicial (kg)	60	15,90	20,07	24,41
Peso final (kg)	160	97,94	122,78	148,43

326

327 Tabela 2 - Número de dietas, período de fornecimento e concentração de lisina dos programas  
328 de dietas.

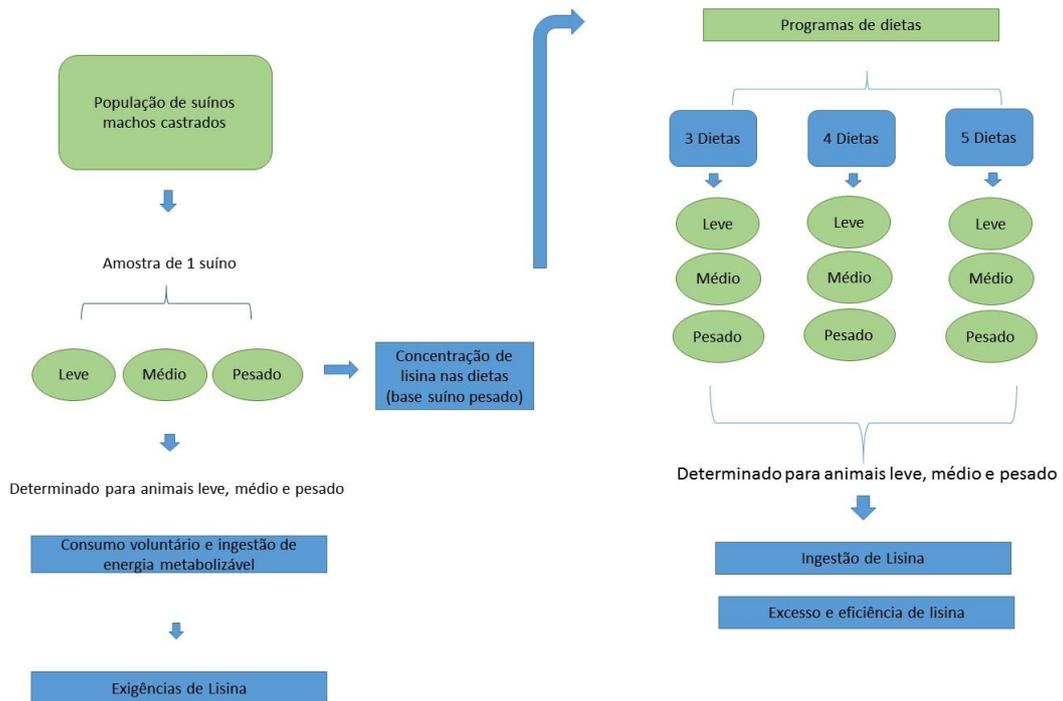
Programa de dietas	Intervalo de fornecimento (dias)	Período total de fornecimento (dias)	Concentração de lisina	
			gramas/Mcal EM	gramas/kg dieta
<i>3 dietas</i>				
Dieta 1	60 - 91	31	2,81	9,27
Dieta 2	92 - 129	38	2,41	7,96
Dieta 3	130 - 160	31	2,14	7,05
<i>4 dietas</i>				
Dieta 1	60 - 85	25	2,81	9,27
Dieta 2	86 - 110	25	2,47	8,14
Dieta 3	111 - 136	26	2,27	7,49
Dieta 4	137 - 160	24	2,09	6,89
<i>5 dietas</i>				
Dieta 1	60 - 70	10	2,81	9,27
Dieta 2	71 - 95	25	2,64	8,71
Dieta 3	96 - 117	22	2,38	7,85
Dieta 4	118 - 148	31	2,22	7,33
Dieta 5	149 - 160	12	2,00	6,59

329

330 Tabela 3 - Percentual de lisina em excesso (%) e eficiência de utilização de lisina (lisina  
331 ingerida/lisina corporal) de programas de dietas para suínos leve, médio e pesado.

Programa de dietas	Leve	Médio	Pesado
<i>Excesso de lisina (%)</i>			
Número de dietas			
3 dietas	28,77	26,48	25,83
4 dietas	17,15	15,08	14,47
5 dietas	6,81	4,94	4,36
<i>Eficiência utilização (kg/kg)</i>			
3 dietas	1,97	1,78	1,62
4 dietas	1,93	1,75	1,60
5 dietas	1,92	1,74	1,59

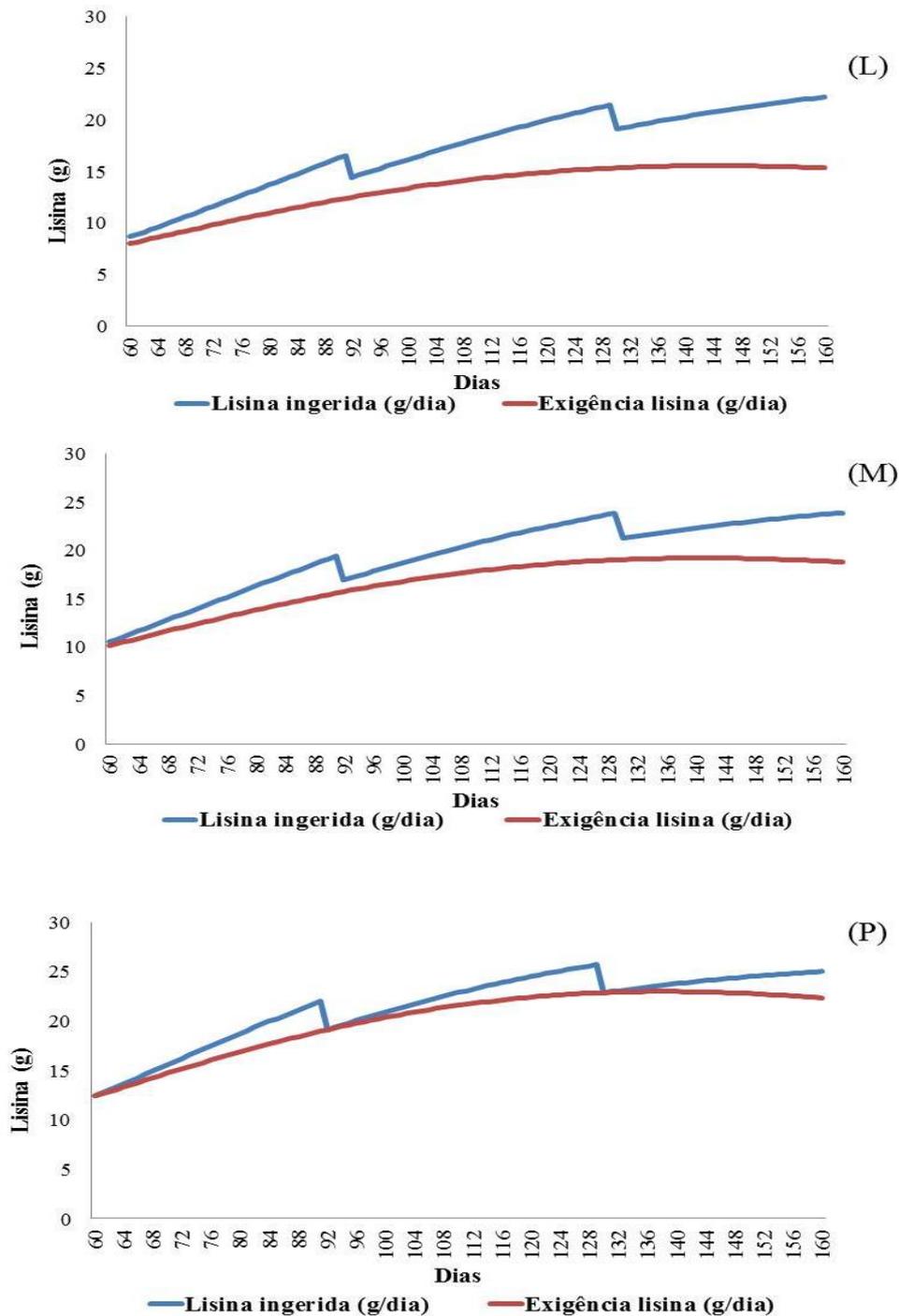
332



333

334 Figura 1 - Esquema simplificado da simulação.

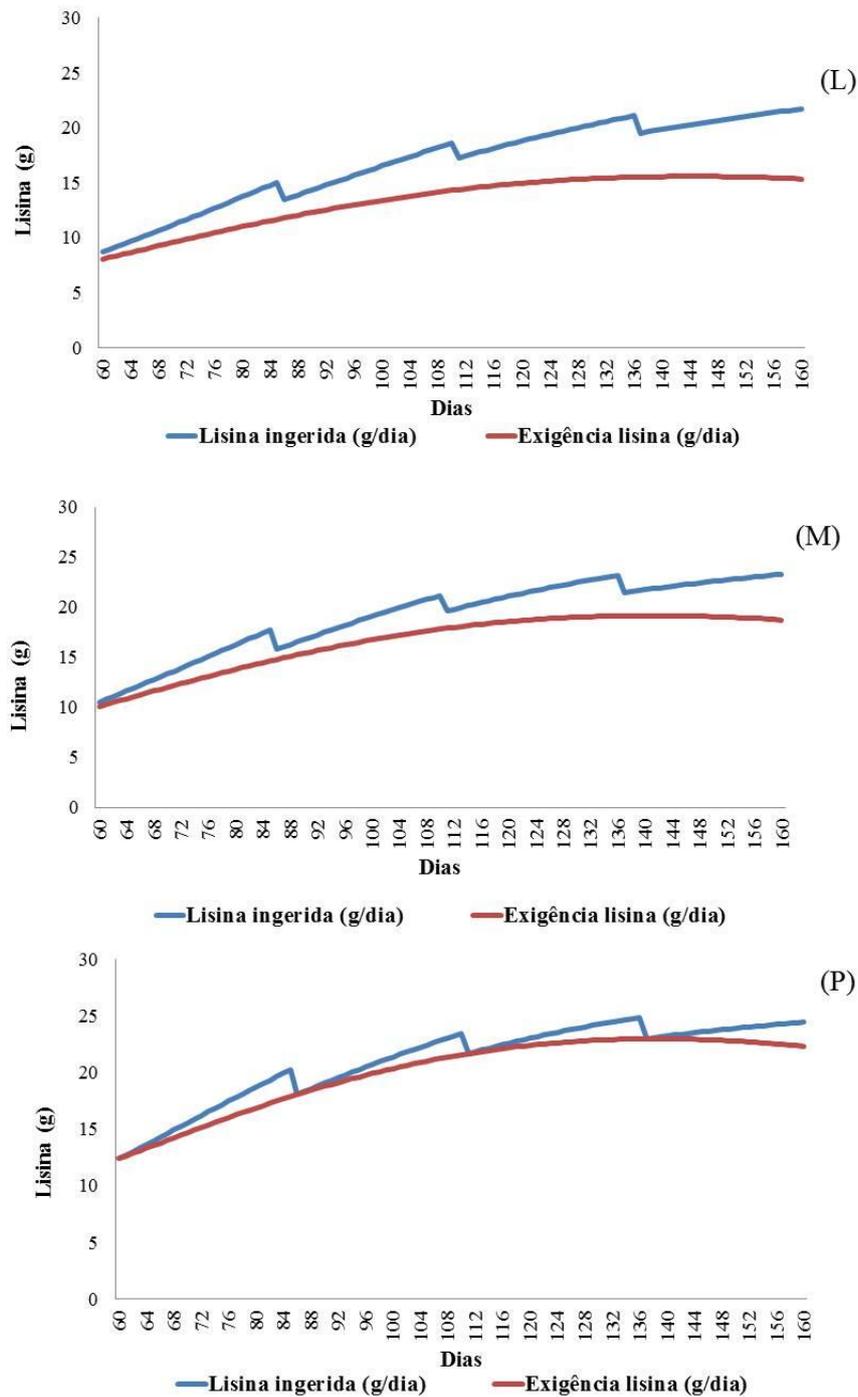
335 Figure 1 - Simplified diagram of the simulation.



336

337 Figura 2 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado  
 338 (P) submetidos ao programa de 3 dietas dos 60 aos 160 dias de idade.

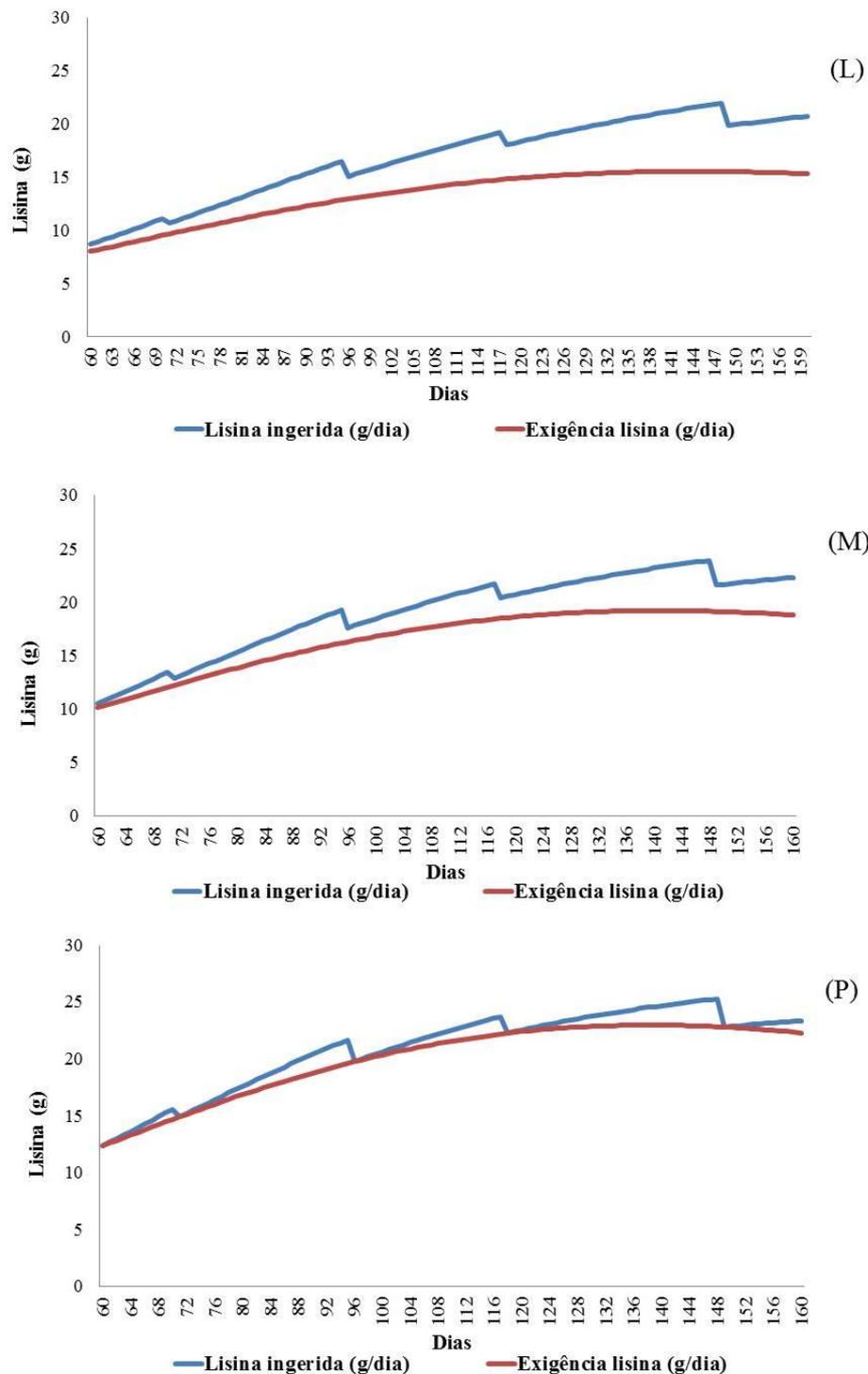
339 Figure 2 - Requirements and intake of lysine (g / day) for light (L), medium (M) and heavy  
 340 (P) pigs submitted to the program of 3 diets from 60 to 160 days of age.



341

342 Figura 3 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado  
 343 (P) submetidos ao programa de 4 dietas dos 60 aos 160 dias de idade.

344 Figure 3 - Requirements and intake of lysine (g / day) for light (L), medium (M) and heavy  
 345 (P) pigs submitted to the program of 4 diets from 60 to 160 days of age.



346

347 Figura 4 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado  
 348 (P) submetidos ao programa de 5 dietas dos 60 aos 160 dias de idade.

349 Figure 4 - Requirements and intake of lysine (g / day) for light (L), medium (M) and heavy  
 350 (P) pigs submitted to the program of 5 diets from 60 to 160 days of age.

#### 4 DISCUSSÃO GERAL

Atualmente, embora existam tecnologias que associam a alimentação de suínos conforme suas exigências diariamente, a utilização do sistema de alimentação dividido em fases continua sendo usada como uma maneira de fornecer nutriente o mais próximo possível das exigências animal.

As exigências nutricionais para os suínos são obtidas a partir dos métodos empírico e fatorial (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). O método empírico é conhecido por ser uma metodologia de dose-resposta. Já no método fatorial as exigências são determinadas pela soma das demandas para manutenção e produção em cada nutriente (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). Assim, como o método empírico, o fatorial é considerado um método estático, já que estima as exigências para um único indivíduo em um determinado ponto, necessitando de estudos que avaliem e estudem os parâmetros necessários para aplicabilidade do método (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010). Estas recomendações nutricionais podem ser encontradas em várias tabelas, como National Research Council (1998), National Research Council (2012), Rostagno et al. (2005) e Rostagno et al. (2011).

No sistema de produção brasileiro de suínos, nas fases de crescimento e terminação, são encontrados programas contendo de 3 a 5 dietas. Estes normalmente são estabelecidos para atender as necessidades de um único animal, desconsiderando a variabilidade existente dentro da população, uma vez que os requerimentos de nutrientes oscilam muito entre os suínos de uma dada população (BROSSARD et al., 2007; POMAR, 2007). A variabilidade existente entre animais em crescimento é importante para definir a melhor estratégia de alimentação a ser aplicada à população (POMAR et al., 2003; BROSSARD et al., 2012). A variabilidade em uma população de suínos implica em uma heterogeneidade nas exigências nutricionais, havendo a necessidade do desenvolvimento de programas de dietas capazes de aliar a oferta com a demanda de nutrientes.

Frente a essa problemática, o objetivo desta dissertação foi verificar o impacto do uso de diferentes programas de dietas para 3 categorias de suínos, representando uma população nas fases de crescimento e terminação, determinando a influência do uso de 3 programas de dietas sobre a quantidade de

lisina ingerida, com a hipótese de que o programa de dietas ideal varia conforme a variabilidade existente dentro da população.

Com os resultados obtidos no artigo 1 percebe-se que a utilização de programas de dietas definidos considerando um único indivíduo influenciaram a quantidade de lisina ingerida. Durante o período de simulação (100 dias), o suíno leve ingeriu 1,1 quilos de lisina acima do necessário para atender as exigências de manutenção e produção. Enquanto que os animais médio e pesado ingeriram 0,78 e 0,33 kg de lisina, respectivamente. Os maiores percentuais de lisina em excesso, assim como, a pior eficiência de utilização foi constatada com o animal leve, seguido pelo médio e pesado, respectivamente.

O número de dietas dos programas utilizados influenciou o excesso de lisina ingerida para as 3 categorias de suínos. Os resultados do artigo 1 mostraram que o aumento no número de dietas nos programas diminuiu o excedente de lisina.

Ficou evidente que o estabelecimento dos programas de dietas baseados no animal pesado, desconsiderando a variabilidade da população, está longe de ser considerado ideal. Do mesmo modo que a utilização de especificações nutricionais estabelecidas a partir de animais médios. Brossard et al., (2007) simularam a utilização de 4 programas de dietas elaborados a partir das exigências do animal médio da população e verificaram que a utilização das exigências, que representam a média populacional, não atendeu as necessidades dos animais mais pesados e dos leves, entretanto que o aumento do número de dietas nos programas proporcionou a redução na quantidade de lisina excedente.

As necessidades nutricionais dos suínos, variando entre indivíduos de uma mesma população ao longo do crescimento, a eficiência de utilização dos nutrientes pode ser melhorada ajustando o fornecimento destes conforme as necessidades individuais dos animais (POMAR et al., 2014). No entanto, esta abordagem refere-se à alimentação de precisão que consiste em animais sendo alimentados individualmente, utilizando dietas ajustadas diariamente, conforme padrões esperados de consumo de ração e crescimento (POMAR et al., 2009; HAUSCHILD et al., 2012). Sendo um sistema vantajoso e promissor na suinocultura devido à redução na ingestão e excreção de nutrientes sem comprometer o desempenho e composição de carcaça dos suínos (ANDRETTA et al., 2014; 2016).

De uma maneira geral, existem muitos estudos que buscam solucionar esse descompasso existente entre o fornecimento de dietas divididas em fases baseados

em uma média da população e a quantidade de nutriente excedente gerada. Em meio a estudos que avaliem a utilização de programas contendo mais de 5 dietas, atualmente a utilização de sistemas modernos de alimentação de precisão tem se mostrado eficientes em fornecer conforme o crescimento e exigências individuais dos suínos. Porém, o elevado custo de aquisição associado à essa tecnologia dificulta a sua utilização no sistema de produção de suínos brasileiro. Assim, buscando compreender o que pode ser melhorado na utilização de programas de dietas, o uso de simulações faz-se eficaz, uma vez que proporciona simular diferentes características em diferentes contextos.

Na simulação as trocas de dietas foram realizadas considerando o fator idade, ou seja, a troca ocorreu no mesmo dia para os suínos leve, médio e pesado. Tendo conhecimento que o consumo de ração em kg/dia foi diferente para suíno leve, médio e pesado, pode-se inferir que a quantidade real de ração consumida em cada programa foi diferente, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de ração ofertada (kg), duração (dias) da fase e ração consumida (kg) em cada programa de dietas considerando troca ração mesmo dia para suínos leve, médio e pesado dos 60 aos 160 dias de idade

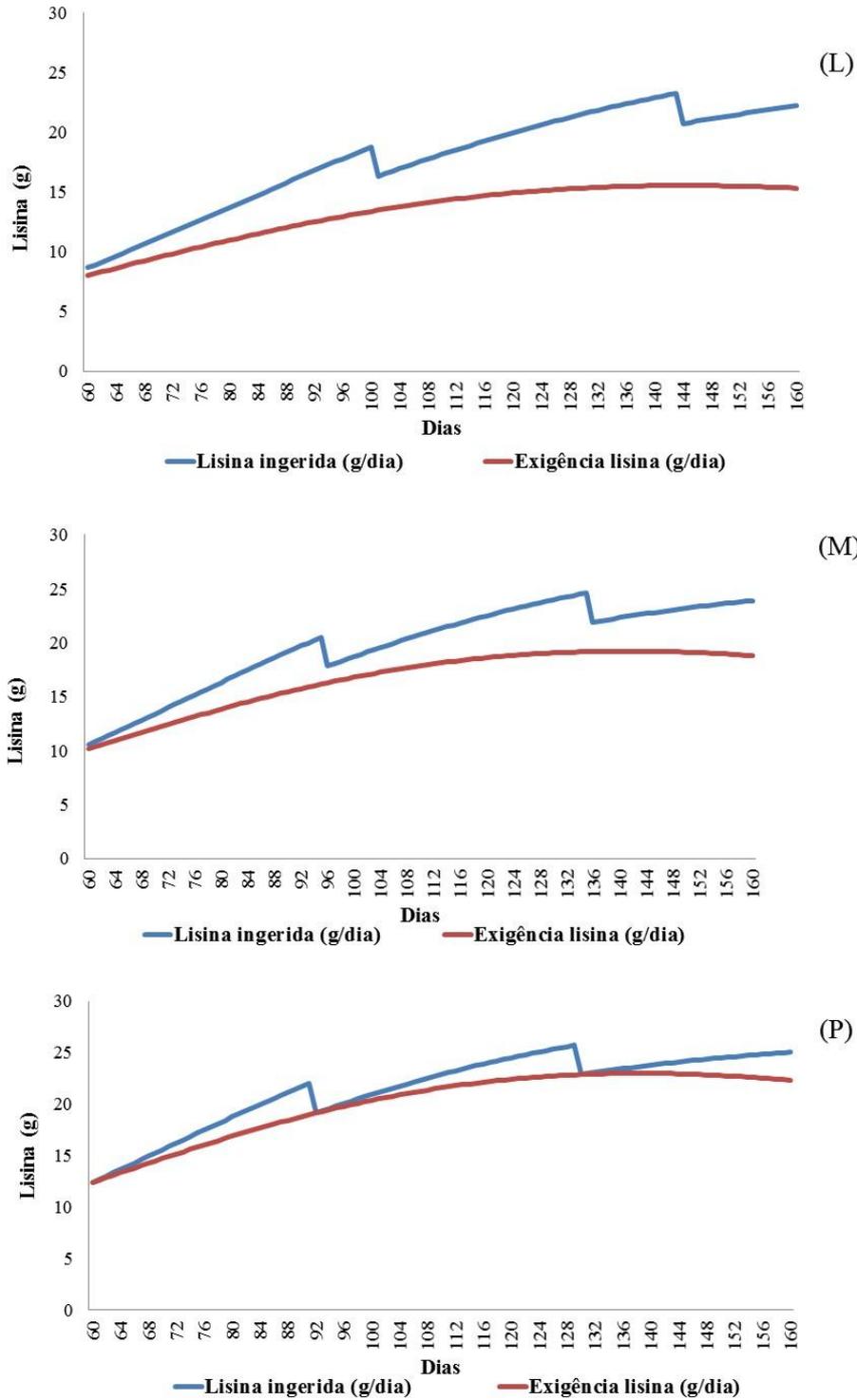
Programa de dietas	Gramas lisina: Mcal EM	Ração ofertada/ fase (kg)	Duração fase (dias)	Ração consumida/fase (kg)		
				Leve	Médio	Pesado
<i>3 dietas</i>						
Dieta 1	2,81	60	31	43	52	60
Dieta 2	2,41	109	38	86	99	109
Dieta 3	2,14	106	31	91	100	106
<i>4 dietas</i>						
Dieta 1	2,81	47	25	33	40	47
Dieta 2	2,47	64	25	49	57	64
Dieta 3	2,27	81	26	67	75	81
Dieta 4	2,09	83	24	72	78	83
<i>5 dietas</i>						
Dieta 1	2,81	17	10	12	14	17
Dieta 2	2,64	53	25	39	46	53
Dieta 3	2,38	61	22	51	55	61
Dieta 4	2,22	102	31	85	94	102
Dieta 5	2,00	42	12	37	40	42

Fonte: Da autora.

Sabe-se que os programas de dietas foram estabelecidos conforme as exigências do animal pesado e que a quantidade consumida para os animais leve e médio em cada dieta foi inferior à ofertada (Tabela 1). Supondo que as trocas de ração ocorrem em função de uma quantidade oferta, ou seja, o consumo total da dieta 1 permitiria o consumo da dieta 2 e assim respectivamente, podemos concluir que as mesmas ocorreriam em diferentes dias para os animais leve, médio e pesado. Esse raciocínio está representado nas figuras 3, 4 e 5, onde ficou evidente que ao longo dos 100 dias de simulação os animais leves necessitaram de um maior período de tempo para consumir as dietas quando comparado ao médio e este ao pesado.

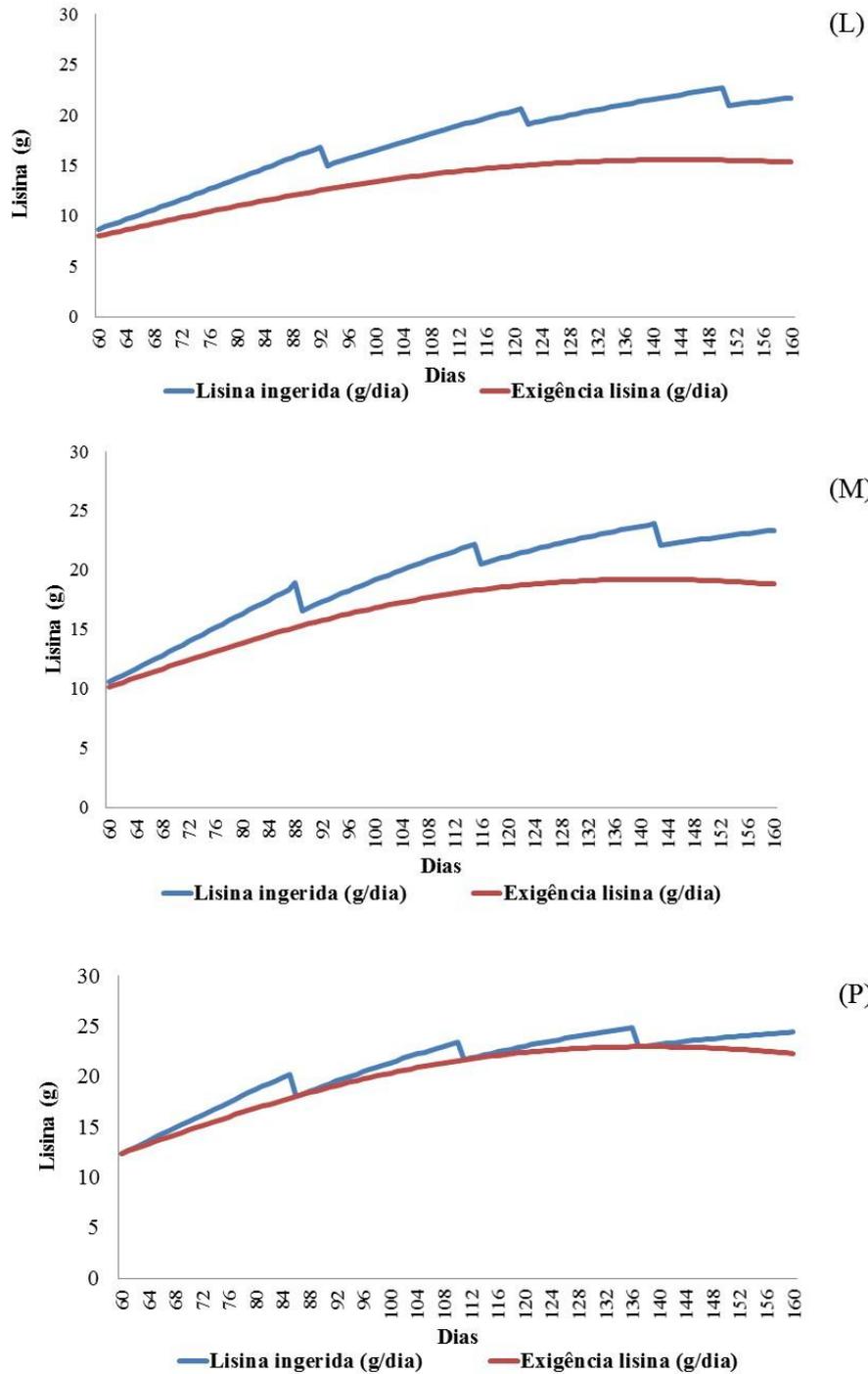
O suíno leve ingeriu 1,27 quilos de lisina acima do necessário, enquanto que o médio ingeriu 0,87 kg além das necessidades e o pesado 0,33 kg. O programa de 3 dietas resultou em 0,89kg de lisina ingerida acima das necessidades. O programa de 4 dietas originou 0,79kg de lisina acima da demanda e o programa de 5 dietas acarretou em 0,77kg de lisina ingerida acima da exigência. Tais resultados podem ser explicados pelo fato dos animais leve e médio estarem recebendo por um maior período de tempo uma dieta com maior concentração de lisina. Estas suposições apresentadas e representadas nas figuras 3, 4 e 5 indicam tamanha importância do conhecimento da variabilidade dentro de uma população, uma vez que, assim como apresentado no artigo 1, o suíno pesado foi referência para a quantidade a ser ofertada e conforme a variabilidade entre indivíduos aumentou houve um aumento da quantidade de lisina excedente.

Figura 3 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 3 dietas dos 60 aos 160 dias de idade, considerando troca de ração em função da quantidade ofertada



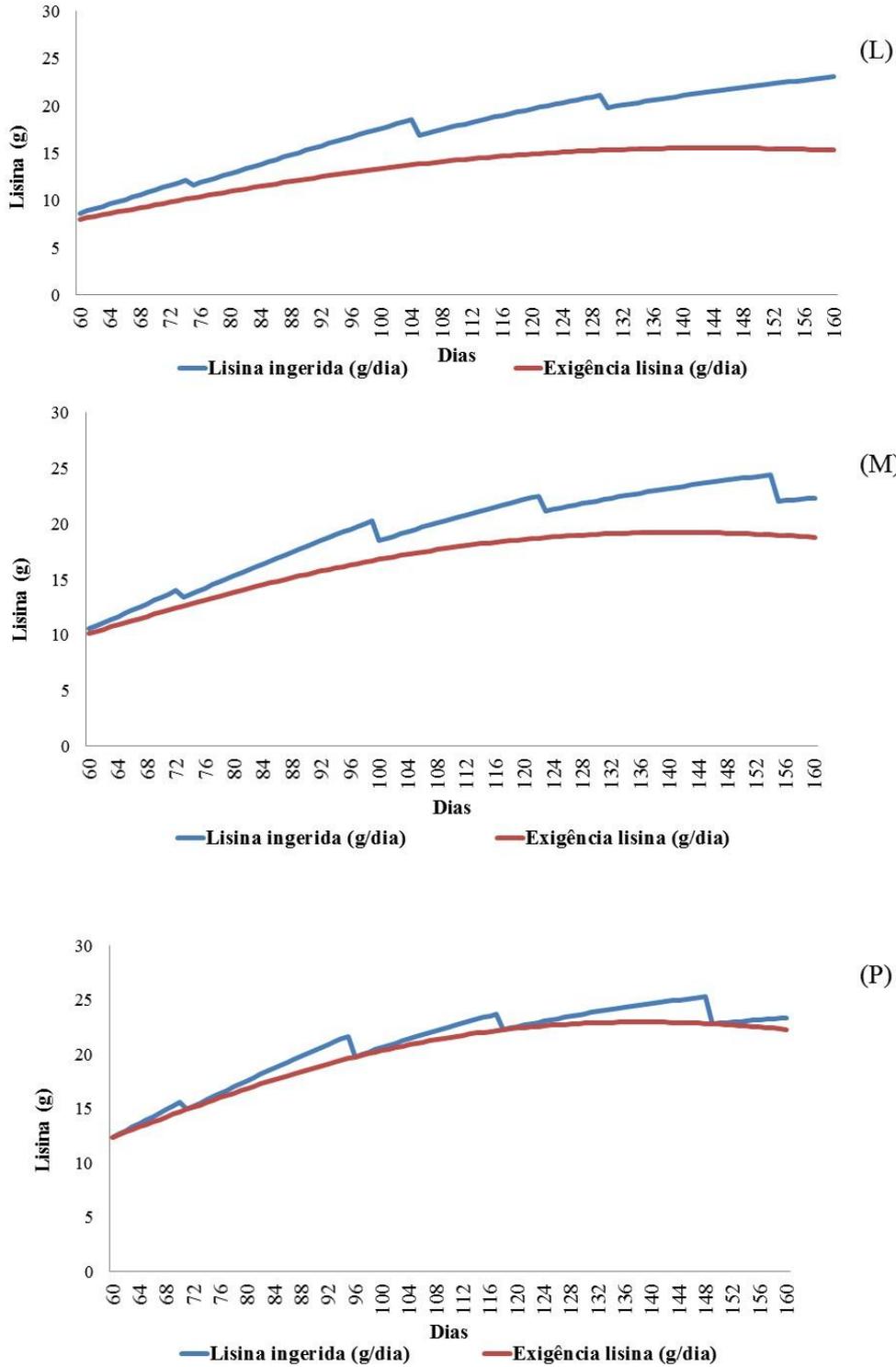
Fonte: Da autora.

Figura 4 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (a), médio (b) e pesado (c) submetidos ao programa de 4 dietas dos 60 aos 160 dias de idade, considerando troca de ração em função da quantidade ofertada



Fonte: Da autora.

Figura 5 - Exigências e ingestão de lisina (g/dia) para o suíno leve (L), médio (M) e pesado (P) submetidos ao programa de 5 dietas dos 60 aos 160 dias de idade, considerando troca de ração em função da quantidade ofertada



Fonte: Da autora.

## 5 CONCLUSÕES

A simulação permitiu verificar que o aumento do número de dietas nos programas reduziu o excesso de lisina ingerida e que essa redução no excedente ingerido foi maior conforme a variabilidade da população para exigência de lisina diminuía. Onde a quantidade de lisina ingerida acima das exigências foi maior para o animal categorizado leve seguido pelo médio e pesado. Entre os programas utilizados na simulação, o programa contendo 3 dietas gerou maiores quantidades de lisina acima do esperado para as 3 categorias de suínos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRETTA, I. et al. The impact of feeding growing–finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. **J. Anim. Sci.**, v. 92, p. 3925–3936, 2014.
- ANDRETTA, I. et al. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. **Animal**, v. 10, n. 7, p. 1137-1147, 2016.
- ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suíno. **Mapeamento da Suinocultura Brasileira**. 2016. Disponível em: <<http://www.abcs.org.br/informativo-abcs/2363-mapeamento-da-suinocultura-brasileira-e-destaque-na-imprensa-nacional->>. Acesso em: 10 set. 2016.
- BERTALANFFY, L. V. Quantitative laws in metabolism and growth. **Q. Rev.Biol.**, v. 32, p. 217–231, 1957.
- BOISEN, S.; FERNANDEZ, J. A.; MADSEN, A. Studies on ideal protein requirements of pigs from 20 to 95 kg liveweight. In: EGGUM, Bjørn O. et al. **Proceedings of the 6th International Symposium, Protein Metabolism Nutrition**. Herning, Denmark: National Institute of Animal Science, Research Center Foulum, 1991. p. 299.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold, 1945.
- BROSSARD, L. et al. Analyse par modélisation de la variation des performances d'un groupe de porcs en croissance en fonction de l'apport de lysine et du nombre de phases dans le programme d'alimentation. **Journées de la Recherche Porcine**, v. 39, p. 95-102, 2007.
- BROSSARD, L. et al. Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. **Animal**, Cambridge, v. 3, n. 08, p. 1114-1123, ago. 2009.
- BROSSARD, L. et al. Prise en compte de la variabilité individuelle dans la modélisation de la réponse des porcs en croissance aux apports alimentaires. **Inra Productions Animales**, Paris, v. 25, n. 1, p. 17-28, jan. 2012.
- CASAS, G. A.; RODRÍGUEZ, D. I.; AFANADOR, T. G. Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 23, n. 3, p. 349-358, jul./set. 2010.
- COYNE J. M. et al. Comparison of fixed effects and mixed model growth functions in modelling and predicting liveweight in pigs. **Livest. Science**, v. 177, p. 08–14, 2015.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Central de Inteligência de Aves e Suínos. ICPSuíno/Embrapa. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/icpsuino>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

EMMANS, G.; KYRIAZAKIS, I. Growth and body composition. In: KYRIAZAKIS, I. (Ed.). **A Quantitative biology of the pig**. Wallingford: CABI-Publishing, 1999. p. 181-197.

FERGUSON, N. S.; GOUS, R. M. Evaluation of pig genotypes: (1) Theoretical aspects of measuring genetic parameters. **Animal Production**, v. 56, p. 233-243, 1993.

FIALHO, F. B. **Interpretação da curva de crescimento de Gompertz**. Concórdia: Embrapa CNPSA, 1999. p. 01-04.

FREITAS, A. R.; COSTA, C. N. Ajustamento de modelos não lineares a dados de crescimento de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 10, p. 1147-1154, out. 1983.

FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 786-795, 2005.

FULLER, M. F.; CHAMBERLAIN, A. G. Protein requirement of pigs. In: HARESIGN, W. et al. **Recent Advances in Animal Nutrition**. Londres: Butterworths, 1982. p. 175-186.

FULLER, M. F. (Ed.) **The encyclopedia of farm animal production**. Wallingford: CABI Publishing, 2004.

GARY, B. P.; PIERCE, K. M.; O'DOHERTY, J. V. The effect of phase-feeding on the growth performance, carcass characteristics and nitrogen balance of growing and finishing pigs. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, v. 46, p. 93-104, 2007.

GONÇALVES, V. A. **Simulação da dinâmica operacional na linha de esvazamento em uma indústria de abate suíno**. 2014. 62f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

GONZAGA, D. A.; BARBOSA, R. C. Estimativa do tamanho mínimo de rebanho suíno para a implementação de sistema de geração energia elétrica de 35 KWH, 150 KWH, 275 KWH e 590KWH, usando biogás como combustível para grupos geradores. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 26-32, jun. 2016.

HAUSCHILD, L. et al. Development of sustainable precision farming systems for swine: estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 2255-2263, jul. 2012.

HAUSCHILD, L.; POMAR, C.; LOVATTO, P. A. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 5, p. 714-723, mai. 2010.

LETOURNEAU-MONTMINY, M. P. et al. Impact de la méthode de formulation et du nombre de phases d'alimentation sur le coût d'alimentation et les rejets d'azote et de phosphore chez le porc charcutier. In: JOURNÉES DE LA RECHERCHE PORCINE, 37., 2005, Paris. **Anais...** Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 2005. p. 25-32.

MANSOUR, H.; JENSEN, E. L.; JOHNSON, L. P. Analysis of covariance structure of repeated measurements in holstein conformation traits. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 8, p. 2757-2766, 1991.

MADRID, J. et al. Effects of low protein diets on growth performance, carcass traits and ammonia emission of barrows and gilts. **Animal Production Science**, Collingwood, v. 53, n. 2, p. 146-153, jan. 2013.

MIYAGI, Paulo E. **Introdução à Simulação Discreta**. São Paulo, 2006. Disponível em: <[http://sites.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila\\_Simulacao.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila_Simulacao.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2016.

MONTEIRO, A. N. T. R. et al. **InraPorc®**: Ferramenta para o ajuste nutricional e econômico de dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação. In: VII Fórum Internacional de Suinocultura – Pork Expo, Foz do Iguaçu – PR, 2014.

MOORE, K. L.; MULLAN, B. P.; KIM, J. C. Blend feeding or feeding a single diet to pigs has no impact on growth performance or carcass quality. **Animal Production Science**, v. 53, p. 52–56, 2013.

MOORE, K. L.; MULLAN, B. P.; KIM, J. C. An evaluation of the alternative feeding strategies, blend feeding, three-phase feeding or a single diet, in pigs from 30 to 100 kg live weight. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, n. 2016, p. 273–280, 2016.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington, DC, USA: National Academies Press, 1998.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of swine**. 11. ed. Washington, DC, USA: National Academy Press, 2012.

PESSOA, M. C. **Sistema de simulação para avaliar a eficiência da seleção genômica em populações de suínos**. 2015. 54f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

POMAR, C. Predicting responses and nutrient requirements in growing animal populations: the case of the growing-finishing pig. In: HANIGAN, M. D.; NOVOTNY, J. A.; MARSTALLER, C. L. (Eds.) **Mathematical modeling in nutrition and agriculture**. Blacksburg: Virginia Polytechnic and State University, 2007. p. 309-330.

POMAR, C.; POMAR, J. Sustainable Precision Livestock Farming: A Vision for the Future of the Canadian Swine Industry. **Advances in Pork Production**, n. 23, p. 207-213, 2012.

- POMAR, C. et al. Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 14, p. E178-E186, fev. 2003.
- POMAR, C. et al. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, supl. esp., p. 226-237, 2009.
- POMAR, C. et al. Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. In: SAUVANT, D. et al. (Ed.). **Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals**. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2010. p. 327–334.
- POMAR, C. et al. Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs: towards a new definition of nutrient requirements in growing-finishing pigs? In: SAKOMURA, N. K. et al (Org.). **Nutritional Modelling in Pigs and Poultry**. Wallingford: CABI, 2014.
- PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. Belo Horizonte/MG: DG, 1999.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **J. Exp. Bot.**, v. 10, p. 290–301, 1959.
- RODRIGUES, P. B.; MUNIZ, J. A.; PEREIRA, F. A. Estudo comparativo de curvas de crescimento em suínos. **Ciência e Prática**, v. 16, n. 1, p. 151-157, 1992.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2005.
- ROSTAGNO, H. S. et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. suplemento especial, p. 295-304, 2007.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 2011.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007.
- SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.
- SINDIRAÇÕES. **Boletim informativo do setor de alimentação animal**: dezembro 2015. Disponível em <[http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2015/12/boletim\\_informativo\\_do\\_setor\\_de\\_alimentacao\\_animal\\_dez2015\\_online.pdf](http://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2015/12/boletim_informativo_do_setor_de_alimentacao_animal_dez2015_online.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2016
- SZYMANKIEWICZ, J.; MCDONALD, J.; TURNER, K. **Solving Business Problems by Simulation**. 2. ed. New York: McGraww-Hill, 1998.

URYNEK, W.; BURACZEWSKA, L. Effect of dietary energy concentration and apparent ileal digestible lysine:metabolizable energy ratio on nitrogen balance and growth performance of young pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1227-1236, 2003.

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

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 86-93, 2003.

WHITTEMORE, C. T. et al. Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: protein. **Animal Science**, Cambridge, v. 73, n. 1, p. 363-373, 2001.

WINSOR, C. P. The Gompertz curve as a growth curve. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v. 18, n. 1, p. 01-08, 1932.