

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

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E QUALIDADE DE CARÇA DE  
SUÍNOS COM DIFERENTES PESOS DE NASCIMENTO**

MARCOS SPERONI CERON

Zootecnista - UFSM  
Licenciado em Zootecnia - UFSM  
Mestre em Zootecnia - UFSM

Tese apresentada como um dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor  
em Zootecnia  
Área de Concentração em Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2018.

Marcos Speroni Ceron  
Mestre em Zootecnia

### TESE

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### DOUTOR EM ZOOTECNIA

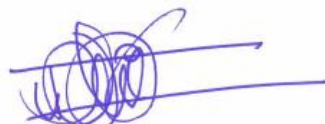
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 26.03.2018  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 02/05/2018  
Por



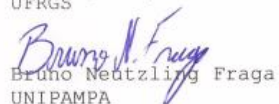
ALEXANDRE DE MELLO KESSLER  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador



DANILO PEDRO STREIT JR.  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia



Diogo Magna Bosco  
UFRGS



Bruno Neutzling Fraga  
UNIPAMPA



Ines Andretta  
UFRGS



Marcon Bruck Warpechowski  
UFPE



CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## CIP - Catalogação na Publicação

Ceron, Marcos Speroni  
Características de crescimento e qualidade de  
carcaça de suínos com diferentes pesos no nascimento /  
Marcos Speroni Ceron. -- 2018.  
112 f.  
Orientador: Alexandre de Mello Kessler.  
Coorientador: Vladimir de Oliveira.  
Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.  
1. comportamento ingestivo. 2. desempenho  
zootécnico. 3. Equação de Gompertz. 4. qualidade de  
carne. I. Kessler, Alexandre de Mello, orient. II.  
de Oliveira, Vladimir, coorient. III. Título.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul, pela oportunidade.

Ao professor orientador Alexandre de Mello Kessler pela amizade, pelo incentivo, pela orientação e pela oportunidade de participar de seu grupo de pesquisa.

Ao professor coorientador Vladimir de Oliveira pela grande amizade, pelo incentivo, pelas orientações e pela disponibilidade das instalações experimentais do Setor de Suínos da UFSM.

Ao senhor Enio Einloft Scholz pela amizade e por disponibilizar sua UPL para a execução da fase inicial do experimento.

Ao professor Carlos Augusto Rigon Rossi pela grande amizade, pelo companheirismo e pelo auxílio na execução experimental. Estendo meu agradecimento também à sua família.

Aos professores, Andrea Machado Leal Ribeiro (UFRGS), Arlei Rodrigues Bonet de Quadros (UFSM), Ines Andretta (UFRGS), Luciano Trevizan (UFRGS) e Maitê de Moraes Vieira (UFRGS), pela amizade, pelo auxílio prestado e pelos ensinamentos, que contribuíram para o desenvolvimento do presente estudo.

Aos colegas de pós-graduação (UFRGS), Carol Schell, Gustavo Dias Lovato, Paula Pires, Priscila Moraes, Rafael Dal Forno Gianluppi, Rodrigo Borille e Kátia Kardinal, pela amizade e pelas inúmeras discussões e trocas de conhecimento.

Aos alunos do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UFSM), Henrique da Costa Mendez Muniz, Leonardo da Rocha e Michael Chimainski pela amizade e pelo auxílio na execução do experimento.

As equipes do Laboratório de Ensino Zootécnico (UFRGS) e do Setor de Suínos (UFSM), que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

A meus pais, Luiz Ceron e Clenir Maria Speroni Ceron, bem como ao restante de minha família por me apoiar e incentivar a prosseguir nos estudos.

À minha namorada Sabrina dos Santos Gonçalves, pelo carinho, pela compreensão e pelo apoio durante todo este período.

## CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E QUALIDADE DE CARÇAÇA DE SUÍNOS COM DIFERENTES PESOS DE NASCIMENTO<sup>1</sup>

Autor: Marcos Speroni Ceron

Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

Co-orientador: Dr. Vladimir de Oliveira

**Resumo:** Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do peso ao nascer sobre a deposição e a alometria dos componentes corporais de suínos imunocastrados na fase de crescimento e terminação. Foram utilizados 60 suínos machos inteiros em fase de crescimento e terminação (70 dias de idade) separados em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves ( $0,978 \pm 0,083$ , kg PV), 12 suínos médios ( $1,420 \pm 0,067$  kg PV) e 24 suínos pesados ( $1,849$  PV  $\pm 0,096$ , kg PV). Os animais foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12 animais cada, com temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação Fire<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipment*) e dois bebedouros do tipo chupeta. Nesse período, os animais foram submetidos a um programa de alimentar de quatro dietas, formuladas de acordo com as exigências nutricionais do NRC (2012) e fornecidas de forma *ad libitum*. A deposição dos componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza) foi determinada por meio das equações descritas por Youssao et al. (2002) e Kyriazakis e Whittemore (2006). Para isso, foram realizadas cinco medidas ultrassônicas ao longo da vida dos animais, de acordo com a metodologia descrita por Dutra Jr. et al. (2001). O peso ao nascer exerce influência sobre o crescimento, o consumo de ração, bem como sobre a deposição de proteína e lipídeo, mas não afeta a deposição dos demais componentes corporais. A alometria desses componentes demonstrou que os suínos médios e pesados possuem, em relação aos leves, maior aptidão para deposição de proteína e menor aptidão para deposição de lipídeo corporal. Os suínos leves apresentam menor taxa de crescimento e consumo de alimento do que os suínos pesados e médios, além de terem atingido sua taxa máxima de crescimento e consumo em idade mais tardia, embora apresentando melhor qualidade de carne na carcaça.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (108p.), março, 2018.

## GROWTH CHARACTERISTICS AND CARCASS QUALITY IN PIGS BORN AT DIFFERENT LIVE WEIGHTS<sup>2</sup>

Author: Marcos Speroni Ceron

Adviser: Dr. Alexandre de Mello Kessler

Co-adviser: Dr. Vladimir de Oliveira

**Abstract:** An experiment was carried out in order to evaluate the effect of birth weight on the deposition and allometry of the body components of immunocastrated pigs in their phases of growth and termination. Sixty male pigs in the growing and termination phases (70 days of age) were separated into three weight categories (treatments) at birth: 24 light-weight pigs ( $0,978 \pm 0,083$ , kg PV), 12 medium-weight pigs ( $1,420 \pm 0,067$  kg PV), and 24 heavy-weight pigs ( $1,849$  PV  $\pm 0,096$ , kg PV). The animals were housed in five stalls which had the capacity for housing 12 animals each. These were at an ambient temperature of 20°C, and at 70% relative humidity, as well as being equipped with a Feed Intake Recording Equipment (FIRE) system, and two water nipples. During this period, the animals were submitted to a diet program of four diets, which were formulated in accordance with the nutritional requirements of the NRC (2012), and supplied ad libitum. The deposition of body components (water, protein, lipid, and ash) was determined by the equations described by Youssao et al. (2002), and by Kyriazakis and Whittemore (2006). For this, five ultrasonic measurements were performed throughout the life of the animals, according to the methodology described by Dutra Jr. et al. (2001). Birth weight influences growth, feed intake, as well as protein and lipid deposition. However, it does not affect the deposition of other body components. Allometry of these components showed that the medium- and heavy-weight pigs have, in relation to the light-weight ones, greater aptitude for deposition of protein and lesser for corporal lipid deposition. Light-weight pigs have a lower growth and feed consumption rates than heavy- and medium-weight pigs. In addition, they reach their highest growth and feed consumption rates at a later age, and present better meat quality in the carcass.

---

<sup>2</sup> Doctoral Thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (109p.), march, 2018.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	13
1. Introdução.....	14
2. Revisão bibliográfica.....	15
2.1. Curva de crescimento do suíno.....	15
2.2. Função Gompertz.....	16
2.3. Alometria dos componentes corporais (água, proteína, lipídeos e cinzas).....	20
2.4. Consequência da variação de peso dos animais na cadeia suinícola.....	20
2.5. Fatores que influenciam a variação de peso.....	21
2.5.1. Nutrição fetal e a variabilidade de peso pós-natal.....	21
2.5.2. Sexo.....	22
2.5.3. Status sanitário dos suínos.....	23
2.6. Curva de consumo e comportamento ingestivo de suínos em fase de crescimento e terminação.....	23
2.7. Benefícios e limitações dos modelos matemáticos na suinocultura.....	25
3. Hipóteses e objetivos.....	28
 <b>CAPÍTULO II</b> .....	 29
Efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros das curvas de crescimento, consumo acumulado e comportamento ingestivo de suínos imunocastrados.....	29
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	32
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	33
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	36
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	42
 <b>CAPÍTULO III</b> .....	 55
Efeito do peso ao nascer sobre o crescimento e a deposição dos componentes corporais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação.....	55
Implicações.....	57
Introdução.....	57
Material e métodos.....	58
Resultados.....	62
Discussão.....	64
Declaração de ética.....	67
Referências.....	67
 <b>CAPÍTULO IV</b> .....	 77
Efeito do peso ao nascer sobre as características de carcaça e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados.....	77

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	80
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	81
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	84
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	89
<b>CAPÍTULO V</b> .....	100
<b>4. Considerações finais</b> .....	101
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	103



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Composição centesimal e calculada das dietas dos suínos em fase de crescimento e terminação. .... 47
- Tabela 2.** Dados referentes ao desempenho zootécnico de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer..... 49
- Tabela 3.** Valores médios e coeficiente de variação (CV, %) dos parâmetros da curva diária de Gompertz de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer..... 50
- Tabela 4.** Parâmetros da curva diária de Gompertz e das taxas máximas de consumo de ração acumulada de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer..... 51

### CAPÍTULO II

- Tabela 1** *Composição centesimal e calculada das dietas dos suínos em fase de crescimento e terminação.* ..... 72
- Tabela 2** *Parâmetros da curva de Gompertz [ $Y=A \cdot \exp(-\exp(-B \cdot (\text{idade}-C)))$ ] e das taxas máximas de crescimento dos componentes corporais proteína, água, lipídeo, e cinza corporal dos suínos leves (SL), médios (SM) e pesados ao nascer (SP).*..... 73
- Tabela 3** *Parâmetros da deposição alométrico (a; b) da proteína, água, lipídeo e cinza corporal em relação ao peso vivo ( $Y=aX^b$ ) de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer.*..... 74

### CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Composição centesimal e calculada das dietas dos suínos em fase de crescimento e terminação. .... 93
- Tabela 2.** Dados de peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD) e medidas de ultrassom da área de olho de lombo (AOL<sub>ut</sub>), espessura de tocinho (ET<sub>ut</sub>), profundidade do músculo longissimus dorsi (PML<sub>ut</sub>), espessura de gordura do músculo (EGG<sub>ut</sub>) e profundidade do músculo gluteos medius (PMG<sub>ut</sub>) de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP)..... 95
- Tabela 3.** Características de carcaça e qualidade de carne de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP)..... 97
- Tabela 4.** Pesos e rendimentos dos principais cortes comerciais da meia carcaça esquerda de suínos leves, médios e pesados. .... 99

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Curva diária de crescimento (linha preta) e das taxas de crescimento relativo (linha cinza) de suínos leves, médios e pesados ao nascer. .... 52
- Figura 2.** Curva de consumo acumulado (linha preta) e taxa de consumo de ração (linha cinza) de suínos leves, médios e pesados ao nascer. 53
- Figura 3.** Comportamento ingestivo suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) durante a fase de crescimento e terminação. <sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), NRD = número de refeições por dia (a), OCO = tempo de ocupação diária do comedouros (b), OCOR = tempo de ocupação por refeição (c), CRR = consumo de ração por refeição (d) e TCR = taxa de consumo de ração (e). .... 54

### CAPÍTULO II

- Figura 1** Curvas [ $Y = A \cdot \exp(-\exp(-B \cdot (\text{idade} - C)))$ ] de deposição de proteína, água, lipídeo e cinza corporais (linha preta) e taxas [ $Y = A \cdot B \cdot \exp(-B \cdot (\text{idade} - C) - \exp(-B \cdot (\text{idade} - C)))$ ] de deposição (linha cinza) de proteína, água, lipídeo e cinzas de suínos leves, médios e pesados ao nascer. .... 75
- Figura 2** Crescimento alométrico (a; b) (linha preta) da proteína, água, lipídeo e cinza corporal em relação ao peso vivo ( $Y = aX^b$ ) e derivada da taxa de deposição alométrica (linha cinza) de proteína, água, lipídeo e cinza corporal em relação ao peso vivo ( $Y = abX^{b-1}$ ) de suínos leves, médios e pesado ao nascer. .... 76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A: peso na maturidade (valor assintótico)  
 a: intercepto  
 $a_a$ : intercepto da água corporal  
 $a_c$ : intercepto da cinza corporal  
 $a_l$ : intercepto do lipídeo corporal  
 $a_p$ : intercepto da proteína corporal  
 $A_A$ : massa de água na maturidade  
 $A_C$ : massa de cinza na maturidade  
 $A_L$ : massa de lipídeo na maturidade  
 $A_P$ : massa de proteína na maturidade  
 $AD_{max}$ : máxima taxa de deposição de água  
 AG: área da gordura  
 AOL: área de olho de lombo (abate)  
 $AOL_{ut}$ : área de olho de lombo (ultrassom)  
 ET: espessura de tocinho (abate)  
 $ET_{ut}$ : espessura de tocinho (ultrassom)  
 B: taxa de maturidade  
 $B_A$ : taxa de maturação de água corporal  
 $B_C$ : taxa de maturação de cinza corporal  
 $B_L$ : taxa de maturação de lipídeo corporal  
 $B_P$ : taxa de maturação de proteína corporal  
 b: coeficiente alométrico  
 $b_a$ : coeficiente alométrico da água corporal  
 $b_c$ : coeficiente alométrico da cinza corporal  
 $b_l$ : coeficiente alométrico do lipídeo corporal  
 $b_p$ : coeficiente alométrico da proteína corporal  
 BC: barriga + costela  
 C: idade em que a taxa máxima de ganho de peso é alcançada (ponto de inflexão)  
 $C_A$ : idade em que a taxa máxima de deposição de água é alcançada  
 $C_C$ : idade em que a taxa máxima de deposição de cinza é alcançada  
 $C_L$ : idade em que a taxa máxima de deposição de lipídeo é alcançada  
 $C_P$ : idade em que a taxa máxima de deposição de proteína é alcançada  
 CA: conversão alimentar  
 CAR: consumo acumulado de ração  
 CC: comprimento de carcaça  
 C/G: relação carne/gordura da carcaça  
 CMDR: consumo médio diário de ração  
 CRA: capacidade de retenção de água  
 CRPI: consumo de ração no ponto de inflexão  
 CRR: consumo de ração por refeição  
 CV: coeficiente de variação  
 DPCV: deposição de proteína no corpo vazio  
 EGG: espessura de gordura do músculo do músculo *gluteos medius* (abate)  
 $EGG_{ut}$ : espessura de gordura do músculo do músculo *gluteos medius* (ultrassom)

EGS: espessura média de gordura subcutânea  
FC: força de cisalhamento  
FI: firmeza  
GCM: ganho de carne magra (abate)  
gCMT: deposição de carne magra total na carcaça dissecada  
gCMT/gGT: relação carne magra/gordura total na carcaça dissecada  
gGT: deposição de gordura total na carcaça dissecada  
GPD: ganho de peso diário  
kgPA: peso de paleta  
kgPE: peso de pernil  
NRD: número de refeições por dia  
OCO: tempo de ocupação do comedouro  
OCOR: tempo de ocupação por refeição  
P: probabilidade  
PC: perda por cocção  
PCQ: Peso de carcaça quente  
PCQE: peso da meia carcaça quente esquerda  
PCF: Peso de carcaça fria  
PCFE: peso da meia carcaça fria esquerda  
PCR: perda na carcaça resfriada  
PD<sub>max</sub>: máxima taxa de deposição de proteína corporal  
pH45: pH dos 45 minutos  
pH24: pH das 24 horas  
PMG: profundidade do músculo *gluteos medius* (abate)  
PMG<sub>ut</sub>: profundidade do músculo *gluteos medius* (ultrassom)  
PML: profundidade do músculo *longissimus dorsi* (abate)  
PML<sub>ut</sub>: profundidade do músculo *longissimus dorsi* (ultrassom)  
PV: peso vivo  
QCC: quantidade de carne na carcaça resfriada  
RCC: rendimento de carne na carcaça resfriada  
TCM: taxa de crescimento máximo  
TCR: taxa de consumo de ração  
TMCR: taxa máxima de consumo de ração  
%CC: rendimento de carcaça  
%PA: rendimento de paleta  
%PE: rendimento de pernil

## **CAPÍTULO I**

## 1. Introdução

O melhoramento genético aumentou o número de leitões nascidos vivos, aumentando a variabilidade de peso ao nascer e também o percentual de leitões pequenos dentro de uma mesma leitegada (Paredes et al., 2014). O aumento de lotação uterina gera a presença de leitões que sofreram restrição de crescimento intrauterino, tendo como consequência, o nascimento de leitões com pesos inferiores a média da leitegada. Esses animais possuem crescimento reduzido em relação aos seus contemporâneos, aumentando a variação do peso do lote no momento do abate (Deen et al., 1998; Almeida et al., 2014).

A variação de peso dos lotes na terminação pode ser caracterizada pelo baixo crescimento de alguns animais, que não atingem o peso esperado ao abate (Deen et al., 1998). A variação de peso pode ser consequência do desafio sanitário, assim como de falhas nutricionais e de manejo a que os suínos são submetidos durante sua vida pré e pós-natal (Wellock et al., 2003).

A variação de peso dos animais causa prejuízos para os produtores e a indústria. Os animais com baixo peso ao nascer reduzem a capacidade de utilização das instalações e aumentam os custos de produção, pois consomem mais ração devido ao seu maior tempo de ocupação das instalações para chegar ao peso de abate, em média 12 dias a mais do que os animais com peso ideal (Gondret et al., 2006).

Na tentativa de sanar esses problemas, cresce o interesse da indústria pelo desenvolvimento de pesquisas que ajudem a entender as causas da variação de peso e desenvolver estratégias de manejo para combater essas variações (Dutra Jr. et al., 2001a). No entanto, devido ao grande número de fatores intrínsecos e extrínsecos que interferem na variação de peso, é muito difícil identificar as suas causas por meio de técnicas de experimentação tradicionais.

Os modelos matemáticos podem ser uma alternativa viável para determinar as causas da variação de peso dos animais. Porém, os modelos existentes atualmente possuem pouca precisão quando aplicados em populações heterogêneas como as encontradas a campo (Pomar et al., 2009; Hauschild et al., 2012).

Nesse contexto, este trabalho contribuirá com estudos sobre comportamento ingestivo e determinação de parâmetros da curva de crescimento tecidual de forma individual para suínos de pesos heterogêneos, além de estudar seus reflexos nas características de carcaça e qualidade da carne. Essas informações servirão para aumentar a precisão e acurácia dos modelos matemáticos existentes e gerar dados para a construção de novos modelos, mais condizentes com a realidade de campo.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Curva de crescimento do suíno

Compreender o complexo processo do crescimento animal em função do tempo (peso/idade) desperta muito interesse de pesquisadores da área e da indústria (Whittemore & Green, 2002). O crescimento é definido pela deposição de água, proteína, lipídeos e cinza no corpo do animal, através dos processos de hiperplasia e hipertrofia celular, bem como pelo acúmulo de substâncias no espaço intersticial (Zuidhof, 2005). A idade fisiológica e o estágio de maturidade do animal são definidos pela deposição e pela proporção dos componentes citados em cada órgão do animal (Gous et al., 1999).

A taxa de crescimento do animal é definida pelo *turnover* proteico (Kyriazakis & Whittemore, 2006), ou seja, quando o crescimento celular é resultado da diferença entre o processo de síntese e degradação de proteína. A diferença entre essas duas taxas determina o acréscimo ou a perda de proteína. Quando o animal está em estado de anabolismo, a taxa de síntese é maior que a taxa de degradação de proteína. Já no estado de catabolismo, a taxa de degradação é superior à taxa de síntese de proteínas (Lehninger, 2005). Os animais apresentam crescimento em função do tempo, o qual pode ser representado por uma curva assintótica, modelo teórico mais aceito para explicar o crescimento dos animais (Freitas, 2005).

A descrição das curvas de crescimento dos animais é fundamental para a elaboração de modelos matemáticos capazes de determinar as exigências nutricionais, os efeitos dos diferentes programas nutricionais, as condições ambientais sobre o desempenho zootécnico dos animais (Pomar et al., 2009) e o momento ideal para o abate (Carneiro et al., 2009). Do mesmo modo, os parâmetros da curva também podem ser utilizados em programas de melhoramento genético para a identificação dos animais geneticamente superiores (Fitzhugh Jr., 1976).

O crescimento apresenta características alométricas, ou seja, cada tecido possui velocidade diferente de crescimento. O primeiro tecido a ser depositado e cujo crescimento cessa antes é o tecido nervoso; na sequência, vêm o tecido ósseo, o muscular e, por último, o tecido adiposo. Portanto, o teor de gordura na carcaça aumenta com o avançar da idade do animal. Após o ponto de inflexão da curva, que corresponde à puberdade, a taxa de crescimento torna-se linear. Em termos gerais, os hormônios do crescimento são substituídos pelos hormônios da reprodução e, a partir desse ponto, o ganho de peso se dará pela maior deposição de gordura, resultando nas mudanças conformacionais no indivíduo (Kloareg et al., 2006).

A diferença de deposição dos tecidos é um fator determinante para o rendimento de carcaça. À medida que aumenta a deposição de tecido adiposo na carcaça, a proporção de carne diminui. O grau de deposição do tecido adiposo também influencia o rendimento de carcaça.

Os depósitos de gordura no organismo também apresentam uma variação temporal de deposição na seguinte ordem: gordura interna (cavidade abdominal, pélvica e torácica), gordura intermuscular, gordura subcutânea e,

por fim, gordura intramuscular. À medida que o animal cresce, a sua eficiência alimentar decresce, pois as exigências de manutenção aumentam com a idade.

Em relação aos componentes corporais, as taxas de deposição de proteína e gordura corporal possuem grande importância. A deposição de proteína exerce forte influência nas necessidades diárias de aminoácidos dos suínos (Lewis, 2003). Já a deposição de gordura é responsável por 2/3 das exigências de energia para ganho de peso dos suínos em fase de terminação (NRC, 1998).

Existem muitas equações matemáticas não lineares para descrever o crescimento animal. As mais utilizadas na área da Zootecnia são as equações de Brody, Gompertz, Logística, Richards, Robertson e Von Bertalanffy. No entanto, a equação de Gompertz é a mais utilizada para descrever o crescimento dos suínos (Freitas, 2005).

## 2.2. Função Gompertz

A curva de Gompertz é uma função comumente usada para descrever o crescimento de animais e de tecidos e apresenta propriedades desejáveis numa curva de crescimento. Ao contrário de outras funções, a massa corporal inicial é sempre superior a zero, indicando que o animal já nasce com algum peso. A massa corporal tende a atingir um valor máximo, dado pelo parâmetro A da função. Além dessas vantagens, os parâmetros da função de Gompertz têm significado biológico, permitindo obter informações importantes a respeito do crescimento dos animais por meio de sua interpretação (Fialho, 1999).

A função de Gompertz foi apontada como própria para a descrição do crescimento dos organismos vivos com base no argumento de que a capacidade média de crescimento, medida pela velocidade relativa de aumento, tende a cair conforme uma taxa mais ou menos uniforme, conduzindo a tipos assimétricos de curvas sigmóides (Gous et al., 1999). O modelo de Gompertz é representado pela seguinte função:

$$Y=A*\exp(-\exp(-B*(Idade-C)))$$

Nesta equação, o “Y” é o peso do suíno em qualquer idade; o parâmetro “A” é o valor assintótico (por exemplo, peso à maturidade); o parâmetro “B” representa a taxa de maturidade, sendo uma função entre a máxima taxa de crescimento e o peso adulto do animal; e o parâmetro “C” é a idade em que a taxa máxima de ganho de peso é alcançada, sendo o ponto de inflexão da curva sigmóide.

As características da curva de crescimento Gompertz estão associadas ao ponto de inflexão, em que a taxa de crescimento é máxima. A taxa de crescimento estima o incremento no peso em cada unidade de tempo, ou seja, o ganho de peso obtido por unidade de tempo (dia), o que representa o ganho de peso médio diário, estimado ao longo da trajetória de crescimento (Freitas, 2005).

A função Gompertz também estabelece as taxas de crescimento para os componentes corporais, como gordura, proteína, cinza e água, as quais auxiliam nas definições alométricas entre esses componentes (Fialho,



1999). Whittemore & Green (2002), Schiavon et al. (2007) e Casas et al. (2010) utilizaram a função Gompertz para descrever o crescimento animal e de seus componentes corporais. O estudo da deposição de proteínas e gordura nos componentes corporais dos suínos tem despertado bastante interesse de pesquisadores da área e da indústria frigorífica, uma vez que esses dois componentes determinam o valor econômico do animal (Dutra Jr. et al., 2001b).

Cada animal possui sua curva própria de crescimento, que deve ser determinada em condições ambientais favoráveis (Wellock et al., 2004; Freitas, 2005). As variações nas curvas de crescimento podem ser explicadas por diferenças de sexo, idade, ração, manejo e espécie animal (Quinou et al., 1996; Freitas, 2005).

Inúmeros trabalhos descrevem, utilizando a função Gompertz, o desenvolvimento dos principais cortes comerciais e a deposição de água, proteína, lipídeos e cinza nos animais de produção (Whittemore & Green 2002; Schiavon et al. 2007; Casas et al. 2010). Gous et al. (1999) relatam o crescimento de carcaça, peito e penas e a deposição de água, proteína, lipídeos e cinza de frango de corte. Nesse estudo, os machos apresentaram maior quantidade de proteína e água e menor quantidade de lipídeos corporais na fase final de desenvolvimento. Marcoto et al. (2010), também por meio da equação de Gompertz, determinam taxa de crescimento, peso à maturidade e deposição de nutrientes (água, proteína, lipídeos e cinza) no coração, no fígado, no intestino e na moela de frangos de corte das linhagens Cobb e Ross. Os autores chegaram à conclusão de que as taxas de crescimento e deposição de nutrientes no coração e no intestino e a taxa de deposição de proteína e gordura no fígado são semelhantes entre as linhagens avaliadas. Neme et al. (2006) determinam a curva de crescimento e a de deposição dos componentes corporais (água, proteína, lipídeos e cinza) em aves de postura das linhagens leves e pesadas, concluindo que as aves semipesadas foram mais tardias que as aves leves, apresentando maiores taxas de crescimento corporal e peso à maturidade. A linhagem semipesada atingiu sua taxa máxima de crescimento aos 59 dias de idade, já a linhagem leve a atingiu aos 52 dias.

Utilizando funções alométricas estendidas Dutra Jr. et al. (2001b) estimaram o crescimento e o rendimento dos componentes corporais (músculo, gordura, ossos e pele) e dos principais cortes cárneos de suínos em fase de crescimento e terminação. O trabalho constatou que os suínos acumulavam mais gordura à medida que aumentava o seu peso corporal. A relação carne:gordura passou de 1:0,30, aos 50 kg de peso corporal, para 1:0,42 aos 120 kg de peso corporal. Entre os 50 e os 120 kg de peso corporal, a proporção de ossos se manteve praticamente inalterada, mas a proporção de pele sofreu redução leve e proporcional ao aumento de peso do animal. Para os cortes cárneos pernil e carré, ocorreram maior deposição de proteína no primeiro e maior deposição de gordura no segundo. No entanto, a velocidade de crescimento do carré foi maior que o do pernil, 1% e 0,4%, respectivamente.

Compreender os parâmetros da equação de Gompertz é fundamental para programas de melhoramento genético e para calibração de modelos de crescimento animal e elaboração de programas nutricionais de rebanho. Freitas e Costa (1983) estimam os parâmetros da curva de crescimento para suínos das raças Large White e Landrace, fêmeas e machos.

Para Large White fêmeas e machos, foram estimados pesos ao nascer de 1,74 e 1,69 kg, respectivamente, bem como pesos ao nascer de 1,74 e 1,80 kg para suínos da raça Landrace fêmeas e machos, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Freitas (2005) em fêmeas Large White, que foi de 1,47 kg.

Com o objetivo de avaliar o potencial de crescimento dos suínos híbridos, Pomar et al. (1991) comparou o desenvolvimento corporal de machos inteiros, castrados e fêmeas. Nesse estudo, foi observado que os machos inteiros apresentaram maior potencial de crescimento, maior deposição de proteína e menor deposição de gordura que as fêmeas e os machos castrados, respectivamente. Vincek et al. (2012) também relataram maior deposição de proteína e menor deposição de gordura nas fêmeas, em relação aos machos castrados. No entanto, estas apresentaram menor deposição de tecido ósseo que os machos castrados.

A realização de estudos sobre a taxa de crescimento animal tem grande importância, pois tanto na suinocultura, quanto na avicultura, as linhagens podem ser divididas de acordo com sua velocidade de crescimento (ganho de peso), sendo classificadas em linhagem de crescimento lento e rápido. As diferenças nas taxas de crescimento podem ser observadas por meio da análise das curvas de crescimento de animais de diferente raça, linhagem, sexo ou peso ao nascer (Gous et al., 1999; Neme et al., 2006; Casas et al., 2010; Marcoto et al., 2010).

Identificar animais que apresentam maiores taxas de crescimento é de grande interesse para a indústria frigorífica e para os programas de melhoramento genético (Fitzhugh Jr., 1976; Ferguson & Kyriazis, 2003). Entretanto, inúmeros fatores influenciam a taxa de crescimento animal, tais como sexo, nutrição, temperatura ambiente e genética.

O sexo exerce forte influência na taxa de crescimento animal. Sabbioni et al. (2009), comparando suínos machos castrados com fêmeas da raça Nero di Parma, observaram que o macho castrado possui crescimento 7,6% menor que a fêmea. Pomar et al. (1991) determinam taxas de crescimento em suínos machos inteiros, castrados e fêmeas. O trabalho desses autores constatou que a taxa de crescimento do suíno macho inteiro é maior que a da fêmea e do macho castrado.

Sabbioni et al. (2009) constataram diferença nas taxas de crescimento em suínos nascidos em diferentes estações do ano. Os suínos nascidos no verão, período de maior calor ambiental, obtiveram taxa de crescimento 9,57% menor que os animais nascidos na primavera, 9,58% menor que os nascidos no inverno e 21,47% menor que os animais nascidos no inverno, demonstrando redução no crescimento animal nas estações mais quentes do ano.

O período em que a taxa de crescimento é máxima é denominado de ponto de inflexão da curva de crescimento. Representa o exato momento em que a curva de crescimento passa de crescente para decrescente. Nesse momento, o padrão da curva de crescimento é alterado de côncavo para convexo (Fialho, 1999). A partir desse ponto, ocorre uma alteração do metabolismo dos animais, que passam a depositar boa parte da energia ingerida na forma de gordura corporal, fazendo uma reserva de energia para o

início da vida reprodutiva. Esse processo foi observado por Neme et al. (2006) em aves de postura da linhagem Hisex Marrom, cujo acúmulo de gordura corporal foi maior nas últimas semanas da fase de crescimento, resultando na antecipação do início da postura e no aparecimento dos primeiros ovos ao final da 16ª semana. Em suínos, o maior acúmulo de gordura inicia entre os 60 aos 80 kg de peso vivo, fase final de terminação e início da puberdade (Kyriazakis & Whittemore, 2006).

Schulin-Zeuthen et al. (2008) estimaram um ponto de inflexão de 162 kg aos 205 dias de idade em suínos híbridos. Schinckel et al. (2009) encontraram peso corporal ao ponto de inflexão de 82,60 kg, aos 134 dias, com ganho de peso máximo de 0,606 g d<sup>-1</sup>.

Analisando as curvas de crescimento, é possível selecionar animais que apresentam altas ou baixas taxas de crescimento relativo ao peso adulto (taxa de maturidade). Os animais que apresentam maiores taxas de maturidade são mais precoces que aqueles que apresentam as menores taxas de maturidade (Tedeschi et al., 2000). Para os programas de melhoramento genético, a determinação desse parâmetro é fundamental para identificar os animais geneticamente superiores, ou seja, aqueles que apresentam maior crescimento relativo (Fitzhugh jr., 1976; Ferguson & Kyriazis, 2003).

Com base nos parâmetros estimados pela função Gompertz, Neme et al. (2006) observaram, pelo peso vivo, que as aves Hy Line W36 apresentaram taxas de maturidade superiores às das Hy Line Marrom, Hisex Marrom e Hisex Branca, alcançando peso corporal adulto mais rápido que as demais aves estudadas. Os resultados encontrados indicam que as menores taxas de maturidade das linhagens Hy Line Marrom e Hisex Marrom resultaram em tempo maior para que essas aves atingissem suas taxas máximas de crescimento corporal (59 dias) em relação às Hy Line W36 (52 dias) e, conseqüentemente, atingissem maiores pesos corporais à maturidade (Hy Line Marrom, 2,060 kg; Hisex Marrom, 2,064 kg e Hy Line W36, 1,533 kg).

Como citado anteriormente, além da genética, o sexo e a temperatura ambiente também afetam o peso à maturidade dos suínos. Sabbioni et al. (2009) estudaram o efeito do sexo e do nascimento dos leitões em diferentes épocas do ano (verão, primavera, outono e inverno) de suínos da raça Nero di Parma. Os machos castrados apresentaram maior peso à maturidade que as fêmeas, sendo os pesos estimados de 229 kg para os machos e 221,3 kg para as fêmeas. Essa estimativa é semelhante à encontrada nos estudos de Schinckel et al. (2009), em que foi identificado peso à maturidade de 224,4 kg. Esses valores foram inferiores ao encontrado por Schulin-Zeuthen et al. (2008), peso à maturidade de 489 kg, e superiores ao encontrado por Freitas (2005), peso à maturidade de 164,11 kg.

Devido à grande variação nos parâmetros das equações de crescimento dos animais, pelos fatores intrínsecos e extrínsecos citados anteriormente, obter informações das curvas de crescimento do animal estudado e/ou informações de prognósticos futuros para animais do mesmo grupo racial sob a mesma situação ambiental é de extrema importância para o meio acadêmico e para indústria, uma vez que os parâmetros da curva de crescimento são utilizados para elaboração e calibração de modelos matemáticos para simular o crescimento animal e para determinar exigências

nutricionais em programas de melhoramento genético (Tedeschi et al., 2000; Pomar et al., 2009).

### **2.3. Alometria dos componentes corporais (água, proteína, lipídeos e cinzas)**

A alometria pode ser definida como o estudo das mudanças na proporção de várias partes do organismo durante o crescimento do animal, revelando uma relação curvilínea entre o crescimento dos componentes corporais, sendo, portanto, um método adequado para estudo da carcaça e de seus componentes. A equação é capaz de fazer uma descrição quantitativa da relação existente entre a “parte” e o “todo”, reduzindo todas as informações a um só valor, o coeficiente alométrico (b) (Huxley, 1924; Santos et al., 2001).

A alometria é representada da seguinte forma:

$$Y=aX^b$$

Nessa equação, “Y” é a variável dependente, “a” é o intercepto do logaritmo da regressão linear sobre “Y”, “X” é a variável independente e “b” é o expoente de escala ou coeficiente alométrico. Na alometria, a massa corporal é utilizada como a variável independente, pois é uma grandeza de fácil medida e realizada com bastante precisão. Quanto  $b=1$ , a deposição é considerada isogônica, indicando que as taxas de desenvolvimento de “X” e “Y” são semelhantes no período analisado. Quando  $b \neq 1$ , a deposição é chamada heterogônica, sendo positiva ( $b > 1$ ), quando o desenvolvimento é tardio; ou negativa ( $b < 1$ ), quando a deposição é precoce (Huxley, 1924; Henn et al., 2014).

Na literatura, os coeficientes alométricos costumam variar entre 0,778 e 0,862 para a água, 0,850 e 0,963 para a proteína e 0,896 e 1,024 kg para a cinza. Já o coeficiente alométrico do lipídeo corporal oscila entre 1,519 e 1,727 kg (Ferguson & Kyriazis, 2003; Kloareg et al., 2006; Strathe et al., 2015). A água, a proteína e a cinza corporal apresentam crescimento heterogônico negativo, precoce ( $b < 1$ ), diminuindo suas velocidades de crescimento à medida que aumenta o peso de abate dos animais. No entanto, o lipídeo é um componente corporal de crescimento tardio ( $b > 1$ ), aumentando sua proporção com aumento da maturidade do animal (Shields et al., 1983; Ferguson & Kyriazis, 2003).

### **2.4. Consequência da variação de peso dos animais na cadeia suinícola**

A variação de peso dos animais é uma das maiores preocupações da indústria suinícola. Nos Estados Unidos, a variação de peso em lotes de suínos passou a ser um problema quando a indústria frigorífica passou a exigir padrões definidos de peso dos animais ao abate (Deen et al., 1998).

A variação de peso durante a terminação pode ser consequência do baixo crescimento de alguns animais, que não atingem o peso adequado no momento do abate, gerando prejuízos para o produtor e para a indústria (Deen et al., 1998). A eficiência com que as instalações são utilizadas (capacidade de utilização) é um dos principais fatores que afetam os custos de produção para

o suinocultor. A capacidade de utilização da instalação é medida pelo número de animais por metro quadrado ao ano.

A taxa de crescimento possui forte influência na capacidade de utilização das instalações da granja. Os animais de crescimento lento levam, em média, 12 dias a mais para chegar ao peso ideal de abate, aumentando o tempo de ocupação das instalações, o que, por sua vez, gera prejuízos técnicos e produtivos para a atividade suinícola (Gondret et al., 2006). Os custos de oportunidade, o retorno do investimento e o mau uso das instalações também devem ser considerados no momento de contabilizar os custos de produção dos suínos leves (Deen & Roberts, 1995). Assim, conhecer os fatores que mais afetam a uniformidade de peso é fundamental para aumentar a lucratividade e a qualidade do sistema de produção de suínos.

## **2.5. Fatores que influenciam a variação de peso**

Diversos fatores intrínsecos (referente ao animal) e extrínsecos (referentes ao ambiente) interferem na uniformidade dos suínos no momento de abate. Alguns desses fatores são:

### **2.5.1. Nutrição fetal e a variabilidade de peso pós-natal**

Estudos comprovam que a nutrição materna durante a gestação influencia o peso ao nascimento dos leitões (Almeida, 2009) e que leitões de baixo peso apresentam menor número de fibras musculares secundárias (Gondret et al., 2005). As fibras musculares têm seu desenvolvimento iniciado no período pré-natal e a sua formação é caracterizada por dois principais eventos: a proliferação dos mioblastos para aumento do número de células e a formação das células multinucleadas, denominadas fibras musculares (Foxcroft et al., 2006). As fibras primárias desenvolvem-se primeiro pela rápida fusão dos mioblastos, e, em seguida, ocorre um longo período de desenvolvimento de fibras secundárias sobre a superfície das primárias. A hiperplasia das fibras secundárias inicia com aproximadamente 50 dias de gestação e continua até próximo aos 90 dias. O aumento de massa muscular que ocorre após o nascimento resulta da hipertrofia das fibras musculares (Rehfeldt & Kuhn, 2006).

O número de fibras primárias é resistente à influência ambiental, mas o número de fibras secundárias é suscetível a diversos fatores, incluindo a nutrição (Dwyer & Stickland, 1994). Estudos de efeitos nutricionais maternos sobre o crescimento fetal normalmente enfatizam o terço final da gestação como o período em que ocorre intenso crescimento fetal. Contudo, mais recentemente, tem-se dado atenção maior às fases iniciais da gestação, que coincidem com a organogênese fetal e a hiperplasia das fibras musculares (Robinson et al., 1999). Embora em termos absolutos as exigências nutricionais sejam pequenas nessa fase, a atividade metabólica fetal e a taxa de crescimento específica são altas. Existem evidências indicando que pequenas alterações no fornecimento de nutrientes durante períodos críticos dos embriões e fetos podem impactar o seu desenvolvimento e crescimento e, em decorrência, afetar a sobrevivência neonatal e o desempenho pós-natal e a qualidade da carne ao abate (Gondret et al., 2006).

O melhoramento genético para maior taxa de crescimento, maior tamanho à maturidade, menor quantidade de gordura e maior prolificidade aumentou as exigências nutricionais das matrizes, especialmente em primíparas (Kyriazakis & Whittemore, 2006). A alimentação de fêmeas deve fornecer nutrientes suficientes para suprir necessidades de crescimento corporal, fetal, de tecidos uterinos e da glândula mamária, bem como para suprir a deposição de tecido adiposo (Dourmad et al., 2008). Dwyer & Stickland (1994) verificaram que o aumento de ração fornecida a porcas múltiparas (5,0 *versus* 2,5 kg) entre os dias 25 e 50 da gestação elevou o número de fibras musculares e aumentou o peso do leitão ao nascimento. Heo et al. (2008) observam que o aumento de 30% no teor de lisina (31,1 *versus* 39,4 g d<sup>-1</sup>) preconizado pelo NRC (1998) para dietas de primíparas a partir dos 80 dias de gestação incrementou em aproximadamente 15% o peso da leitegada ao nascimento. Zhang et al. (2011) compararam dietas contendo 0,46, 0,56, 0,65 e 0,74% de lisina, a partir do 30º dia da gestação de porcas múltiparas e verificaram aumento no peso da leitegada ao nascer de 5, 14 e 15%, respectivamente, em relação à dieta de menor nível de lisina.

A nutrição fetal também influencia na variabilidade de peso e as características de carcaça dos suínos na fase de terminação. Em um estudo realizado por Gondret et al. (2006), foi observado que suínos mais leves ao nascer possuem ao abate maior teor de gordura muscular, maior espessura de tocinho e menor massa muscular em relação aos suínos mais pesados ao nascimento, além de apresentar carne mais dura na análise sensorial, maior perda de água por gotejamento e rápida queda de pH pós-morte, fatores conhecidos por afetar a qualidade da carne. Esse mesmo estudo demonstra que os animais de menor peso ao nascer necessitam de 12 dias a mais para atingir o peso de abate, gerando maior custo de produção devido à ocupação das instalações e ao maior consumo de ração.

Uma vez que o peso ao nascer afeta de forma irreversível a deposição de gordura e de proteína e a qualidade da carne do suíno (Gondret et al., 2005), bem como influencia na variabilidade de peso nos animais ao abate, mais estudos são necessários para compreender melhor o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros de crescimento e a deposição dos tecidos corporais em suínos em fase de crescimento e terminação.

### **2.5.2. Sexo**

O sexo exerce forte influência na variação de peso dos animais ao final do período de terminação. Os machos inteiros apresentam maior deposição de proteína corporal em relação aos machos castrados e às fêmeas (Davis & Squires, 1999; Sinclair et al., 2005). Alguns agentes anabólicos de origem testicular podem aumentar a retenção de nitrogênio e o crescimento muscular (Oliver et al., 2003; Lanthier et al., 2006). Da mesma forma, os hormônios somatotróficos são mais ativos nos machos inteiros, contribuindo para o maior crescimento destes e para a deposição de proteína corporal em relação aos castrados e às fêmeas (Kantas et al., 2014).

### 2.5.3. Status sanitário dos suínos

A sanidade de rebanho é fundamental para que os animais consigam expressar o seu máximo potencial de crescimento. No entanto, em condições comerciais, os suínos são expostos a diversos patógenos, que constantemente estimulam sua resposta imune, podendo causar redução do crescimento e prejuízos econômicos aos produtores.

As doenças são uma das principais causas de variação de peso e redução da eficiência de utilização das instalações (De Grau et al., 2001; Ridder et al., 2012). Suínos doentes não se alimentam de maneira adequada, prejudicando seu desempenho zootécnico. Estudos comprovam que animais acometidos por doenças possuem menor ganho de peso, menor deposição de proteína e piora na conversão alimentar, aumentando a variação do peso do lote no momento do abate (Johnson, 1997; Deen et al., 1998; Ridder et al., 2012). Animais doentes apresentam redução na taxa de crescimento devido a alterações metabólicas do organismo, como a resposta inflamatória. A inflamação ativa o sistema imunológico, o qual desvia os nutrientes que seriam utilizados no crescimento para auxiliar na resposta imune do suíno (Reeds et al., 1994; Williams et al., 1997). Até mesmo doenças subclínicas geram alterações significativas no metabolismo do animal, causando redução do seu crescimento (Spurlock, 1997).

Animais infectados deveriam ter uma nutrição diferenciada do restante do rebanho saudável (Ridder et al., 2012). Moffet & Namboodiri (2003) comprovam que existe uma relação entre a resposta imune e a maior exigência de triptofano pelo metabolismo. Uma relação de 0,22 (lisina:triptofano) foi utilizada em dietas de leitões desmamados infectados por *Escherichia coli* K88 para manter o mesmo ganho de peso dos animais do grupo controle (Trevisi et al., 2010).

### 2.6. Curva de consumo e comportamento ingestivo de suínos em fase de crescimento e terminação

O consumo voluntário de ração dos suínos determina os níveis de ingestão de nutrientes e exerce forte impacto na eficiência do sistema de produção desses animais. Com o aumento da intensidade de seleção para uma melhor conversão alimentar e o aumento na deposição de carne magra, houve uma redução no consumo voluntário de ração (Torrallardona & Roura, 2009). Nos anos 80, os programas de melhoramento genético causaram redução anual de 30 g d<sup>-1</sup> no consumo voluntário de ração, a qual só foi estabilizada nos anos 90 (Torrallardona & Roura, 2009). A redução do consumo voluntário de ração pode estar limitando a taxa de crescimento dos suínos atuais, reduzindo o desempenho zootécnico dos animais devido à ingestão insuficiente de nutrientes (Nyachoti et al., 2004).

Existem inúmeras curvas de referência de consumo de diversos materiais genéticos na literatura nacional e internacional (NRC, 1998; Rostagno et al., 2011; NRC, 2012; Rostagno et al., 2017). No entanto, as curvas de referência são ligeiramente distintas das curvas observadas a campo, sendo que muitas dessas diferenças são consequências do desperdício de ração e do ambiente ao qual os animais foram submetidos (Ferreira et al., 2014). As variações observadas nas curvas de consumo de campo são o foco de muitos

estudos atuais, pois a diferença entre o consumo real e o estimado pela genética é geradora de prejuízo econômico para o sistema de produção (Campos et al., 2014; Nascimento et al., 2017).

Devido à dificuldade de determinar a ingestão de alimentos de suínos em grupo, a maioria dos estudos foram realizados com animais alojados individualmente. Porém, essa prática modifica o comportamento ingestivo dos animais, pois existem interações sociais em animais alojados em grupos que refletem no seu padrão de ingestão de alimento, tornando essa medida inadequada à realidade da indústria suinícola (Hyun et al., 1997). Esse fato gera a necessidade de determinação da ingestão de alimento de forma individualizada, mas com animais alojados em grupo, o que já pode ser obtido por meio das tecnologias disponíveis no momento (Maselyne et al., 2015). Como o consumo de nutrientes é a força motora para a taxa e eficiência de produção de carne magra, é fundamental obter as informações de consumo de ração com a maior precisão possível (Kyriazakis & Whittemore, 2006).

A densidade energética é o fator mais importante para determinar o consumo médio de alimento, porém não é o único. Fatores como sexo, peso corporal, linhagem, densidade de alojamento e temperatura ambiente também são algumas das causas que provocam variabilidade no consumo de ração e no comportamento ingestivo dos animais (Sakomura et al., 2014).

O sexo dos animais causa alterações no seu comportamento ingestivo. Weiler et al. (2013) constataram alterações no comportamento ingestivo ao longo da vida de suínos castrados, fêmeas e machos inteiros (número de visitas ao comedouro, tamanho da refeição, tempo de ocupação do comedouro por refeição, tempo de ocupação do comedouro por dia e taxa de consumo de ração). As alterações no padrão de comportamento dos suínos inteiros e fêmeas, em relação aos castrados, são consequência da atuação dos hormônios sexuais com o avançar da idade dos animais.

Hyun et al. (1997) demonstraram que suínos em fase de crescimento e terminação, dos 25 aos 90 kg apresentaram crescimento no consumo de ração e na taxa de consumo de ração em gramas por minutos conforme aumenta o peso dos animais. O estudo também constatou que o consumo de ração por refeição aumenta com o aumento de peso do animal. No entanto, o tempo do dia que o animal desprende para consumir a ração e o número de visitas ao comedouro diminuiu com o aumento de peso do animal.

Quando os animais são alojados em grupos, o consumo de ração é maior que quando alojados individualmente (Nyachoti et al., 2004). Hyun e Eliis (2002) avaliaram o comportamento ingestivo de suínos alojados em grupos de 2, 4, 8 e 12 animais por baia. Conforme aumentou o número de animais alojados, foi possível observar redução no número de refeições, associada a um aumento no tamanho da refeição e na taxa de consumo de ração. As alterações no comportamento ingestivo expressado pelos animais são tentativas de manter os níveis adequados de consumo diário de ração devido ao aumento da competição por alimento dentro das baias, aumentando a variação de peso ao final do período de terminação (Hyun et al., 1997; Maselyne et al., 2015).

Os suínos em fase de crescimento e terminação apresentam maior atividade de consumo de ração durante o dia, com a presença de dois picos de



consumo, o primeiro pico ocorre no início da manhã e o segundo, ao final da tarde. A frequência e a intensidade dos picos de consumo são determinadas pelas mudanças de temperatura e pelo padrão de luminosidade (Quiniou et al., 2000; Weiler et al., 2013; Andretta et al., 2016). Suínos alojados em condições ambientais desfavoráveis alteram sua cinética de consumo diário de ração para as horas de maior conforto térmico.

Conforme Hyun et al. (1998), o peso dos animais influencia no consumo de ração, pois os animais pesados apresentam maior consumo de ração que os animais leves. Isso ocorre por uma questão de hierarquia social, uma vez que os animais leves geralmente não são os dominantes na baia e acabam por ter o seu consumo de ração prejudicado, reduzindo o seu desempenho (Bolhuis et al., 2005).

O tempo necessário para que um animal alcance o desempenho esperado é inversamente associado à sua rentabilidade, pois quanto mais tempo estiver sendo mantido no sistema mais recursos estará consumindo. Suínos com baixo peso ao nascer costumam demorar mais tempo para atingir o peso ótimo de abate e, conseqüentemente, apresentam maior consumo acumulado de ração (Gondret et al., 2006). Bruininx et al. (2001) avaliaram o efeito do peso ao nascer sob os parâmetros do comportamento ingestivo de leitões em fase de creche. Os autores observaram que os suínos nascidos pesados apresentaram menor número de visitas e maior consumo de ração por visita ao comedouro. O peso ao nascer gera um impacto sobre as importantes características econômicas da produção, motivo pelo qual a viabilidade de manter leitões de baixo peso ao nascer no sistema de produção é uma questão a ser estudada (Almeida et al., 2014).

A indústria suinícola possui grande interesse no desenvolvimento de estudos para melhor compreender a interação entre a curva de consumo e o comportamento ingestivo dos suínos sobre a variação de peso dos animais no momento de abate. Assim, a determinação da dinâmica de ingestão de alimento, principalmente de forma individual, é de grande valia para o desenvolvimento e o aumento da acurácia dos modelos de ingestão de alimento de suínos em fase de crescimento e terminação, bem como para a elaboração de programas alimentares mais adequados às alterações do comportamento ingestivo dos suínos em diferentes condições de alojamento.

## **2.7. Benefícios e limitações dos modelos matemáticos na suinocultura**

Os modelos matemáticos utilizados na suinocultura foram desenvolvidos para compreender os processos biológicos envolvidos na produção de suínos. De modo geral, os modelos utilizam esses processos para descrever como os nutrientes são utilizados pelo suíno para o desempenho de diferentes funções metabólicas (crescimento, reprodução, etc.) (Lovatto & Sauvante, 2001).

A modelagem é o método pelo qual todo o conhecimento fisiológico e metabólico adquirido por meio de estudos isolados de órgãos e em nível celular pode ser reunido para promover a compreensão quantitativa das funções biológicas do animal e as fontes de variação do seu desempenho. Assim, a compreensão desse conhecimento permite o desenvolvimento de estratégias alimentares adequadas e a adoção de uma nutrição mais precisa,

melhorando o desempenho animal e reduzindo a poluição ambiental (Pomar et al., 2009).

Na suinocultura, os modelos matemáticos são utilizados para estimar o crescimento e as exigências nutricionais dos animais. Essas estimativas são determinadas utilizando equações lineares e não lineares. Os parâmetros das equações são estimados utilizando dados experimentais em diferentes níveis de agregação do indivíduo (tecido, célula, molécula), o que estabelece relações entre a resposta animal e as variáveis explicativas. No entanto, cada parâmetro apresenta determinada imprecisão, pois os princípios biológicos são estruturados com base em informações disponíveis e não no real estado do sistema biológico animal. Assim, os modelos são uma aproximação da realidade, que permitem acesso de forma dinâmica e quantitativa do complexo sistema biológico (Lovatto & Sauvant, 2001). A confiabilidade do modelo em estimar um parâmetro desejado vai depender do sucesso nos aspectos básicos de calibração, acurácia, precisão e viés do modelo (Harlow & Ivey, 1994; Sakomura et al., 2014).

Um dos principais problemas para desenvolver modelos mais precisos e acurados é prever o consumo voluntário de alimento dos suínos, pois possuem o hábito de fazer refeições descontínuas ao longo do dia e em associação com água. Apesar do progresso dos últimos anos em compreender os fatores fisiológicos e psicossociais que controlam a frequência e o tamanho das refeições, modelar o controle da ingestão de alimentos dos suínos é uma tarefa difícil e complicada, devido à complexidade dos mecanismos envolvidos na regulação da ingestão de alimentos (Sakomura et al., 2014).

Com o avanço da capacidade de cálculo dos computadores, tornou-se possível o desenvolvimento de modelos matemáticos capazes de estimar com maior precisão variáveis como consumo, crescimento e exigências nutricionais, mediante sistemas interativos que simulam ampla variedade de condições ambientais (Pomar et al., 2009; Sakomura et al., 2014). Nesses modelos, para obtermos maior precisão nas estimativas das exigências nutricionais dos suínos, é necessário fornecer informações referentes ao animal, ao alimento, ao ambiente, entre outros fatores, de forma que se possa prever o consumo de cada nutriente em determinada situação ambiental (Emmans, 1995). Assim, cresce a necessidade de melhorar a descrição do desenvolvimento dos tecidos (músculo e gordura), os quais são resultados do potencial genético, do consumo de nutrientes e dos fatores ambientais.

Na suinocultura, existem vários modelos que simulam o crescimento animal e as exigências nutricionais dos animais, entre eles, estão o PorkMaster, PorcExpert, o InraPorc, o Watson, o NRC 1998 e o NRC 2012. Esses modelos garantem maior precisão nas estimativas das exigências nutricionais e na simulação do crescimento animal (Pomar et al., 2009; Hauschild et al., 2012). Contudo, modelos como o InraPorc, por exemplo, consideram que os animais possuem acesso contínuo à ração (não existe competição entre os animais), que a ração está livre de contaminantes tóxicos, que a taxa de consumo do animal não é limitada pela capacidade digestiva, que os suínos não modificam seu comportamento ingestivo durante ou após uma restrição de nutrientes (ex: aminoácidos) e que estão submetidos a ambiente termoneutro (Hauschild et al., 2010).

Os modelos de crescimento estimam as exigências assumindo que os animais têm potencial genético similar à população-referência na qual o modelo foi calibrado. As condições de campo e as trajetórias de consumo e crescimento são mantidas inalteradas durante toda simulação. Dessa forma, os modelos de crescimento atuais, ao estimarem as exigências nutricionais, não consideram as diferenças entre os indivíduos, as características das populações e as mudanças que ocorrem no decorrer do crescimento (Hauschild et al., 2010). Além do mais, os modelos atuais estimam as exigências baseados no potencial de um único indivíduo (animal médio). As estimativas das exigências baseadas na resposta de um único indivíduo (médio) e um ponto no tempo não permitem estimar o nível ideal de um nutriente para os demais indivíduos (Pomar et al., 2003; Wellock et al., 2004; Hauschild et al., 2010). Adicionalmente, essas diferenças aumentam com o grau de heterogeneidade da população, a qual é influenciada por fatores que são específicos para cada condição (genética, ambiente, manejo, etc.) (Pomar et al., 2007). Tais fatores reduzem a precisão dos modelos em estimar os parâmetros para populações presentes no campo (Pomar et al., 2009; Hauschild et al., 2012).

Na tentativa de sanar esse problema, Pomar et al. (2009) e Hauschild et al. (2012) propõem um modelo para estimar as exigências nutricionais atualizadas de cada animal utilizando seu próprio padrão de crescimento e de consumo alimentar. O modelo opera em tempo real e de forma individual, permitindo estimar, de maneira precisa, as exigências nutricionais para populações heterogêneas de suínos em condições encontradas no campo.

Existe uma demanda crescente pela realização de estudos sobre comportamento ingestivo e determinação de parâmetros da curva de crescimento tecidual de forma individual de suínos com pesos heterogêneos. Essas informações servirão para aumentar a precisão e acurácia dos modelos matemáticos existentes no mercado e gerar dados para a construção de novos modelos, mais condizentes com a realidade de campo.

### 3. Hipóteses e objetivos

As hipóteses deste estudo são:

A) a variabilidade do peso ao nascer aumenta a heterogeneidade de peso dos suínos no momento do abate;

B) a variabilidade do peso ao nascer causa alterações no desempenho zootécnico dos suínos em fase de crescimento e terminação;

C) a variabilidade do peso ao nascer afeta a curva de crescimento e comportamento ingestivo de suínos em fase de crescimento e terminação;

D) a variabilidade do peso ao nascer altera a deposição dos principais componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza) e características de carcaça dos suínos em fase de crescimento e terminação.

Neste sentido, objetivo geral foi avaliar o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros da curva de crescimento e a deposição dos componentes corporais, bem como determinar a dinâmica do comportamento ingestivo, as características de carcaça, o peso e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação.

Os objetivos específicos foram:

1. determinar o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros das curvas de crescimento e consumo de ração de suínos em fase de crescimento e terminação;

2. determinar o efeito do peso ao nascer sobre a dinâmica do comportamento ingestivo de suínos em fase de crescimento e terminação;

3. determinar o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros da deposição dos principais componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza) e as características de carcaça de suínos em fase de crescimento e terminação;

4. produzir dados úteis para a elaboração de modelos matemáticos que considerem o efeito do peso ao nascer para determinar o crescimento e a deposição dos componentes corporais de suínos em fase de crescimento e terminação.

## **CAPÍTULO II**

**Efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros das curvas de crescimento,  
consumo acumulado e comportamento ingestivo de suínos  
imunocastrados**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação da  
**Journal of Animal Science.**

**Efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros das curvas de crescimento, consumo e comportamento ingestivo de suínos imunocastrados**

M. S. Ceron <sup>\*1</sup>, A. M. Kessler <sup>\*</sup>, V. Oliveira <sup>#</sup>

<sup>\*</sup>Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),

Avenida Bento Gonçalves, 7712. Cep: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>#</sup>Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),

Avenida Roraima, 1000, Cep: 97159-000, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>1</sup>Autor para correspondência: [marcossperoni@gmail.com](mailto:marcossperoni@gmail.com)

**RESUMO:** Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros da curva de crescimento, consumo, e comportamento ingestivo de suínos imunocastrados nas fases de crescimento e terminação. Foram utilizados 60 suínos machos inteiros separados em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves (SL: 0,850 a 1,050 kg PV), 12 suínos médios (SM: 1,300 a 1,500 kg PV) e 24 suínos pesados (SP: 1,800 a 2,05 kg PV). Para formação dos grupos foi considerado um intervalo de peso de dois desvios padrões em relação ao peso médio da população. Os animais foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12 animais cada, temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipament*) e dois bebedouros do tipo chupeta. Dos 70 dias de vida até ao abate, suínos leves (SL) apresentaram menor consumo de ração médio diários (CRMD) e ganho de peso (GPD) em relação aos suínos médios (SM) e pesados (SP). No entanto, os SL apresentaram maior consumo acumulado de ração (CAR) e maior idade de abate. Os SL possuem menores taxas de crescimento ( $B_c$ ) e atingem a máxima taxa de ganho de peso ( $C_c$ ) em idade mais tardia, que os SM e SP. Os SL apresentaram menor taxa de consumo de ração ( $B_r$ ), mas com um maior consumo acumulado de ração na maturidade  $A_r$ , em relação aos SM e SP. Os SM e SP apresentaram maior taxa de consumo de ração (TCR) e um menor tempo de ocupação diário do comedouro (OCO), em comparação aos SL. Assim, o peso ao nascer causou alterações nos parâmetros da equação de Gompertz do crescimento e do consumo de ração, bem como provocou mudanças no desempenho zootécnico e no comportamento ingestivo dos animais.

**Palavras-chaves:** desempenho zootécnico, Gompertz, ingestão de alimento, suínos leves, suínos médios, suínos pesados.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os programas de melhoramento genético desenvolveram linhagens de fêmeas hiperprolíficas com potencial de gerar desmamar 30 leitões por fêmea ao ano. No entanto, o aumento do número de leitões por leitegada causou redução do peso ao nascer e variabilidade do peso médio ao nascimento (Rehfeldt et al., 2008; Paredes et al., 2014).

O baixo peso ao nascer está associado à maior mortalidade pós-natal, à menor taxa de crescimento e à maior variação de peso no momento do abate (Quiniou et al., 2002; Beaulieu et al., 2010). Os animais de crescimento lento reduzem a capacidade de utilização das instalações e apresentam maior consumo acumulado de ração, aumentando os custos de produção (Gondret et al., 2005).

Apesar de existirem estudos que determinam os parâmetros das curvas de crescimento de suínos, pouco se sabe quanto ao efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros da curva de crescimento, consumo e o comportamento ingestivo de suínos em fase de crescimento e terminação (Correa et al., 2006).

A determinação do efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros da equação de Gompertz é importante para entender as causas de variação no peso corporal e no consumo de ração. A parametrização de curvas de crescimento de acordo com o peso ao nascer também é essencial para a elaboração de modelos matemáticos que possam auxiliar os produtores e a indústria na tomada de decisão, como, por exemplo, a elaborar estratégias alimentares para maximizar a produção de carne magra (Pomar et al., 2009; Hauschild et al., 2012; Coyne et al., 2015; Fraga et al., 2015).

Na literatura, existem poucos estudos que avaliam dinâmicas do comportamento ingestivo de maneira individual com animais alojados em grupo. Pouco se sabe sobre o efeito do peso ao nascer na dinâmica do comportamento ingestivo e nas causas da variação de peso



no momento do abate (Hyun et al., 1997; Bruininx et al., 2001). Assim, o objetivo deste experimento foi determinar os efeitos do peso ao nascer sobre os parâmetros das curvas de crescimento, consumo acumulado e o comportamento ingestivo de suínos imunocastrados nas fases de crescimento e terminação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os procedimentos adotados na condução deste experimento estão de acordo com os preceitos da Lei Federal nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, e do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009 e foram protocolados com o nº 8688070716 na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFSM.

### ***Animais***

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros das curvas de crescimento, consumo acumulado e o comportamento ingestivo de suínos imunocastrados nas fases de crescimento e terminação. O experimento foi dividido em três etapas: fase de lactação, fase de creche, fase de crescimento e terminação.

Na fase de lactação foram selecionadas 40 porcas de ordem de parto 3 e 4 (Agroceres x Danbred), com mesma data de parição e com histórico semelhante de número de leitões nascidos por parto para participar do experimento. De suas leitegadas foi determinado o peso ao nascer individual de uma população de 195 leitões machos inteiros (0,785 a 2,155 kg PV).

Da população inicial foram selecionados de 60 leitões divididos em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves (SL: 0,850 a 1,050 kg PV), 12 suínos médios (SM: 1,300 a 1,500 kg PV) e 24 suínos pesados (SP: 1,800 a 2,05 kg PV). Para formação dos grupos foi considerado um intervalo de peso de dois desvios padrões em relação ao peso médio da população.

A fase de creche (dos 29 aos 69 dias de idade), crescimento e terminação do experimento foram realizadas no Setor de Suínos da Universidade Federal de Santa Maria. Na fase de creche os animais foram alojados em grupos de dois animais respeitando a classificação de peso ao nascer (SL: suínos leves, SM: suínos médios e SP: suínos pesados) em 30 baias elevadas a 0,40 m do chão, com piso plástico vazado e 2 m<sup>2</sup> de área por baia e equipadas com comedouros e bebedouro tipo chupeta. Os animais foram submetidos a um programa alimentar de três dieta isonutritivas, formuladas de acordo com o NRC (2012) e fornecidas de forma *ad libitum*. A temperatura da sala experimental foi mantida dentro da zona de conforto térmico.

Nas fases de crescimento e terminação (dos 70 dias de idade até ao abate dos animais) os suínos foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12 animais com 15 m<sup>2</sup> e temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipment*) e dois bebedouros do tipo chupeta. Nesse período, os animais foram submetidos a um programa alimentar de quatro dietas, formuladas de acordo com as exigências nutricionais do NRC (2012) para fases de crescimento 1 (C1), crescimento 2 (C2), terminação 1 (T1), terminação 2 (T2) e fornecidas de forma *ad libitum* (Tabela 1). O programa alimentar foi definido pelo peso do animal: C1 (24 a 50 kg), C2 (50 a 70 kg), T1 (70 a 100) e T2 (100 a 140).

Os suínos foram imunocastrados de acordo com o protocolo de vacinação sugerido pelo fabricante do agente imunizante. A primeira e a segunda doses de Vivax<sup>®</sup> foram aplicadas (2 mL, subcutâneo) na 16<sup>a</sup> e na 23<sup>a</sup> semana de idade, respectivamente.

### ***Coleta de Amostras e Procedimentos Experimentais***

Durante as fases de lactação e creche os leitões foram pesados semanalmente de forma individual. Já nas fases de crescimento e terminação os dados diários individuais do

peso vivo (PV), do ganho de peso, do consumo diário e acumulado de ração, da conversão alimentar para elaboração dos, bem como os dados diários individuais referentes ao comportamento ingestivo dos suínos (número de refeições por dia, tempo de ocupação por refeição, tempo de ocupação diária do comedouro, consumo de ração por refeição e taxa de consumo de ração), foram coletados por meio do FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipment*), durante 24 h. As visitas de um mesmo animal à estação de alimentação em um intervalo menor que cinco minutos foram agrupados em uma única refeição (Eissen et al., 1998, Casey et al., 2005). Os dados de desempenho zootécnico e do comportamento ingestivo foram computados e interpretados conforme descrito por Weiler et al. (2013).

As curvas de crescimento foram estimadas utilizando o modelo de Gompertz (Gous et al., 1999). Os parâmetros “A”, “B” e “C” foram estimados segundo o modelo de Gompertz modificado:  $Y=A*\exp(-\exp(-B*(idade-C)))$ . Nessa equação, o “Y” é o peso corporal do suíno; o parâmetro “A” é o peso a maturidade (valor assintótico da curva sigmoideal); o parâmetro “B” representa a taxa de maturidade, sendo uma função entre a máxima taxa de crescimento e o peso adulto do animal; e o parâmetro “C” é a idade em que a taxa máxima de ganho de peso é alcançada, sendo o ponto de inflexão da curva sigmoideal (Gous et al., 1999). As taxas de crescimento e do consumo de ração em função do tempo (kg/dia) foram calculadas utilizando a derivada das equações de Gompertz  $Y=A*B*\exp(-B*(idade-C)-\exp(-B*(idade-C)))$ .

As curvas de consumo acumulado de ração e as taxas de consumo de ração também foram estimadas pelo modelo Gompertz e sua derivada, respectivamente. Onde “A<sub>r</sub>” é o valor assintótico da curva sigmoideal do consumo acumulado de ração, “B<sub>r</sub>” é a taxa de consumo de ração e “C<sub>r</sub>” é ponto de inflexão da curva de consumo de ração.

### *Análise Estatística*

Os parâmetros da equação (A, B, C) de cada unidade experimental, bem como os dados de desempenho zootécnico e comportamento ingestivo, foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM em nível de 5% de significância. O efeito incluído no modelo analítico foi a categoria de peso ao nascer (tratamento). As eventuais diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab®.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Desempenho Zootécnico*

Os dados peso ao nascer (PN), peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD), consumo médio diário de ração (CMDR), conversão alimentar (CA) e consumo acumulado de ração (CAR) estão apresentados na Tabela 2. Houve diferença entre as categorias de PV ao nascer, peso ao desmame e no PV aos 70 dias de idade ( $P < 0,05$ ), mas não no peso de abate ( $P > 0,05$ ). Os suínos leves (SL) apresentaram idade de abate 14 dias superior à dos médios e pesados, que não apresentaram diferença entre si. O maior tempo para atingir o peso de abate dos SL coincide com os resultados encontrados por Wolter et al. (2002), Gondret et al. (2005) e Beaulieu et al. (2010), que estudaram o efeito do peso ao nascer sobre o peso de abate.

O CMDR e o GPD dos SL foram 8,9% e 5,5 menores ( $P < 0,05$ ) que nos suínos médios e pesados, que, por sua vez, não apresentaram diferenças entre si. Os leves tiveram CA (3,7%) melhor ( $P < 0,05$ ) em relação aos SP, enquanto os SM não diferiram das demais categorias. O CAR dos SL foi 6,3% maior ( $P < 0,05$ ) que o dos SM e SP, que, novamente, não diferiram entre si.

De modo geral, os resultados observados estão de acordo com os resultados da literatura, os quais indicam que o baixo peso ao nascer causa diminuição no CMDR (4,4 a 5,0%) e GPD (4,7 a 10%), mas melhora a CA (5,4 a 7,5%) dos SL em relação aos SM e SP (Bérard et al., 2008; Beaulieu et al., 2010)

### *Estimativas de Gompertz*

Os parâmetros da curva de Gompertz para as categorias de peso ao nascer avaliadas estão apresentados na Tabela 3. O peso à maturidade ( $A_c$ ) foi semelhante ( $P>0,05$ ) entre as categorias e os valores dentro da faixa observada por Whittemore et al. (1988) (250 kg) e Kyriazakis and Whittemore (2006) (300 kg) para suínos selecionados para deposição de carne magra. Entretanto, os SL atingiram o peso à maturidade com idade superior (1123 dias) quando comparados aos pesados e médios (1085 dias), indicando o caráter mais tardio da curva de crescimento dos SL. O peso à maturidade é uma característica determinada por um componente genético inerente ao animal (Kyriazakis and Whittemore, 2006) e ao considerar que os animais eram oriundos do mesmo rebanho e genética, talvez essa seja a explicação para os resultados similares entre as categorias observadas.

A taxa de maturidade ( $B_c$ ) foi menor nos SL ( $P<0,05$ ) em relação aos SM e SP, que, por sua vez, não apresentaram resultados diferentes entre si ( $P>0,05$ ). Além disso, os valores médios das estimativas foram próximos aos encontrados em outros estudos (Whittemore et al., 1988; Freitas, 2005; Casas et al., 2010). O menor valor de  $B_c$  dos SL demonstra que esses animais foram menos precoces que os médios e pesados. É possível que a menor precocidade esteja associada às restrições de natureza ambiental que, em algum momento (pré e/ou pós-natal), impuseram condições menos favoráveis aos animais leves, impedindo-os de expressar o seu máximo potencial genético de crescimento (Wellock et al., 2004; Beaulieu et al., 2010; Paredes et al., 2014).

Como são animais mais tardios (Fig. 1), os SL leves também apresentaram taxa de crescimento máximo ( $TCM = 1,078 \text{ kg d}^{-1}$ ) inferior e peso no ponto de inflexão ( $PPI = 101,73 \text{ kg PV}^{-1}$ ) superior aos SM ( $TCM = 1,158 \text{ kg d}^{-1}$  e  $PPI = 97,33$ ) e SP ( $TCM = 1,157 \text{ kg d}^{-1}$  e  $PPI = 98,08$ ).

O parâmetro C da equação de Gompertz indica a idade em que a máxima taxa de crescimento é alcançada. Os SL obtiveram maior valor de C ( $P < 0,05$ ) quando comparados aos SM e SP. De acordo com os dados, os suínos leves necessitam de, em média, 22 dias adicionais para atingir o ponto de inflexão.

O peso ao nascer exerce grande influência sobre a variação do PV ao longo da vida do suíno (Deen et al., 1998; Quiniou et al., 2002). No presente estudo, foram observados maiores coeficientes de variação (CV) para os parâmetros A, B e C dos SL em relação aos coeficientes dos SM e SP (Tabela 3). O maior CV dos SL pode ser atribuído ao fato de essa categoria ser mais suscetível aos efeitos ambientais (Hall et al., 1999; Wellock et al., 2004; Paredes et al., 2014).

As estimativas para os parâmetros  $A_r$ ,  $B_r$  e  $C_r$  da equação de Gompertz para o consumo acumulado de ração estão na Tabela 4. Os SL demonstraram maior ( $P < 0,05$ ) valor assintótico ( $A_r$ ) em relação às demais categorias, as quais obtiveram valores semelhantes ( $P > 0,05$ ). O maior valor de  $A_r$  dos SL pode estar associado ao maior consumo acumulado de ração ( $P < 0,05$ ) devido ao maior tempo necessário para esses animais atingirem o mesmo peso à maturidade que os SM e SP. A idade em que ocorreu o consumo assintótico de alimento dos SL, SM e SP foi aos 959, 805 e 759 dias de vida, respectivamente.

A taxa de consumo ( $B_r$ ) foi menor nos SL quando comparados com os SM e SP, mas, entre estes últimos, não houve diferença. Isso está associado à menor capacidade ingestiva dos suínos em relação às demais categorias (Nyachoti et al., 2004).

A idade para o máximo consumo de ração ( $C_r$ ) foi maior para os suínos leves e não diferiu entre os suínos médios e pesados. Essa constatação indica que os suínos leves apresentaram um padrão de consumo de ração tardio em relação aos suínos médios e pesados.

Os CVs dos parâmetros da equação de Gompertz para consumo de ração estão citados na Tabela 4. Os SL apresentaram maiores CVs para os parâmetros  $A_r$ ,  $B_r$  e  $C_r$  do consumo acumulado de ração, em relação aos médios e pesados. O consumo de ração está fortemente associado ao PV do animal em dietas isonutritivas (Nyachoti et al., 2004). A maior variação dos parâmetros da equação de Gompertz para o consumo acumulado de ração nos SL está provavelmente associada à maior variação do PV desses animais.

Devido ao maior tempo de alojamento, os SL consumiram mais ração que as outras categorias. A taxa máxima de consumo de ração ( $TMCR = 3,045 \text{ kg d}^{-1}$ ) foi menor, e o consumo de ração no ponto de inflexão ( $CRPI = 185,66 \text{ kg}$ ) foi maior para os SL, quando comparados aos SM ( $TMCR = 3,071 \text{ kg d}^{-1}$  e  $CRPI = 157,46 \text{ kg PV}^{-1}$ ). Mas  $TMCR (2,974 \text{ kg d}^{-1})$  e o  $CRPI (144,38 \text{ kg PV}^{-1})$  foram menores quando comparados aos SL (Fig. 2).

Os dados de consumo foram modelados pela equação de Gompertz em razão do excelente ajuste alcançado (coeficientes de determinação acima de 0,99), embora não seja esperado que o consumo apresente comportamento assintótico (Henn et al., 2014).

### ***Comportamento Ingestivo***

O comportamento ingestivo dos SL, SM e SP suínos é apresentado na Fig. 3. O número de refeições por dia (NRD) foram maiores ( $P < 0,05$ ) nos SL (6,58) e SP (6,57) em relação aos SM (5,90). Os SL e SP não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si (Fig. 3a).

Os dados referentes ao tempo de ocupação do comedouro (OCO) e ao tempo de ocupação por refeição (OCOR) esboçam o tempo que os animais dispõem de suas atividades do dia para poder se alimentar. Os SL apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) tempo de

OCO ( $58,45 \text{ min d}^{-1}$ ) que os SM ( $55,36 \text{ min d}^{-1}$ ) e SP ( $56,58 \text{ min d}^{-1}$ ) (Fig. 3b). Os OCOR dos suínos leves, médios e pesados foram de 10,04, 10,29 e 9,35 min, respectivamente (Fig. 3c), valores semelhantes aos encontrados por Hyun et al. (1997), demonstrando que os SM apresentam maior ( $P < 0,05$ ) tempo de OCOR que os SL, os quais, por sua vez, apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) tempo que os SP.

As variáveis referentes ao consumo de ração por refeição (CRR) (kg) e à taxa de consumo de ração (TCR) determinam o tamanho da refeição e a velocidade do consumo de ração, respectivamente. Essas variáveis determinam a capacidade ingestiva do animal e estão correlacionadas positivamente com o aumento do PV (Hyun and Ellis, 2002). Os SL apresentaram menor ( $P < 0,05$ ) CRR (0,407 kg) que os SM (0,486 kg) e SP (0,442 kg). Os SM, por sua vez, apresentaram maiores ( $P < 0,05$ ) CRR em relação aos SP (Fig. 3d). Bruininx et al. (2001) observaram menor ( $P < 0,05$ ) CRR dos SL em relação aos SP, mas não encontraram diferença significativa entre os SL e SM. A TCR foi menor ( $P < 0,05$ ) nos SL ( $41,89 \text{ g min}^{-1}$ ), quando comparados aos SM e SP, os quais não apresentaram diferença entre si (Fig. 3e).

Os dados citados revelam que os SL possuem uma capacidade ingestiva limitada em relação às demais categorias, já que mesmo com menor CRR, precisam permanecer por mais  $2,45 \text{ min d}^{-1}$  ocupando o comedouro que os SM e SP. Além disso, os SM e SP adotam padrões distintos de comportamento ingestivo para atingir o mesmo desempenho zootécnico. Como os SM apresentaram menor NRD que os SP e semelhança no OCO e TCR, precisaram aumentar em 0,044 kg o seu CRR e, conseqüentemente, aumentar em 0,94 min e seu OCOR, para atingir o mesmo consumo de ração dos SP.

Os resultados do presente estudo indicam que o padrão de crescimento varia conforme a categoria de peso ao nascer. Os SL apresentam menor taxa de crescimento e precisam de mais tempo para atingir peso de abate. Mesmo assim, a semelhança no peso à maturidade



entre as três categorias indica que os SL possuem potencial de exibir crescimento compensatório.

A menor taxa de crescimento dos SL pode ser consequência das restrições ambientais sofridas por esses animais em algum momento de sua vida intrauterina. Além desse fator, são mais sensíveis às pressões ambientais durante o período pós-natal (Quiniou et al., 2002; Beaulieu et al., 2010; Paredes et al., 2014).

A semelhança entre os padrões de crescimento dos SM e SP pode ser explicada pelo fato de os SP terem atingido seu máximo potencial de crescimento fenotípico. Por outro lado, demonstra que os SM possivelmente sejam mais resistentes às pressões ambientais que, porventura, poderiam limitar seu crescimento. Além disso, os dados revelam a capacidade dos SM de compensar o crescimento até a idade de abate usada no estudo.

Como as curvas de crescimento e consumo acumulado dos SL são diferentes das curvas dos SM e SP, consideramos que a criação dos primeiros, em grupos separados, represente uma oportunidade, tanto para a economia de nutrientes, quanto para a homogeneidade do peso de abate, a otimização do uso das instalações e a redução do passivo ambiental. Assim, o alojamento de animais em um sistema paralelo, de acordo com seu peso ao nascimento, poderia ser vantajoso sob vários aspectos.

Em conclusão, o peso ao nascer exerce influência sobre o crescimento, o desempenho e o comportamento ingestivo de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação. Os SL apresentam menor taxa de crescimento e consumo de alimento que os SM e SP, bem como atingem sua taxa máxima de crescimento e consumo em idade mais tardia.

### LITERATURA CITADA

- Beaulieu, A. D., J. L. Aalhus, N. H. Williams, and J. F. Patience. 2010. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *J. Anim. Sc.* 88:2767-2778. doi:10.2527/jas.2009-2222.
- Bérard, J., M. Kreuzer, and G. Bee. 2008. Effect of litter size and birth weight on growth, carcass and pork quality, and their relationship to postmortem proteolysis. *J. Anim. Sc.* 86:2357-2368. doi:10.2527/jas.2008-0893.
- Bruininx, E. M., C. M. van der Peet-Schwering, J. W. Schrama, L. A. den Hartog, H. Everts, and A. C. Beynen. 2001. The IVOG feeding station: a tool for monitoring the individual feed intake of group-housed weanling pigs. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 85:81-87.
- Bruininx, E. M., C. M. van der Peet-Schwering, J. W. Schrama, P. F. Vereijken, P. C. Vesseur, H. Everts, L. A. den Hartog, and A. C. Beynen. 2001. Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. *J. Anim. Sc.* 79:301-308.
- Casas, G. A., D. Rodríguez, and G. A. Téllez. 2010. Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Rev. Colomb. Cienc Pec.* 23:349-358.
- Casey, D. S., H. S. Stern, and J. C. Dekkers. 2005. Identification of errors and factors associated with errors in data from electronic swine feeders. *J. Anim. Sc.* 83:969-982.

- Correa, J. A., L. Faucitano, J. P. Laforest, J. Rivest, M. Marcoux, and C. Gariépy. 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Sci.* 72:91-99. doi:10.1016/j.meatsci.2005.06.006.
- Coyne, J. M., D. P. Berry, E. A. Mäntysaari, J. Juga, and N. McHugh. 2015. Comparison of fixed effects and mixed model growth functions in modelling and predicting live weight in pigs. *Livest. Sci.* 177:8-14. doi:10.1016/j.livsci.2015.03.031.
- Deen, J., S. Dritz, L. E. Watkinse, and W. C. Weldon. 1998. Analysis of variation in growth. *AASP.* 325-326.
- Eissen, J. J., E. Kanis, and J. W. M. Merks. 1998. Algorithms for identifying errors in individual feed intake data of growing pigs in group-housing. *applied engineering in agriculture. ASABE.* 14:667-673.
- Fraga, B. N., P. A. Lovatto, P. R. N. Rorato, V. Oliveira, C. A. R. Rossi, and C. R. Lehen. 2015. Modeling performance and nutritional requirements of pigs lots during growth and finishing. *Cienc. Rural.* 45:1841-1847. doi:10.1590/0103-8478cr20141389.
- Freitas, A. R. 2005. Curvas de crescimento na produção animal. *Rev. Bras. Zootec.* 34:786-795. doi:10.1590/S1516-35982005000300010.
- Gondret, F. L. Lefaucheur, H. Juin, I. Louveau, and B. Lebret. 2006. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. *J. Anim. Sci.* 84:93-103. doi:10.2527/2006.84193x.
- Gondret, F., L. Lefaucheur, I. Louveau, B. Lebret, X. Pichodo, Y. and Le Cozler. 2005. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity, and muscle histological traits at market weight. *Livest. Sci.* 93:137-146. doi:10.1016/j.livprodsci.2004.09.009.

- Gous, R. M., E. T. Moran, H. R. Jr Stilborn, G. D. Bradford, and G. C. Emmans. 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poult. Sci.* 78:812-821. 1999. doi:10.1093/ps/78.6.812.
- Hall, A. D., W. G. Hill, P. R. Bampton, and A. J. Webb. 1999. Genetic and phenotypic parameter estimates for feeding pattern and performance test traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 68:43-48. 10.1017/S1357729800050062.
- 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. doi:10.2527/jas.2011-4252.
- Henn, J. D. L. Bockor, A. M. L. Ribeiro, A. Coldebella, and A. M. Kessler. 2014. Growth and deposition of body components of intermediate and high performance broilers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 16:319-328. 10.1590/1516-635x1603319-32.
- Hyun, Y., and M. Ellis. 2002. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:568-574. doi:10.2527/2002.803568x.
- Hyun, Y, F. K. McKeith, and E. R. Wilson. 1997. Feed intake pattern of group-housed growing-finishing pigs monitored using a computerized feed intake recording system. *J. Anim. Sci.* 75:1443-1451. doi:10.2527/1997.7561443x.
- Kyriazakis, I., and Whittemore, C. T. 2006. *Whittemore's science and practice of pig production*. 3th ed. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- NRC. 2012. *Nutrient requirements of swine*. 11th rev. ed. Nat. Research Press, Washington, DC.

- Nyachoti, C. M., R. T. Zijlstra, C. F. M. De Lange, and, J. F. Patience. 2004. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: a review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. *Can. J. Anim. Sci.* 84:549-566. doi:10.4141/A04-001.
- Paredes, S. P., A. J. M. Jansman, M.W. A Verstegen, L. A. Den Hartog, H. M. Van Hees, J. E. Bolhuis, T. A. T. G. Van Kempen, and W. J. J. Gerrits. 2014. Identifying the limitations for growth in low performing piglets from birth until 10 weeks of age. *Animal*: 8:923-930. doi:10.1017/S175173111400069x.
- Pomar, C., L. Hauschild, Guo-Hua Zhang, J. Pomar, and P. A. Lovatto. 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Rev. Bras. Zootec.* 38:226-237. doi:10.1590/S1516-35982009001300023.
- Quiniou, N., J. Dagorn, and D. Gaudré 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livest. Sci.* 78:63-70. doi:10.1016/S0301-6226(02)00181-1.
- Rehfeldt, C., A. Tuchscherer, M. Hartung, and G. Kuhn. 2008. A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 78:170-175. doi:10.1016/j.meatsci.2007.05.029.
- Weiler, U., M. Götz, A. Schmidt, M. Otto, and S. Müller. 2013. Influence of sex and immunocastration on feed intake behavior, skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. *Animal*. 7:300-308. doi:10.1017/S175173111200167X.
- Wellock, I. J., G. C. Emmans, and I. Kyriazakis. 2004. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. *J. Anim. Sci.* 82:2442-2450. 10.2527/2004.8282442x.

Whittemore, C. T., J. B. Tullis, and G. C. Emmans. 1988. Protein growth in pigs. *Animal Prod. Sci.* 46:437-445. doi:10.1017/S0003356100019048.

Wolter, B. F., M. Ellis, B. P. Corrigan, and J. M. De Decker. 2002. The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lactation on preweaning and postweaning growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 80:301-308. doi:10.2527/2002.802301x.

**Tabela 1.** Composição centesimal e calculada das dietas dos suínos em fase de crescimento e terminação.

Ingredientes, %	Dietas			
	C1	C2	T1	T2
Milho	30,00	30,00	45,35	48,34
Gérmen de milho 10%	-	-	14,29	-
Farinheta de trigo	-	-	9,99	-
Quirera de arroz	24,76	26,22	-	-
Farelo de trigo	7,72	9,68	2,90	-
Farelo de arroz 15%	15,00	15	15,00	30,00
Arroz com casca	-	-	-	2,47
Soja 46%	16,81	14,01	7,74	11,47
Farinha de carne 55%	2,58	2,55	2,32	-
Farinha de carne 52,5%	-	-	-	5,62
Calcário calcítico 30,8%	1,25	1,14	1,17	1,28
Sal	0,30	0,27	0,26	0,31
Betaína 95%	0,04	0,04	0,02	-
DL-metionina 99%	0,08	0,07	0,04	-
L-lisina 99%	0,49	0,46	0,39	0,17
L-treonina 98%	0,16	0,05	0,10	0,04
L-triptofano 98%	0,001	0,002	0,01	-
Propionato de cálcio 98%	0,10	0,10	0,10	-
Etoxiquin 66%	0,01	0,01	0,01	0,01
Adsorvente	0,20	0,20	0,20	-

Sulfato de cobre 35%	0,04	0,04	-	-
Cloreto de colina 60%	0,04	0,03	0,03	-
Bacitracina de zinco 15%	0,03	0,03	-	0,04
Fitase	0,01	0,01	0,01	-
Caulim	-	-	-	0,14
Premix vitamínico	0,03	0,03	0,02	0,03
Premix de sulfato de ferro 1,4%	0,30	-	-	-
Premix mineral 0,05%	0,05	0,05	0,04	0,05
Composição nutricional				
Energia metabolizável, kcal kg <sup>-1</sup>	3250	3250	3250	3100
Proteína bruta, %	17,13	16,14	14,08	16,00
Cálcio, %	0,74	0,70	0,67	1
Fósforo, %	0,64	0,64	0,67	0,92
Ca:P, %	1,85	1,75	1000	-
Lisina, %	1,21	1,12	0,93	0,90
Metionina, %	0,40	0,37	0,30	0,26
Mestionina + Cistina, %	0,70	0,66	0,55	0,54
Treonina, %	0,77	0,63	0,60	0,62
Triptofano, %	0,21	0,20	0,16	0,17
C1 = crescimento 1 (24 a 50 kg), C2 = crescimento 2 (50 a 70 kg), T1 = terminação 1 (70 a 100), T2 = terminação 2 (100 a 140).				



**Tabela 2.** Dados referentes ao desempenho zootécnico de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer.

Parâmetros	Categoria de peso ao nascer				
	SL	SM	SP	P	EP
Peso ao nascer, kg	0,978 <sup>c</sup>	1,420 <sup>b</sup>	1,849 <sup>a</sup>	0,0001	0,012
Peso ao desmame, kg	4,860 <sup>c</sup>	6,402 <sup>b</sup>	7,617 <sup>a</sup>	0,000	0,217
PV aos 70 dias de idade, kg	24,15 <sup>b</sup>	30,53 <sup>a</sup>	32,45 <sup>a</sup>	0,0001	0,820
PV abate, kg	139,7	137,1	137,4	0,0939	0,220
Idade de abate, dias	188	174	174	-	-
CRMD, kg	2,266 <sup>b</sup>	2,462 <sup>a</sup>	2,511 <sup>a</sup>	0,000	0,2990
GPD, kg	0,959 <sup>b</sup>	1,024 <sup>a</sup>	1,006 <sup>a</sup>	0,0512	0,0375
CA	2,367 <sup>b</sup>	2,419 <sup>ab</sup>	2,502 <sup>a</sup>	0,0550	0,3250
CAR, kg	277,1 <sup>a</sup>	261,4 <sup>b</sup>	258,14 <sup>b</sup>	0,0150	2,850

<sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

SL = suínos leves, SM = suínos médios, SP = suínos pesados, P = probabilidade, EP = erro padrão, PV = Peso vivo, CRMD = consumo de ração médios diário, GPD = ganho de peso diário, CA = conversão alimentar e CAR = consumo acumulado de ração.

**Tabela 3.** Valores médios e coeficiente de variação (CV, %) dos parâmetros da curva diária de Gompertz de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer.

Parâmetros	Categoria de peso ao nascer							
	SL	CV	SM	CV	SP	CV	P	EP
A <sub>c</sub>	276,5	20,28	264,6	18,02	266,6	17,59	0,210	7,870
B <sub>c</sub>	0,0106 <sup>b</sup>	14,22	0,0119 <sup>a</sup>	11,07	0,0118 <sup>a</sup>	11,07	0,028	0,0002
C <sub>c</sub>	158,4 <sup>a</sup>	12,93	136,8 <sup>b</sup>	9,91	135,4 <sup>b</sup>	9,91	0,000	2,740

<sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

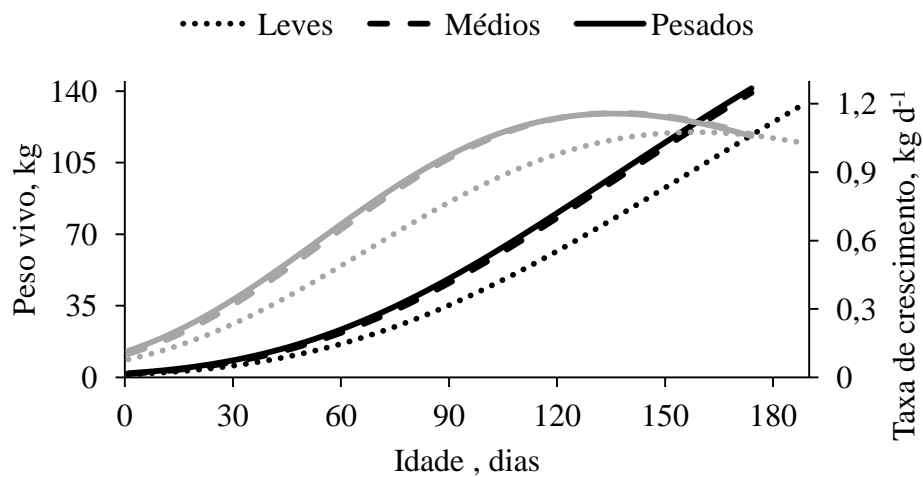
SL = suínos leves, SM = suínos médios, SP = suínos pesados, P = probabilidade, EP = erro padrão, CV = coeficiente de variação, A<sub>c</sub> = peso à maturidade (valor assintótico), B<sub>c</sub> = taxa de maturidade, C<sub>c</sub> = idade onde a taxa máxima de ganho de peso é alcançada (ponto de inflexão da curva).

**Tabela 4.** Parâmetros da curva diária de Gompertz e das taxas máximas de consumo de ração acumulada de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer.

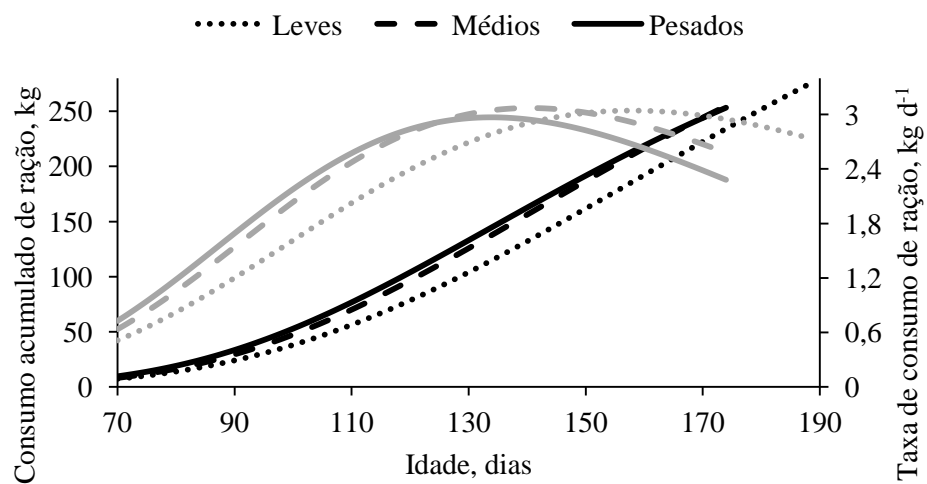
Parâmetros	Categoria de peso ao nascer							
	Leves	CV	Médios	CV	Pesados	CV	P	EP
A <sub>r</sub>	504,6 <sup>a</sup>	20,40	428,0 <sup>b</sup>	13,26	392,4 <sup>b</sup>	8,60	0,000,	10,00
B <sub>r</sub>	0,0164 <sup>b</sup>	13,73	0,0195 <sup>a</sup>	9,15	0,0206 <sup>a</sup>	7,45	0,000	0,0002
C <sub>r</sub>	157,9 <sup>a</sup>	9,24	140,4 <sup>b</sup>	6,26	133,9 <sup>b</sup>	4,06	0,000	1,460

<sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

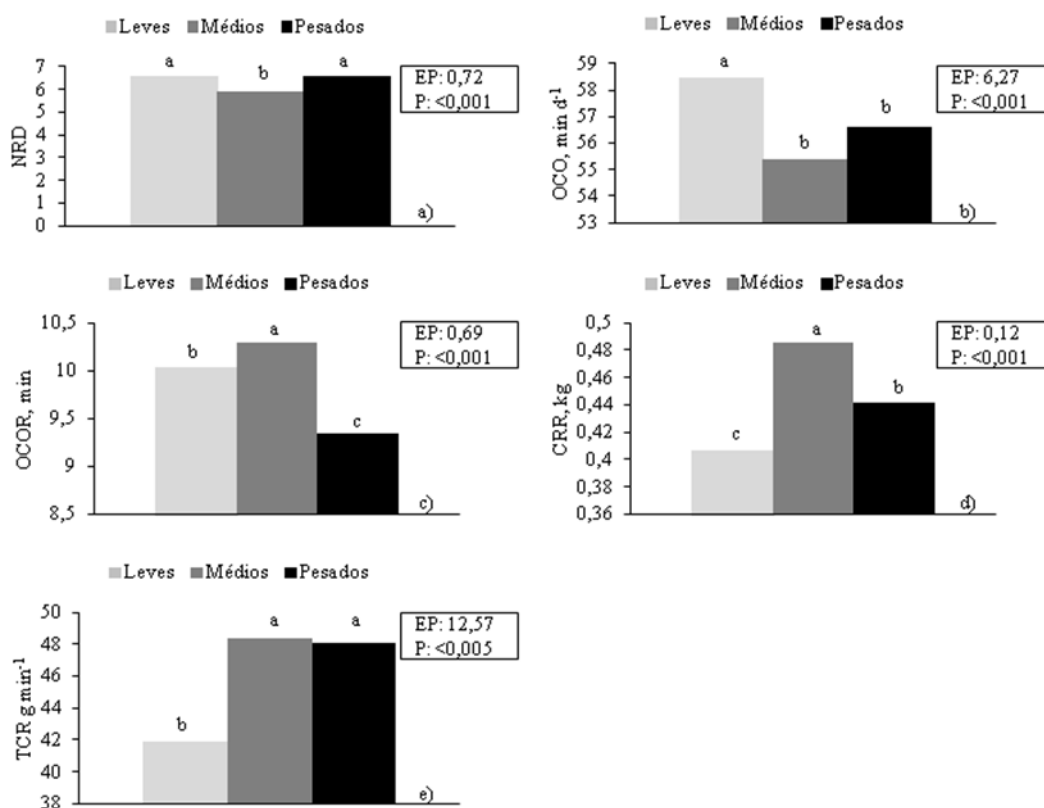
SL = suínos leves, SM = suínos médios, SP = suínos pesados, P = probabilidade, EP = erro padrão, CV = coeficiente de variação, A<sub>r</sub> = consumo acumulado de ração à maturidade (valor assintótico), B<sub>r</sub> = taxa de consumo de ração, C<sub>r</sub> = idade onde a taxa máxima de consumo de ração é alcançada (ponto de inflexão da curva).



**Figura 1.** Curva diária de crescimento (linha preta) e das taxas de crescimento relativo (linha cinza) de suínos leves, médios e pesados ao nascer.



**Figura 2.** Curva de consumo acumulado (linha preta) e taxa de consumo de ração (linha cinza) de suínos leves, médios e pesados ao nascer.



**Figura 3.** Comportamento ingestivo suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) durante a fase de crescimento e terminação. <sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), NRD = número de refeições por dia (a), OCO = tempo de ocupação diária do comedouro (b), OCOR = tempo de ocupação por refeição (c), CRR = consumo de ração por refeição (d) e TCR = taxa de consumo de ração (e).

### **CAPÍTULO III**

#### **Efeito do peso ao nascer sobre o crescimento e a deposição dos componentes corporais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas para publicação da  
**Animal**

## **Efeito do peso ao nascer sobre o crescimento e a deposição dos componentes corporais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação**

M. S. Ceron<sup>1</sup>, A. M. Kessler<sup>1</sup> and V. Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), *Avenida Bento Gonçalves, 7712. Cep: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil*

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), *Avenida Roraima, 1000, Cep: 97159-000, Santa Maria, RS*

Autor para correspondência: Marcos Speroni Ceron. E-mail: [marcossperoni@gmail.com](mailto:marcossperoni@gmail.com)

### **Resumo**

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do peso ao nascer sobre a deposição e alometria dos componentes corporais de suínos imunocastrados nas fases de crescimento e terminação. Foram utilizados 60 suínos machos inteiros separados em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves (SL: 0,850 a 1,050 kg PV), 12 suínos médios (SM: 1,300 a 1,500 kg PV) e 24 suínos pesados (SP: 1,800 a 2,05 kg PV). Para formação dos grupos foi considerado um intervalo de peso de dois desvios padrões em relação ao peso médio da população. Os animais foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12 animais cada, temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipment*) e dois bebedouros do tipo chupeta. Os parâmetros massa do componente corporal à maturidade (A), taxa de deposição (B) e idade onde a taxa máxima de deposição do



componente corporal é alcançada (C) da equação de Gompertz praticamente não apresentaram diferença significativas para água e cinza corporal entre as diferentes categorias de peso ao nascer. Os suínos leves (SL) apresentaram menores taxa de deposição de lipídeos ( $B_L$ ) e massa de proteína na maturidade ( $A_P$ ), em relação aos suínos pesados (SP). Na alometria, os SM e SP apresentaram maior precocidade para deposição de proteína (SM: 0,977 e SP: 0,975 kg) e menor precocidade para deposição de lipídeo corporal (SM: 1,426 e SP: 1,400 kg), quando comparados aos SL. Demonstrando que os SM e SP possuem maior aptidão para deposição de proteína e menor aptidão para deposição de lipídeo corporal, em relação aos SL.

**Palavras-chave:** água, cinza, Gompertz, lipídeo, proteína.

### **Implicações**

O peso ao nascer exerce influência sobre a deposição de proteína e lipídeo, mas não afeta a deposição dos demais componentes corporais. A alometria desses componentes demonstrou que os suínos médios e pesados possuem maior aptidão para deposição de proteína e menor aptidão para deposição de lipídeo corporal, em relação aos leves.

### **Introdução**

A prolificidade das fêmeas suínas aumentou significativamente nos últimos anos, possibilitando maior produtividade e lucratividade aos produtores. O acréscimo no número de leitões nascidos tem como consequência o maior percentual de leitões com baixo peso ao nascer que, por sua vez, apresentam maior taxa de mortalidade e menor crescimento pós-natal (Rehfeldt *et al.*, 2008; Paredes *et al.*, 2014).

O crescimento animal é representado pelo somatório da deposição dos componentes corporais, preponderantemente água, proteína, lipídeos e cinzas (Henn *et al.*, 2014). O potencial de crescimento é determinado pelo genótipo do animal e influenciado por fatores ambientais (nutrição, temperatura, sanidade, etc.), que podem impedir o animal de atingir seu potencial genético nas fases pré e pós-natal (Ferguson and Kyriazis, 2003; Madsen and Bee, 2015; Wang *et al.*, 2017).

De modo geral, quanto menor for o peso ao nascer, menor será a taxa de deposição tecidual e maior o tempo para atingir a máxima deposição dos componentes corporais (Gondret *et al.*, 2006; Rehfeldt and Kuhn, 2006). Contudo, existem poucas informações a respeito do efeito do peso ao nascer sobre as curvas de deposição dos componentes corporais de suínos em fase de crescimento e terminação (Correa *et al.*, 2006).

A parametrização das curvas de deposição dos componentes corporais, de acordo com o peso ao nascer, pode contribuir para a elaboração de modelos matemáticos capazes de definir estratégias alimentares visando maximizar a produção de carne magra e reduzir os custos de produção (Hauschild *et al.*, 2012; Coyne *et al.*, 2015; Fraga *et al.*, 2015). Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito do peso ao nascer sobre as taxas de deposição e alometria dos componentes corporais de suínos em fase de crescimento e terminação.

## **Material e métodos**

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do peso ao nascer sobre a deposição e alometria dos componentes corporais de suínos imunocastrados na

fase de crescimento e terminação. O experimento foi dividido em três etapas: fase de lactação, fase de creche, fase de crescimento e terminação.

Na fase de lactação foram selecionadas 40 porcas de ordem de parto 3 e 4 (Agroceres x Danbred), com mesma data de parição e com histórico semelhante de número de leitões nascidos por parto para participar do experimento. De suas leitegadas foi determinado o peso ao nascer individual de uma população de 195 leitões machos inteiros (0,785 a 2,155 kg PV).

Da população inicial foram selecionados de 60 leitões divididos em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves (SL: 0,850 a 1,050 kg PV), 12 suínos médios (SM: 1,300 a 1,500 kg PV) e 24 suínos pesados (SP: 1,800 a 2,05 kg PV). Para formação dos grupos foi considerado um intervalo de peso de dois desvios padrões em relação ao peso médio da população.

A fase de creche (dos 29 aos 69 dias de idade), crescimento e terminação do experimento foram realizadas no Setor de Suínos da Universidade Federal de Santa Maria. Na fase de creche os animais foram alojados em grupos de dois animais respeitando a classificação de peso ao nascer (SL: suínos leves, SM: suínos médios e SP: suínos pesados) em 30 baias elevadas a 0,40 m do chão, com piso plástico vazado e 2 m<sup>2</sup> de área por baia e equipadas com comedouros e bebedouro tipo chupeta. Os animais foram submetidos a um programa alimentar de três dieta isonutritivas, formuladas de acordo com o NRC (2012) e fornecidas de forma *ad libitum*. A temperatura da sala experimental foi mantida dentro da zona de conforto térmico.

Nas fases de crescimento e terminação (dos 70 dias de idade até ao abate dos animais) os suínos foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12

animais com 15 m<sup>2</sup> e temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipment*) e dois bebedouros do tipo chupeta. Nesse período, os animais foram submetidos a um programa alimentar de quatro dietas, formuladas de acordo com as exigências nutricionais do NRC (2012) para fases de crescimento 1 (C1), crescimento 2 (C2), terminação 1 (T1), terminação 2 (T2) e fornecidas de forma *ad libitum* (Tabela 1). O programa alimentar foi definido pelo peso do animal: C1 (24 a 50 kg), C2 (50 a 70 kg), T1 (70 a 100) e T2 (100 a 140).

Os suínos foram imunocastrados de acordo com o protocolo de vacinação sugerido pelo fabricante do agente imunizante. A primeira e a segunda doses de Vivax<sup>®</sup> foram aplicadas (2 mL, subcutâneo) na 16<sup>a</sup> e na 23<sup>a</sup> semana de idade, respectivamente.

A deposição dos componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza) ao longo do período experimental foram estimados com base na deposição de proteína (kg Prot) a partir de cinco pontos aos 70 (P1), 88 (P2), 125 (P3), 174 (P4) e no abate dos animais (P5). Para as estimativas de deposição componentes corporais nos pontos P2, P3 e P4 foram medidas a área de olho de lombo (AOL) e a espessura de tocinho (ET) por meio de ultrassom (dados não apresentados), de acordo com a metodologia descrita por Dutra Jr. *et al.* (2001). Já para estimar a deposição dos componentes corporais em P5 foram medidos no monto do abate (dados não apresentados) a ET, a profundidade do músculo *longissimus dorsi* (PM) e o peso de carcaça quente (PCCQ).

A deposição de proteína P1 foi estimada pela equação  $Y = 0,17 * P_{cv}$  (peso do corpo vazio). Já a deposição de proteína (DP) nos pontos P2, P3, P4 e P5 foram

calculadas com base na estimativa dos kg de carne magra na carcaça (kg CMCC). Nos pontos P2, P3 e P4 as deposições de proteína foram feitas pela equação  $Y_{\text{proteína}} = (\text{kg CMCC} \cdot 0,23) / 0,56$ , sendo que a deposição de carne magra na carcaça (CMCC) nos pontos P2, P3 e P4 foram determinadas pela equação  $Y = 1,54 + (0,247 \cdot P_{\text{cv}}) - (2,5 \cdot \text{ET} \cdot 0,1) + (0,3365 \cdot \text{AOL})$ , mas a deposição de proteína (DP) no ponto P5 foi estimada pela equação  $Y = 7,38 - (0,48 \cdot \text{ET}) + (0,059 \cdot \text{PM}) + (0,525 \cdot \text{PCCQ})$ .

A deposição de água e cinza corporal nos pontos P1, P2, P3, P4 e P5 foram estimados com base na equação  $Y_{\text{água}} = 4,9 \cdot \text{DP}^{0,855}$  e  $Y_{\text{cinza}} = 0,19 \cdot \text{DP}$ , respectivamente. Já a deposição de lipídeo corporal foi calculada com base na diferença entre o  $P_{\text{cv}}$  e o somatório da deposição de água, proteína e cinza corporal.

Para avaliação da deposição dos componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza), foi aplicada a equação de Gompertz. Os parâmetros A, B e C foram ajustados no modelo Gompertz, modificado segundo a equação:  $Y = A \cdot \exp(-\exp(-B \cdot (\text{idade} - C)))$ . Nessa equação, o "Y" é a massa do componente corporal em qualquer idade; o parâmetro "A" é o valor assintótico (por exemplo, massa do componente corporal na maturidade); o parâmetro "B" representa a taxa de maturação, sendo uma função entre a máxima taxa de deposição e a massa dos componentes corporais no animal adulto; e o parâmetro "C" é a idade em que a taxa máxima de deposição dos componentes corporais é alcançada, sendo o ponto de inflexão da curva sigmoidal. A taxa de deposição dos componentes corporais em função do tempo (kg/dia) foi calculada utilizando a derivada das equações de Gompertz  $Y = A \cdot B \cdot \exp(-B \cdot (\text{idade} - C) - \exp(-B \cdot (\text{idade} - C)))$  (Whittemore and Green, 2002). Os parâmetros da equação (A, B, C) de cada unidade experimental foram

submetidos à análise de variância para testar se existem diferenças significativas entre as faixas de peso (tratamentos).

A avaliação do crescimento alométrico e a derivada da taxa de deposição alométrica dos componentes corporais (água, proteína, lipídeo, e cinza) em relação ao peso vivo foi realizada por meio da equação exponencial  $Y=aX^b$  e sua derivada  $Y=abX^{b-1}$ , em que “Y” é peso de cada componente corporal; “a” é o intercepto do logaritmo da regressão linear sobre “Y” e “b” é o coeficiente de crescimento relativo ou coeficiente alométrico (Whittemore and Green, 2002; Henn *et al.*, 2014). Para os coeficientes alométricos “b” e os valores de “a”, foi realizada uma análise de variância, e as eventuais diferenças foram comparadas pelo teste Tukey a 5%.

## Resultados

### *Gompertz*

Na Tabela 2, são apresentados os valores dos parâmetros A, B e C da equação de Gompertz para os pesos de água (A), proteína (P), lipídeo (L) e cinza (C) corporais. De modo geral, a equação de Gompertz proporcionou boa descrição do comportamento das respostas avaliadas, com coeficiente de determinação ( $r^2$ ) superior a 0,99 (Figura 1a, 1b, 1c e 1d).

Os parâmetros  $A_A$ ,  $B_A$  e  $C_A$  da deposição de água corporal em função da idade foram semelhantes nas três categorias de peso ao nascer. As massas de água na maturidade ( $A_A$ ) para os suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) foram 119,4, 139,3 e 133,2 kg, e as máximas taxas de deposição de água ( $C_A$ ) ocorreram aos 132 dias de idade, respectivamente. Os valores encontrados para os parâmetros que definem as taxas de maturação ( $B_A$ ) de água dos SL, SM e SP

foram de 0,0115, 0,0118 e 0,0109 kg d<sup>-1</sup>, e as máximas taxas de deposição de água (AD<sub>max</sub>) foram de 505, 605 e 534 g d<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2a).

A categoria de peso ao nascer não influenciou os parâmetros B<sub>P</sub> e C<sub>P</sub> da deposição de proteína. Por outro lado, os SM e SP apresentaram maior (P<0,05) massa de proteína na maturidade (A<sub>P</sub>) em relação aos SL. As taxas de deposição de proteína dos SL, SM e SP foram crescentes até 142, 133 e 149 dias de vida, respectivamente. Após esses períodos, decresceram gradativamente. A máxima deposição de proteína (PD<sub>max</sub>) dos SL foi de 166 g d<sup>-1</sup>, cerca de 19% menor que a PD<sub>max</sub> média observada nos SL e SP.

Foi detectado que os parâmetros da equação de Gompertz da deposição de lipídeo corporal (A<sub>L</sub>, B<sub>L</sub> e C<sub>L</sub>) dos SM não diferiram dos parâmetros dos SL e SP. Comparando-se os SL com os SP, os primeiros apresentaram maiores (P<0,05) parâmetros de A<sub>L</sub> e C<sub>L</sub>, bem como maior (P<0,05) valor de B<sub>L</sub> para deposição de lipídeos. As taxas de deposição de lipídeos dos SL, SM e SP foram crescentes até aos 181, 157 e 137 dias de vida, respectivamente (Figura 1c).

Para o parâmetro A da cinza corporal (A<sub>C</sub>), os SP não diferiram das demais categorias de peso ao nascer, mas os SL apresentaram menor (P<0,05) valor A<sub>C</sub> em comparação aos SM. As taxas de deposição de cinzas dos SL, SM e SP são crescentes até as idades de 142, 147 e 149 dias, respectivamente (Figura 1d).

O peso ao nascer exerce influência na deposição de proteína e lipídeo corporal, e a relação A<sub>L</sub>/A<sub>P</sub> é um indicador que nos permite comparar a quantidade de carne na carcaça entre categorias de peso ao nascer. Como esperado, o valor da relação A<sub>L</sub>/A<sub>P</sub> na maturidade foi maior para os SL (3,09), em comparação ao valor obtido pelos SM (2,35) e SP (1,53).

### *Alometria*

A relação alométrica  $Y=aX^b$  foi utilizada para descrever o crescimento dos componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza) em relação ao peso vivo corporal dos SL, SM e SP (Tabela 3). Para as três categorias, a deposição de água ( $b_a$ ) ocorreu mais precocemente que a deposição de proteína ( $b_p$ ) e cinza ( $b_c$ ). A deposição de lipídeo ( $b_l$ ), por sua vez, foi mais tardia em relação aos demais tecidos (Figuras 2a, 2b, 2c e 2d).

Com base na análise do coeficiente alométrico ( $b$ ), podemos observar que os SL são mais tardios ( $P<0,05$ ) que os SM e SP para deposição de água, proteína e cinza corporal. No entanto, são mais precoces ( $P<0,05$ ) para deposição de lipídeo corporal.

## **Discussão**

### *Gompertz*

O peso assintótico da deposição de proteína ( $A_p$ ) e a taxa de deposição de lipídeo ( $B_L$ ) corporal costumam oscilar entre 28,4 e 36,0 kg e entre 0,009 e 0,0115 kg d<sup>-1</sup>, respectivamente (Van Lunen and Cole, 1998; Whittemore and Green, 2002; Ferguson and Kyriazis; 2003, Schiavon *et al.*, 2007; Casas *et al.*, 2010, Strathe *et al.*, 2015). No entanto, os SP apresentam valores de  $A_p$  e  $B_L$  superiores aos citados anteriormente (Tabela 2), comprovando que esses animais possuem maior deposição de proteína e lipídeo corporal em comparação aos SL. O maior valor de  $B_L$  indica que os SP concentraram a deposição de lipídeo em torno do ponto de inflexão da curva de Gompertz, com deposição inicial e final menos acentuada. Já



os SL tiveram deposição de lipídeos melhor distribuída ao longo do tempo (Figura 1c).

Mesmo os SP apresentando um maior valor de  $B_L$  em relação aos SL, o seu rendimento de carne magra não foi prejudicado, o que pode ser atribuído ao elevado  $PD_{max}$  (204 g d<sup>-1</sup>) e à baixa relação  $A_L/A_P$  (1,53) observados nessa categoria à maturidade. A  $PD_{max}$  e a  $A_L/A_P$  na maturidade de suínos híbridos comerciais costumam oscilar entre 155 e 170 g d<sup>-1</sup> (Ferguson and Gous, 1993; Mohn and De Lange, 1998; Whittemore *et al.*, 2001) e entre 1,16 e 2,41 (Landgraf *et al.*, 2002; Schiavon *et al.*, 2007; Casas *et al.*, 2010), respectivamente. Os SL, por sua vez, tiveram menor deposição de proteína, o que está coerente com os valores de  $PD_{max}$  observados por Ferguson and Gous (1993); Mohn and De Lange (1998) e Whittemore *et al.* (2001). Por outro lado, a relação de  $A_L/A_P$  na maturidade (3,09) foi condizente com as observadas nas décadas de 80 e 90 (Ferguson and Gous, 1994).

### *Alometria*

O crescimento ou ganho de peso do suíno é o resultado do somatório do aumento de peso de determinados componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza) (Kyriazakis and Whittemore, 2006). A alometria é utilizada para descrever as variações no crescimento de um componente individual em relação ao todo. Normalmente os dados são descritos matematicamente por meio de uma equação exponencial ( $Y=aX^b$ ) contendo os parâmetros “a” e “b”, em que “a” indica o intercepto do logaritmo da regressão linear sobre “Y” e “b” é o coeficiente alométrico. Quando  $b=1$ , a deposição é considerada isogônica, indicando que as taxas de desenvolvimento de “X” e “Y” são semelhantes no período analisado. Quando  $b \neq 1$ , a

deposição é chamada heterogônica, sendo positiva ( $b > 1$ ), quando o desenvolvimento é tardio, ou negativa ( $b < 1$ ), quando a deposição é precoce (Huxley, 1924; Henn *et al.*, 2014).

Nas três categorias avaliadas, a água (Figura 3a), a proteína (Figura 3b) e a cinza corporal apresentaram crescimento heterogônico precoce ( $b < 1$ ), diminuindo a taxa (velocidade) de crescimento com o aumento do peso vivo. O lipídeo apresentou um crescimento heterogônico positivo ( $b > 1$ ), independente do peso ao nascer dos animais, caracterizando-se como um tecido de crescimento tardio e aumentando sua proporção com o aumento da maturidade do animal (Figura 2). A aceleração da deposição de lipídeos e a desaceleração da deposição de proteína resultam na maior deposição de gordura na carcaça com o aumento do peso de abate (Kloareg *et al.*, 2006), comportamento semelhante ao descrito por Shields *et al.* (1983), Wagner *et al.* (1999) e Schinckel *et al.* (2003).

Os valores de “b” presentes na Tabela 3 também revelam que os SM e SP possuem maior aptidão que os SL para deposição de água, proteína e cinza, bem como menor deposição de lipídeo corporal. Os coeficientes alométricos da proteína ( $b_p$ ) das três categorias de peso ao nascer estão de acordo com o encontrado na literatura, que variam de 0,850 a 0,963 kg, conforme Wagner *et al.* (1999), Whittemore and Green (2002) e Kloareg *et al.* (2006). No entanto, esses mesmos autores apresentam coeficientes alométricos de lipídeos ( $b_l$ ) que oscilam entre 1,519 e 1,727 kg, valores inferiores aos observados pelos SM e SP de nosso estudo. A maior precocidade da deposição de água ( $b_a$ ) e cinza ( $b_c$ ) corporal está atrelada à maior precocidade para deposição de proteína. Observar-se que os valores de “ $b_a$ ” e “ $b_c$ ” costumam variar entre 0,778 e 0,862 e entre 0,896 e 1,024, respectivamente

(Whittemore *et al.*, 1988; Ferguson and Kyriazis, 2003; Strathe *et al.*, 2015), sendo que os valores de “ $b_a$ ” e “ $b_c$ ” estão dentro dessa variação.

Os resultados do presente estudo indicam que os padrões de deposição dos componentes corporais variam conforme a categoria de peso ao nascer. A menor deposição de proteína e a maior deposição de lipídeo corporal dos SL, em relação aos SM e SP, podem ser consequências de déficits nutricionais sofridos durante sua vida intrauterina. Gondret *et al.* (2006) constataram que suínos de baixo peso ao nascer apresentam menor número de fibras musculares e maior diâmetro de adipócito, favorecendo a deposição de lipídeo corporal. O excesso de lipídeos prejudica o rendimento de carcaça, a eficiência alimentar e aceitação do produto pelo consumidor. Assim, a parametrização das curvas de deposição dos componentes corporais, de acordo com o peso ao nascer, pode contribuir para a elaboração de modelos matemáticos capazes de definir estratégias alimentares visando maximizar a produção de carne magra e reduzir os custos de produção (Hauschild *et al.*, 2012; Coyne *et al.*, 2015; Fraga *et al.*, 2015).

### **Declaração de ética**

Os procedimentos adotados na condução deste experimento estão de acordo com os preceitos da Lei Federal nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, e do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e foram protocolados com o nº 8688070716 na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFSM.

### **Referências**

Beaulieu AD, Aalhus JL, Williams NH and Patience JF 2010. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *Journal of Animal Science*. 88, 2767-2778. doi:10.2527/jas.2009-2222.

Casas GA, Rodríguez D and Téllez GA 2010. Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23, 349-358.

Correa JA, Faucitano L, Laforest JP, Rivest J, Marcoux M and C. Gariépy 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. *Meat Science* 72, 91-99. doi:10.1016/j.meatsci.2005.06.006.

Coyne JM, Berry DP, Mäntysaari EA, Juga J and McHugh N 2015. Comparison of fixed effects and mixed model growth functions in modelling and predicting live weight in pigs. *Livestock Science* 177, 8-14.

Dutra Jr WM, Ferreira AS, Tarouco JU, Donzele JL, Euclides RF, Albino LFT, Cardoso LL and Fernandes SP 2001. Predição de características quantitativas de carcaças de suínos pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30, 1251-1257.

Ferguson NS and Gous RM 1993. Evolution of pig genotypes: Theoretical aspects of measuring genetic parameters. *Animal Production Science* 56, 233-243.

Ferguson NS, Gous RM and Emmans, GC 1994. Preferred components for the construction of a new simulation model of growth, feed intake and nutrient requirements of growing pigs. *South African Journal of Animal Science* 24, 10-17.

Ferguson NS and Kyriazis ST 2003. Evaluation of the growth parameters of six commercial crossbred pig genotypes 2. Under ideal temperature conditions in chambers. *South African Journal of Animal Science* 33, 21-26.

Fraga BN, Lovatto PA, Rorato PRN, Oliveira V, Rossi CAR and Lehnen CR 2015. Modeling performance and nutritional requirements of pigs lots during growth and finishing. *Ciência Rural* 45,1841-1847.

Gondret F, Lefaucheur L, Juin H, Louveau I and Lebret B 2006. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. *Journal of Animal Science* 84, 93-103.

Hauschild L, Lovatto PA, Pomar J and Pomar C 2012. Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 90, 2255-2263.

Henn JD, Bockor L, Ribeiro AML, Coldebella A and Kessler AM 2014. Growth and Deposition of Body Components of Intermediate and High Performance Broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 16, 319-328.

Huxley JS 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature* 114.

Kloareg M, Noblet J and Van Milgen, J 2006. Estimation of whole body lipid mass in finishing pigs. *Animal Science* 82 241-251.

Kyriazakis I and Whittemore CT 2006. *Whittemore's science and practice of pig production*. Oxford: Blackwell Publishing.

Landgraf S, Roehe R, Susenbeth, A Baulain U, Knap PW, Looft H, Plastow GS and Kalm E 2002. Biological growth model as a new selection strategy for improvement of feed efficiency in swine. *Veterinarija ir zootechnika* 18, 84-89.

Madsen JG and Bee G 2015. Compensatory growth feeding strategy does not overcome negative effects on growth and carcass composition of low birth weight pigs. *Animal* 9, 427-436.

Mohn S and De Lange CFM 1998. The effect of body weight on the upper limit to protein deposition in a defined population of growing. *Journal of Animal Science* 76, 124-133.

NRC 2012. *Nutrient requirements of swine*. 2012. 400 p.

Paredes SP, Jansman AJM, Verstegen MWA, Den Hartog LA, van Hees HM, Bolhuis JE, van Kempen TATG and Gerrits WJJ 2014. Identifying the limitations for growth in low performing piglets from birth until 10 weeks of age. *Animal* 8, 923-930.

Quiniou N, Dagorn J and Gaudré D 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livestock Production Science* 78, 63-70.

Rehfeldt C and Kuhn G 2006. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. *Journal of Animal Science* 84, 113-123.

Rehfeldt C, Tuchscherer A, Hartung M and Kuhn G 2008. A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Science* 78, 170-175.

Schiavon S, Gallo L, Carnier P, Tagliapietra F, Ceolin C, Prandini A and Piva AI 2007. Use of simple body measurements and allometry to predict the chemical growth and feed intake in pigs. *Italian Journal of Animal Science* 6, 27-44.

Schinckel AP, Li N, Richert BT, Preckel PV and Einstein ME 2003. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science* 81, 1106-1119.

Shields RG, Mahan DC and Graham PL 1983. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *Journal of Animal Science* 51, 43-54.

Strathe AB, Danfaer A, Jorgensen H and Kebreab E 2015. A dynamic growth model for prediction of nutrient partitioning and manure production in growing–finishing pigs: Model development and evaluation. *Journal of Animal Science* 93, 1061-1073.

Van Lunen TA and Cole DJA 1998. Growth and body composition of highly selected boars and gilts. *Animal Science* 67, 107-116.

Wagner JR, Schinckel AP, Chen W, Forrest JC and Coe BL 1999. Analysis of body composition changes of swine during growth and development. *Journal of Animal Science* 77, 1442-1466.

Wang J, Feng C, Liu T, Shi M, Wu G and Bazer FW 2017. Physiological alterations associated with intrauterine growth restriction in fetal pigs: Causes and insights for nutritional optimization. *Molecular Reproduction and Development* 1, 1-8.

Whittemore CT and Green DM 2002. The description of the rate of protein and lipid growth in pigs in relation to live weight. *Journal of Agricultural Science* 138, 415-423.

Whittemore CT, Green DM and Knap PW 2001. Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: protein. *Animal Science* 73, 363-373.

Whittemore CT, Tullis JB and Emmans GC 1988. Protein growth in pigs. *Animal Production Science* 46, 437-445.

**Tabela 1** Composição centesimal e calculada das dietas dos suínos em fase de crescimento e terminação.

Ingredientes, %	Dietas			
	C1 <sup>1</sup>	C2 <sup>2</sup>	T1 <sup>3</sup>	T2 <sup>4</sup>
Milho	30,00	30,00	45,35	48,34
Gérmen de milho 10%	-	-	14,29	-
Farinheta de trigo	-	-	9,99	-
Quirera de arroz	24,76	26,22	-	-
Farelo de trigo	7,72	9,68	2,90	-
Farelo de arroz 15%	15,00	15	15,00	30,00
Arroz com casca	-	-	-	2,47
Soja 46%	16,81	14,01	7,74	11,47
Farinha de carne 55%	2,58	2,55	2,32	-
Farinha de carne 52,5%	-	-	-	5,62
Calcário calcítico 30,8%	1,25	1,14	1,17	1,28
Sal	0,30	0,27	0,26	0,31
Betaína 95%	0,04	0,04	0,02	-
DL-metionina 99%	0,08	0,07	0,04	-
L-lisina 99%	0,49	0,46	0,39	0,17
L-treonina 98%	0,16	0,05	0,10	0,04
L-triptofano 98%	0,001	0,002	0,01	-
Propionato de cálcio 98%	0,10	0,10	0,10	-
Etoxiquin 66%	0,01	0,01	0,01	0,01
Adsorvente	0,20	0,20	0,20	-
Sulfato de cobre 35%	0,04	0,04	-	-
Cloreto de colina 60%	0,04	0,03	0,03	-
Bacitracina de zinco 15%	0,03	0,03	-	0,04
Fitase	0,01	0,01	0,01	-
Caulim	-	-	-	0,14
Premix vitamínico	0,03	0,03	0,02	0,03
Premix de sulfato de ferro 1,4%	0,30	-	-	-
Premix mineral 0,05%	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>Composição nutricional</b>				
Energia metabolizável, kcal kg <sup>-1</sup>	3250	3250	3250	3100
Proteína bruta, %	17,13	16,14	14,08	16,00
Cálcio, %	0,74	0,70	0,67	1
Fósforo, %	0,64	0,64	0,67	0,92
Ca:P, %	1,85	1,75	1000	-
Lisina, %	1,21	1,12	0,93	0,90
Metionina, %	0,40	0,37	0,30	0,26
Mestionina + Cistina, %	0,70	0,66	0,55	0,54
Treonina, %	0,77	0,63	0,60	0,62
Triptofano, %	0,21	0,20	0,16	0,17

C1 = crescimento 1 (24 a 50 kg); C2 = crescimento 2 (50 a 70 kg); T1 = terminação 1 (70 a 100); T2 = terminação 2 (100 a 140).



**Tabela 2** Parâmetros da curva de Gompertz [ $Y=A*exp(-exp(-B*(idade-C)))$ ] e da taxas máximas de crescimento dos componentes corporais proteína, água, lipídeo, e cinza corporal dos suínos leves (SL), médios (SM) e pesados ao nascer (SP).

Parâmetros	Categoria de peso ao nascer			EP	Probabilidade
	SL	SM	SP		
Água corporal, kg					
A <sub>A</sub> , kg	119,407	139,254	133,236	7,14	0,49
B <sub>A</sub> , kg d <sup>-1</sup>	0,0115	0,0118	0,0109	0,00	0,58
C <sub>A</sub> , dias	133,893	129,545	133,147	4,91	0,94
Proteína corporal, kg					
A <sub>P</sub> , kg	38,600 <sup>b</sup>	47,131 <sup>a</sup>	48,093 <sup>a</sup>	1,93	0,05
B <sub>P</sub> , kg d <sup>-1</sup>	0,0117	0,0124	0,0109	0,00	0,27
C <sub>P</sub> , dias	142,365	147,007	148,858	4,15	0,33
Lipídeo corporal, kg					
A <sub>L</sub> , kg	119,238 <sup>a</sup>	110,627 <sup>ab</sup>	73,386 <sup>b</sup>	4,60	0,05
B <sub>L</sub> , kg d <sup>-1</sup>	0,0139 <sup>b</sup>	0,0159 <sup>ab</sup>	0,0181 <sup>a</sup>	0,00	0,05
C <sub>L</sub> , dias	181,198 <sup>a</sup>	156,60 <sup>ab</sup>	136,604 <sup>b</sup>	6,65	0,00
Cinza corporal, kg					
A <sub>C</sub> , kg	7,334 <sup>b</sup>	12,093 <sup>a</sup>	9,138 <sup>ab</sup>	0,78	0,05
B <sub>C</sub> , kg d <sup>-1</sup>	0,0117	0,0113	0,0109	0,00	0,62
C <sub>C</sub> , dias	142,365	147,007	148,858	5,93	0,46

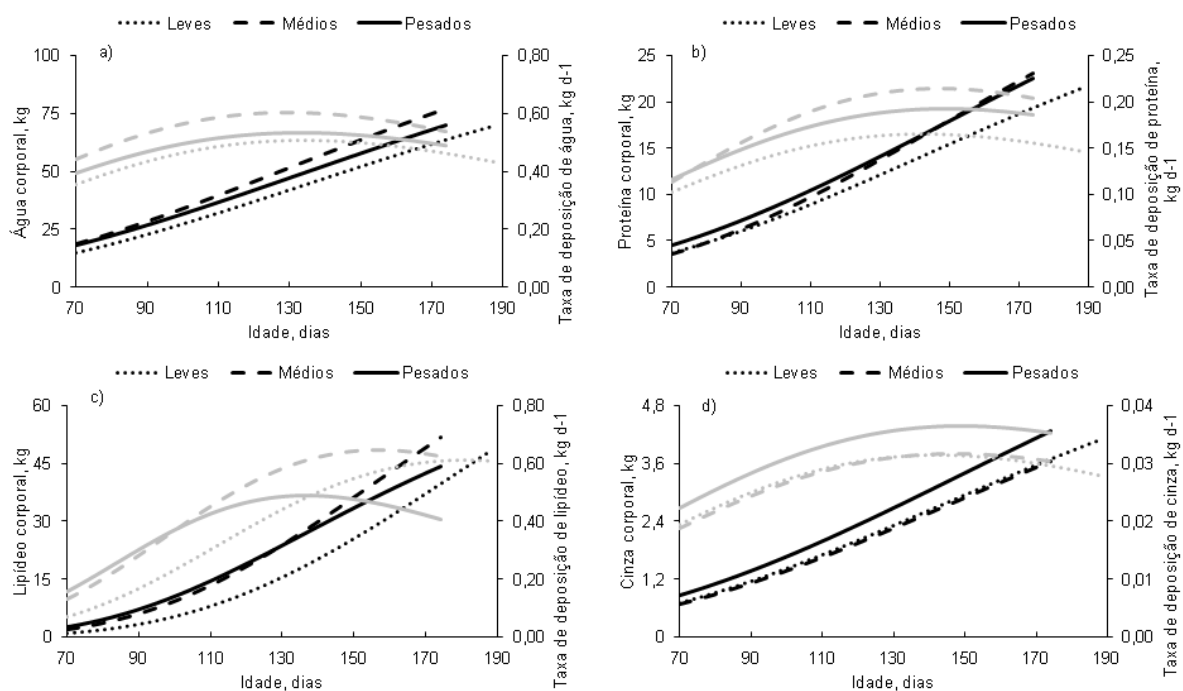
A = massa do componente corporal à maturidade (valor assintótico); B = taxa de deposição; C = idade onde a taxa máxima de deposição do componente corporal é alcançada (ponto de inflexão da curva).

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey P<0,05.

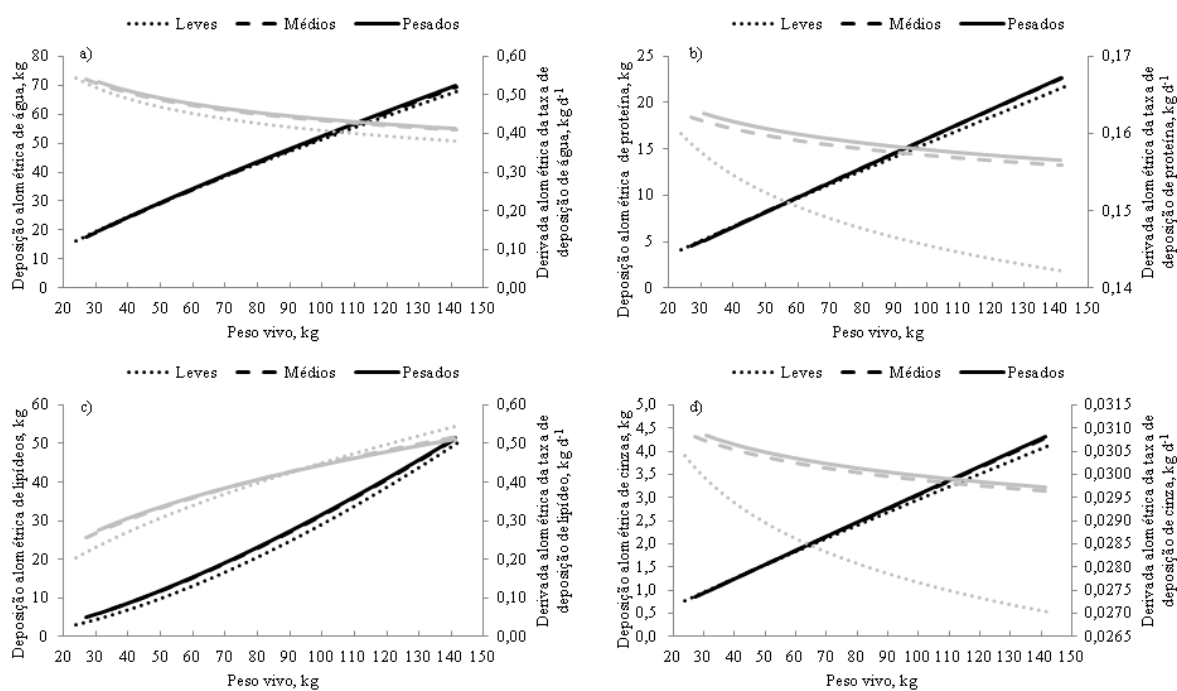
**Tabela 3** Parâmetros da deposição alométrico ( $a$ ;  $b$ ) da proteína, água, lipídeo e cinza corporal em relação ao peso vivo ( $Y=aXb$ ) de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) ao nascer.

Parâmetros	Categoria de peso ao nascer			EP	Probabilidade
	SL	SM	SP		
Água corporal, kg					
$a_a$	1,284 <sup>a</sup>	1,123 <sup>b</sup>	1,138 <sup>b</sup>	0,03	0,05
$b_a$	0,800 <sup>b</sup>	0,833 <sup>a</sup>	0,832 <sup>a</sup>	0,00	0,04
Proteína corporal, kg					
$a_p$	0,212 <sup>a</sup>	0,179 <sup>ab</sup>	0,181 <sup>b</sup>	0,00	0,05
$b_p$	0,934 <sup>b</sup>	0,977 <sup>a</sup>	0,975 <sup>a</sup>	0,00	0,02
Lipídeo corporal, kg					
$a_l$	0,023 <sup>b</sup>	0,044 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	0,00	0,00
$b_l$	1,552 <sup>a</sup>	1,426 <sup>b</sup>	1,400 <sup>b</sup>	0,02	0,00
Cinza corporal, kg					
$a_c$	0,040 <sup>a</sup>	0,034 <sup>b</sup>	0,034 <sup>b</sup>	0,00	0,04
$b_c$	0,934 <sup>b</sup>	0,974 <sup>a</sup>	0,972 <sup>a</sup>	0,00	0,02

<sup>a,b</sup> Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey  $P < 0,05$ .



**Figura 1** Curvas  $[Y=A*\exp(-\exp(-B*(idade-C)))]$  de deposição de proteína, água, lipídeo e cinza corporais (linha preta) e taxas  $[Y=A*B*\exp(-B*(idade-C)-\exp(-B*(idade-C)))]$  de deposição (linha cinza) de proteína, água, lipídeo e cinzas de suínos leves, médios e pesados ao nascer.



**Figura 2** Crescimento alométrico (a; b) (linha preta) da proteína, água, lipídeo e cinza corporal em relação ao peso vivo ( $Y=aX^b$ ) e derivada da taxa de deposição alométrica (linha cinza) de proteína, água, lipídeo e cinza corporal em relação ao peso vivo ( $Y=abX^{b-1}$ ) de suínos leves, médios e pesado ao nascer.

## **CAPÍTULO IV**

**Efeito do peso ao nascer sobre as características de carcaça e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados**

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação da **Journal of Animal Science**.

**Efeito do peso ao nascer sobre as características de carcaça e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados**

M. S. Ceron<sup>\*1</sup>, A. M. Kessler<sup>\*</sup>, V. Oliveira<sup>#</sup>

<sup>\*</sup>Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),

*Avenida Bento Gonçalves, 7712. Cep: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil*

<sup>#</sup>Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),

Avenida Roraima, 1000, Cep: 97159-000, Santa Maria, RS

<sup>1</sup>Corresponding author: [marcossperoni@gmail.com](mailto:marcossperoni@gmail.com)

© The Author(s) 2018. Published by Oxford University Press on behalf of American Society of Animal Science. All rights reserved. For permissions, please email:

[journals.permissions@oup.com](mailto:journals.permissions@oup.com)

**RESUMO:** Um experimento foi realizado para avaliar o efeito do peso ao nascer sobre a evolução das medidas ultrassônicas (*in vivo*), assim como determinar as características de carcaça e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados nas fases de crescimento e terminação. Foram utilizados 60 suínos machos inteiros separados em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves (SL: 0,850 a 1,050 kg PV), 12 suínos médios (SM: 1,300 a 1,500 kg PV) e 24 suínos pesados (SP: 1,800 a 2,05 kg PV). Para formação dos grupos foi considerado um intervalo de peso de dois desvios padrões em relação ao peso médio da população. Os animais foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12 animais cada, temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipament*) e dois bebedouros do tipo chupeta. De maneira geral, os SL apresentaram menores valores nas análises *in vivo* do peso vivo (PV), ganho de peso diários (GPD), área de olho de lombo (AOL<sub>ut</sub>) e profundidade do músculo longissimus dorsi (PML<sub>ut</sub>), espessura de toicinho (ET<sub>ut</sub>), espessura de gordura do músculo (EGG<sub>ut</sub>) e profundidade do músculo gluteos medius (PMG<sub>ut</sub>) aos 88, 125 e 174 dias de vida, quando comparado aos SM e SP. Nas análises pós-abate, os SL apresentaram menores valores de relação carne/gordura na carcaça (C/G), área de olho de lombo (AOL) e profundidade do músculo longissimus dorsi (PML), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), firmeza (FI), peso e rendimento de carré e barriga + costelas, em relação ao SM e SP. Assim, o peso ao nascer exerceu influência sobre a evolução das medidas ultrassônicas (*in vivo*), assim como afeta as características de carcaça e o rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados nas fases de crescimento e terminação.

**Palavras-chave:** carne magra, gordura, suínos leves, suínos médios, suínos pesados.

## INTRODUÇÃO

A hiperprolificidade da fêmea suína moderna causou aumento significativo no número de leitões nascidos vivos por porca ano, aumentando a produtividade nos sistemas de criação. No entanto, houve aumento no número de leitões nascidos leves e na produção de leitegadas desuniformes (Rehfeldt et al., 2008; Paredes et al., 2014).

O baixo peso ao nascer está associado à menor taxa de crescimento, gerando aumento no tempo de ocupação das instalações, bem como redução da área de olho de lombo, da profundidade do músculo longissimus dorsi, do comprimento de carcaça e do peso de carcaça quente, além de menor peso de pernil, paleta, costela, barriga e lombo (Bee, 2004; Gondret et al., 2006; Rehfeldt et al., 2008; Alvarenga et al., 2013). Isso prejudica a qualidade e a uniformidade da carcaça e de seus cortes comerciais, causando prejuízos ao produtor e ao frigorífico (Deen et al., 1998; Quiniou et al., 2002; Rehfeldt et al., 2008).

Na tentativa de reduzir os problemas de qualidade e uniformidade das carcaças no momento de abate, cresce o interesse da indústria por pesquisas que visam entender e desenvolver estratégias em nível de granja para combater as causas de variação apresentadas nas carcaças. Na literatura, existem vários estudos que utilizam a técnica de ultrassonografia em tempo real para acompanhar a composição corporal e a qualidade de carcaça (Dutra Jr. et al., 2001; Silva et al., 2005; Ayuso et al., 2014). Porém, poucos buscam entender o efeito do peso ao nascer sobre a composição corporal e a qualidade de carcaça, embora essas informações sejam fundamentais para a elaboração de estratégias de manejo e programas alimentares para maximizar a produção de carne magra e reduzir a desuniforme do peso de carcaça.

Para atender à demanda da indústria de processamento de carne, o objetivo deste estudo é determinar o efeito do peso ao nascer sobre a evolução das medidas ultrassônicas (*in*



*vivo*), assim como determinar as características de carcaça e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos adotados na condução deste experimento estão de acordo com os preceitos da Lei Federal nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, e do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009 e foram protocolados com o nº 8688070716 na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFSM.

### *Animais*

Um experimento foi realizado para determinar o efeito do peso ao nascer sobre a evolução das medidas ultrassônicas (*in vivo*), assim como determinar as características de carcaça e rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação. O experimento foi dividido em três etapas: fase de lactação, fase de creche, fase de crescimento e terminação.

Na fase de lactação foram selecionadas 40 porcas de ordem de parto 3 e 4 (Agroceres x Danbred), com mesma data de parição e com histórico semelhante de número de leitões nascidos por parto para participar do experimento. De suas leitegadas foi determinado o peso ao nascer individual de uma população de 195 leitões machos inteiros (0,785 a 2,155 kg PV).

Da população inicial foram selecionados de 60 leitões divididos em três categorias (tratamentos) de peso ao nascer: 24 suínos leves (SL: 0,850 a 1,050 kg PV), 12 suínos médios (SM: 1,300 a 1,500 kg PV) e 24 suínos pesados (SP: 1,800 a 2,05 kg PV). Para formação dos grupos foi considerado um intervalo de peso de dois desvios padrões em relação ao peso médio da população.

A fase de creche (dos 29 aos 69 dias de idade), crescimento e terminação do experimento foram realizadas no Setor de Suínos da Universidade Federal de Santa Maria. Na fase de creche os animais foram alojados em grupos de dois animais respeitando a classificação de peso ao nascer (SL: suínos leves, SM: suínos médios e SP: suínos pesados) em 30 baias elevadas a 0,40 m do chão, com piso plástico vazado e 2 m<sup>2</sup> de área por baia e equipadas com comedouros e bebedouro tipo chupeta. Os animais foram submetidos a um programa alimentar de três dieta isonutritivas, formuladas de acordo com o NRC (2012) e fornecidas de forma *ad libitum*. A temperatura da sala experimental foi mantida dentro da zona de conforto térmico.

Nas fases de crescimento e terminação (dos 70 dias de idade até ao abate dos animais) os suínos foram alojados em cinco baias, com capacidade para 12 animais com 15 m<sup>2</sup> e temperatura ambiente de 20 °C e umidade relativa do ar de 70%, equipadas com a estação de alimentação FIRE<sup>®</sup> (*Feed Intake Recording Equipment*) e dois bebedouros do tipo chupeta. Nesse período, os animais foram submetidos a um programa alimentar de quatro dietas, formuladas de acordo com as exigências nutricionais do NRC (2012) para fases de crescimento 1 (C1), crescimento 2 (C2), terminação 1 (T1), terminação 2 (T2) e fornecidas de forma *ad libitum* (Tabela 1). O programa alimentar foi definido pelo peso do animal: C1 (24 a 50 kg), C2 (50 a 70 kg), T1 (70 a 100) e T2 (100 a 140).

Os suínos foram imunocastrados de acordo com o protocolo de vacinação sugerido pelo fabricante do agente imunizante. A primeira e a segunda dose de Vivax<sup>®</sup> foram aplicadas (2 mL, subcutâneo) na 16<sup>a</sup> e na 23<sup>a</sup> semana de idade, respectivamente. Os suínos médios e pesados foram abatidos com 25 semanas, e os suínos leves foram abatidos com 27 semanas de idade.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, sendo o peso ao nascer considerado o fator de bloqueamento. Foram analisados três grupos: suínos leves, médios e pesados, sendo o animal considerado a unidade experimental.

### ***Análises in vivo***

Aos 88, 125 e 174 dias de vida, foram realizadas medidas ultrassônicas utilizando um conjunto de equipamento constituído de: ALOKA SSD 500, uma probe de 1,5 cm e 3,5 Hz, uma guia acústica ou *standoff*, para medida transversal e um *software* AUSKey-4 *System for Windows* 5.0. A primeira medida foi coletada transversalmente entre a 10<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> costela, por meio uma guia acústica de polivinil, enquanto a segunda medida foi realizada com uma guia acústica reta, na área entre a 10<sup>a</sup> e a última costela, 5 cm abaixo da linha média do suíno. A terceira medida foi realizada com a guia acústica reta no músculo gluteus medius (Dutra Jr. et al., 2001). Onde foram determinados a área de olho de lombo (AOL<sub>ut</sub>) e profundidade do músculo longissimus dorsi (PML<sub>ut</sub>), espessura de tocinho (ET<sub>ut</sub>), espessura de gordura do músculo (EGG<sub>ut</sub>) e profundidade do músculo gluteos medius (PMG<sub>ut</sub>).

### ***Análises Pós-abate***

Os dados referentes às características de carcaça e qualidade de carne pós-abate foram estimados na meia carcaça esquerda, conforme descrição na literatura (Bridi and Silva, 2007). Os dados coletados foram: peso de abate (PV<sub>abate</sub>), peso de carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), rendimento de carcaça [ $\%CC = (PCQ/PV_{abate}) * 100$ ], peso da meia carcaça quente esquerda (PCQE), peso da meia carcaça fria esquerda (PCFE), perda na carcaça resfriada [ $PCR = 100 - (PCF/PCQ) * 100$ ], comprimento de carcaça (CC), pH dos 45 min (pH45) e 24h (pH24) no músculo semimembranosus, espessura média de gordura subcutânea (EGS), espessura de tocinho P10 (ET), área da gordura (AG), área de olho de lombo (AOL) e profundidade do músculo longissimus dorsi (PML), relação carne/gordura da carcaça [ $C/G =$

AOL/AG], rendimento de carne na carcaça resfriada [ $RCC = 65,92 - ((0,685*ET)+(0,094*PML) - (0,026*PCF))$ ], quantidade de carne na carcaça resfriada [ $QCC = 7,38 - (0,48*ET) + (0,059*PML) + (0,525*PCQ)$ ], capacidade de retenção de água (CRA), perda por cocção [ $PC = ((\text{peso da amostra descongelada} - \text{peso da amostra assada}) * 100) / \text{peso da amostra descongelada}$ ], força de cisalhamento (FC) e firmeza (FI)

A determinação do peso e rendimento dos principais cortes comerciais, as meias carcaças esquerdas foram seccionadas nos seus cortes primários: paleta, pernil, carré e costela mais barriga. Cada corte foi pesado individualmente para determinar o rendimento dos cortes por meio da equação [ $Y, \% = (\text{Peso do corte} * 100) / \text{PCFE}$  (peso de carcaça fria esquerda)].

### *Análise Estatísticas*

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância usando o procedimento GLM com nível de significância de 5%. Os efeitos que foram incluídos no modelo analítico são as categorias de peso ao nascer (tratamentos) e as repetições. No caso de um P significativo, as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab®.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Análises in vivo*

Na Tabela 2, estão apresentados os dados de peso vivo (PV), ganho médio de peso diário (GPD), medidas de ultrassom da área de olho de lombo ( $AOL_{ut}$ ), espessura de tocinho ( $ET_{ut}$ ), profundidade do músculo longissimus dorsi ( $PML_{ut}$ ), espessura de gordura do músculo ( $EGG_{ut}$ ) e profundidade do músculo gluteus medius ( $PMG_{ut}$ ) de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP) aos 88, 125 e 172 dias de idade.

Por meio da análise do GPD das três categorias de peso, podemos observar que, dos 88 aos 125 dias, os SL apresentaram menor crescimento que os suínos SM e SP. O menor crescimento dos SL foi responsável pelo seu menor PV aos 88, 125 e 172 dias de idade, bem como pelo seu maior tempo de alojamento (14 dias a mais) para atingir o mesmo peso vivo médio de abate (137 kg) das demais categorias. Esse comportamento é bem descrito e enfatizado na literatura atual (Gondret et al., 2006; Beaulieu et al., 2010; Madsen and Bee, 2015).

Diversos estudos relatam o efeito do peso ao nascer sobre o aumento do tempo de alojamento, a redução na taxa de crescimento (GPD) e o menor PV ao longo da vida dos animais (Rehfeldt et al., 2008; Fix et al., 2010; Douglas et al., 2013). O peso pode influenciar a composição corporal e na qualidade de carcaça (Gondret et al., 2006; Rehfeldt et al., 2008; Fix et al., 2010).

Dos 88 aos 174 dias, os SM e SP apresentaram maior  $AOL_{ut}$  que os SL, porém não diferiram entre si. Os SP também apresentaram maior  $ET_{ut}$  que os SL, mas não diferiram dos SM. Esses dados estão de acordo com a literatura (Gondret et al., 2006; Rehfeldt and Kuhn, 2006; Rehfeldt et al., 2008).

Aos 88 dias de idade, os SL apresentaram a menor ( $P<0,05$ )  $PML_{ut}$  em relação aos SP, já os SM não diferiram dos suínos das demais categorias. Aos 125 dias, os SL apresentaram menor  $PML_{ut}$  que os pesados, mas não diferiram dos SM.

Nas imagens de ultrassom aos 174 dias, todas as categorias de peso ao nascer apresentaram diferenças significativas entre si para  $PML_{ut}$ , sendo que, na ordem, os SP apresentaram maior valor de  $PML_{ut}$  que os SM, os quais, por sua vez, foram maiores que os SL. Esse resultado difere do encontrado por Alvarenga et al. (2013), que não encontraram diferença na  $PML_{ut}$  entre SL e SP.

O PV exerce grande influência sobre as medidas de AOL, ET e PML dos animais (Dutra Jr. et al., 2001; Rauw et al., 2006; Latorre et al., 2008). O menor PV apresentado pelos SL explica as suas menores medidas de AOL<sub>ut</sub>, ET<sub>ut</sub> e PML<sub>ut</sub> em relação aos SM e SP.

Nos dias 88 e 125, as medidas ultrassônicas dos SL para EGG<sub>ut</sub> foram menores que as dos SP. Já os SM não diferiram das demais categorias de peso ao nascer. No entanto, aos 174 dias de vida, não houve diferença significativa para EGG<sub>ut</sub> entre as três categorias.

Os SL apresentaram menores valores de PMG<sub>ut</sub> em todas as imagens de ultrassom realizadas ao longo do experimento, em relação aos SP. Aos 88 e 174 dias, os SM não diferiram das demais categorias de peso ao nascer, mas, aos 125 dias, eles apresentaram maior valor de PMG<sub>ut</sub> que os SL e não diferiram dos SP.

### ***Análises Pós-abate***

Na Tabela 3, são apresentados os dados de abate de peso de carcaça quente (PCQ) e fria (PCF), rendimento de carcaça (%CC), peso da meia carcaça quente esquerda (PCQE), peso da meia carcaça fria esquerda (PCFE), perda na carcaça resfriada (PCR), comprimento de carcaça (CC), pH dos 45 min (pH45) e 24h (pH24), espessura média de gordura subcutânea (EGS), espessura de tocinho P10 (ET), área da gordura (AG), área de olho de lombo (AOL), profundidade do músculo longissimus dorsi (PML), relação carne/gordura da carcaça (C/G), rendimento de carne na carcaça resfriada (RCC), quantidade de carne na carcaça resfriada (QCC), capacidade de retenção de água (CRA), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC) e firmeza (FI) dos SL, SM e SP. Não houve diferença significativa para os parâmetros PCQ, PCF, PCQE, PCFE, CC, pH45, pH24, EGS, ET, RCC, %CC e CRA dos SL, SM e SP.

Alguns autores também não encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) entre SL e SP para CC, ET, PCR, pH45, pH24, CRA (Alvarenga et al., 2013; Madsen and Bee, 2015), %CC

(Alvarenga et al., 2013), EGS (Gondret et al., 2006), PCQ, PCF, PCQE, PCFE (Gondret et al., 2006; Madsen and Bee, 2015), visto que esses animais foram abatidos com o mesmo peso vivo.

Apesar do mesmo PV de abate obtido em função do maior tempo de alojamento os SL apresentaram menores valores de AOL, PML e da relação C/G, quando comparados aos SM e SP. Isso pode ser explicado pelo fato de os SL possuírem menor número e diâmetro de fibras musculares, consequência da má nutrição fetal, o que compromete o seu desenvolvimento muscular pós-natal (Gondret et al., 2006; Rehfeldt and Kuhn, 2006; Wang et al., 2017).

O peso ao nascer também traz consequências para os aspectos de qualidade de carne (Gondret et al., 2005). Os leitões nascidos leves apresentaram menores valores de PCR, PC, FC e FI, bem como maior CRA, o que indica melhor qualidade de carne.

Na Tabela 4, são apresentados os pesos e os rendimentos dos principais cortes comerciais da meia carcaça esquerda de suínos leves, médios e pesados. Não houve diferença significativa para peso de paleta entre as três categorias de peso ao nascer. Gondret et al. (2006), Bérard et al. (2008) também não encontraram diferença ( $P < 0,05$ ) para peso de paleta entre suínos leves, médios e pesados.

Os suínos leves apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) peso de pernil (kgPE), bem como maiores ( $P < 0,05$ ) rendimentos de pernil (%PE) e paleta (%PA), em comparação aos suínos médios e pesados, que, por sua vez, não diferiram entre si. Esse resultado não está de acordo com a literatura, em que geralmente os autores observam maiores valores de kgPe, %PA e %Pe em suínos considerados pesados ao nascimento (Alvarenga et al., 2013; Madsen and Bee, 2015). Porém, o PE e a PA são cortes de crescimento tardio, com coeficientes alométricos (b) de 1,047 e 1,018, respectivamente (Landgraf et al., 2006). Como os suínos

leves foram abatidos com idade mais elevada (Tabela 3), os seus pernis animais tiveram mais tempo para crescer, justificando os melhores resultados apresentados.

Apesar de os suínos leves terem apresentado maiores valores de kgPE, %PA e %PE, o mesmo resultado não foi observado para os demais cortes. Os suínos leves apresentaram menores ( $P<0,05$ ) peso de carré, peso e rendimento de barriga mais costela (BC) que os suínos médios e pesados. Além disso, obtiveram menor ( $P<0,05$ ) rendimento de carré que suínos pesados. Gondret et al. (2006), Alvarenga et al. (2013) e Madsen and Bee (2015) também observaram menores peso e rendimento de carré e BC nos suínos leves, em relação aos médios e pesados.

Os resultados do presente estudo nos revelam que os suínos leves não apresentam resultados satisfatórios para as características de carcaça e o rendimento dos principais cortes comerciais. Contudo, esses animais demonstram uma qualidade superior de carne na carcaça, permitindo-nos especular sobre qual o melhor mercado para este produto. A carne dos suínos leves, que possui menor rendimento e qualidade superior, seria destinada para consumo *in natura*. Já a carne dos suínos pesados e médios, que possui maior rendimento e qualidade inferior, seria destinada para a fabricação de embutidos.

Em conclusão, o peso ao nascer exerce influência sobre a evolução das medidas ultrassônicas (*in vivo*), assim como afeta as características de carcaça e o rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação. Os suínos leves apresentam carne de melhor qualidade, mas, ao mesmo tempo, apresentam menor rendimento dos principais cortes comerciais e maior idade de abate, o que aumenta os custos de produção, indicando que a carne dos suínos leves deve ser dirigida para um nicho de mercado específico.



## LITERATURA CITADA

- Alvarenga, A. L. N., H. Chiarini-Garcia, P. C. Cardeal, L. P. Moreira, G. R. Foxcroft, D. O. Fontes, and F. R. Almeida. 2013. Intra-uterine growth retardation affects birthweight and postnatal development in pigs, impairing muscle accretion, duodenal mucosa morphology and carcass traits. *Reprod. Fertil. Dev.* 25:387-395.  
doi:10.1071/RD12021.
- Ayuso, D., A. González, F. Hernández, F. Peña, and M. Izquierdo. 2014. Effect of sex and final fattening on ultrasound and carcass traits in Iberian pigs. *Meat Sci.* 96:562-567.  
doi:10.1016/j.meatsci.2013.08.018.
- Beaulieu, A. D., J. L. Aalhus, N. H. Williams, and J. F. Patience. 2010. Impact of piglet birth weight, birth order, and litter size on subsequent growth performance, carcass quality, muscle composition, and eating quality of pork. *J. Anim. Sc.* 88:2767-2778.  
doi:10.2527/jas.2009-2222.
- Bee, G. 2004 Effect of early gestation feeding, birth weight, and gender of progeny on muscle fiber characteristics of pigs at slaughter. *J. Anim. Sci.* 82:826-836.  
doi:10.2527/2004.823826x.
- Bérard, J., M. Kreuzer, and G. Bee. 2008. Effect of litter size and birth weight on growth, carcass and pork quality, and their relationship to postmortem proteolysis. *J. Anim. Sc.* 86:2357-2368. doi:10.2527/jas.2008-0893.
- Bridi, A. M. and C. A. Silva. 2007. Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína. Midiograf, Londrina, PR.
- Deen, J., S. Dritz, L. E. Watkinse, and W. C. Weldon. 1998. Analysis of variation in growth. *AASP.* 325-326.

Douglas, S. L. S. A. Edwards, E. Sutcliffe, P. W. Knap, and I. Kyriazakis. 2013.

Identification of risk factors associated with poor lifetime growth performance in pigs.

J. Anim. Sci. 91:4123-4132. doi:10.2527/jas.2012-5915

Dutra JR., W. M., A. S. Ferreira, J. U. Tarouco, J. L. Donzele, R. F. Euclides, L. F. T.

Albino, L. L. Cardoso, and S. P. Fernandes. 2001. Predição de características quantitativas de carcaças de suínos pela técnica de ultra-sonografia em tempo real.

Rev. Bras. Zootec. 30:1251-1257. doi:10.1590/S1516-35982001000500018.

Fix, J. S., W. O. Herring, J. W. Holl, M. S. Culbertson, and M. T. See. 2010. Effect of piglet

birth weight on body weight, growth, backfat, and longissimus muscle area of

commercial market swine. Livest. Sci. 127:51-59. doi:10.1016/j.livsci.2009.08.007.

Gondret, F. L. Lefaucheur, H. Juin, I. Louveau, and B. Lebret. 2006. Low birth weight is

associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the

longissimus muscle in pigs. J. Anim. Sci. 84:93-103. doi:10.2527/2006.84193x.

Gondret, F., L. Lefaucheur, I. Louveau, B. Lebret, X. Pichodo, Y. and Le Cozler. 2005.

Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic

capacity, and muscle histological traits at market weight. Livest. Sci. 93:137-146. doi:

10.1016/j.livprodsci.2004.09.009.

Landgraf, S., A. Susenbeth, P. W. Knap, and H. Looft. 2006. Developments of carcass cuts,

organs, body tissues and chemical body composition during growth of pigs. Anim.

Sci. 82:889-899. doi:10.1017/ASC2006097.

Latorre, M. A., E. García-Belenguer., L. Ariño. 2008. The effects of sex and slaughter weight

on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from

Teruel (Spain). J. Anim. Sci. 86:1933-1942. doi: 10.2527/jas.2007-0764.

- Madsen, J. G. and G. Bee. 2015. Compensatory growth feeding strategy does not overcome negative effects on growth and carcass composition of low birth weight pigs. *Animal*. 9:427-436. doi: 10.1017/S1751731114002663.
- NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. Nat. Research Press, Washington, DC.
- Paredes, S. P., A. J. M. Jansman, M.W. A Verstegen, L. A. Den Hartog, H. M. Van Hees, J. E. Bolhuis, T. A. T. G. Van Kempen, and W. J. J. Gerrits. 2014. Identifying the limitations for growth in low performing piglets from birth until 10 weeks of age. *Animal*: 8:923-930. doi:10.1017/S175173111400069x.
- Quiniou, N., J. Dagorn, and D. Gaudré 2002. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. *Livest. Sci.* 78:63-70. doi:10.1016/S0301-6226(02)00181-1.
- Rauw, W. M., J. Soler, J. Tibau, J. Reixach, and L. Gomez Raya. 2006. Feeding time and feeding rate and its relationship with feed intake, feed efficiency, growth rate, and rate of fat deposition in growing Duroc barrows. *J. Anim. Sci.* 84:3404-3409. doi:10.2527/jas.2006-209.
- Rehfeldt, C. and G. Kuhn. 2006. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. *J. Anim. Sci.* 84:113-123. doi:10.2527/2006.8413\_supplE113x.
- Rehfeldt, C., A. Tuchscherer, M. Hartung, and G. Kuhn. 2008. A second look at the influence of birth weight on carcass and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 78:170-175. doi:10.1016/j.meatsci.2007.05.029.

Silva, S. R., M. J. Gomes, A. Dias-da-Silva, L. F. Gil, and J. M. T. Azevedo. 2005.

Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *J. Anim. Sci.* 83:350-357. doi:10.2527/2005.832350x.

Škorjanc, D., M. Čandek-Potokar, and M. Brus 2007. Effect of birth weight and sex on pre-weaning growth rate of piglets. *Archiv Tierzucht.* 5:476-486. doi:10.5194/aab-50-476-2007.

Wang, J., C. Feng, T. Liu, M. Shi, G. Wu, and F. W. Bazer. 2017. Physiological alterations associated with intrauterine growth restriction in fetal pigs: causes and insights for nutritional optimization. *Mol. Reprod. Dev.* 1:1-8, 2017. doi: 10.1002/mrd.22842.

**Tabela 1.** Composição centesimal e calculada das dietas dos suínos em fase de crescimento e terminação.

Ingredientes, %	Dietas			
	C1	C2	T1	T2
Milho	30,00	30,00	45,35	48,34
Gérmen de milho 10%	-	-	14,29	-
Farinheta de trigo	-	-	9,99	-
Quirera de arroz	24,76	26,22	-	-
Farelo de trigo	7,72	9,68	2,90	-
Farelo de arroz 15%	15,00	15	15,00	30,00
Arroz com casca	-	-	-	2,47
Soja 46%	16,81	14,01	7,74	11,47
Farinha de carne 55%	2,58	2,55	2,32	-
Farinha de carne 52,5%	-	-	-	5,62
Calcário calcítico 30,8%	1,25	1,14	1,17	1,28
Sal	0,30	0,27	0,26	0,31
Betaína 95%	0,04	0,04	0,02	-
DL-metionina 99%	0,08	0,07	0,04	-
L-lisina 99%	0,49	0,46	0,39	0,17
L-treonina 98%	0,16	0,05	0,10	0,04
L-triptofano 98%	0,001	0,002	0,01	-
Propionato de cálcio 98%	0,10	0,10	0,10	-
Etoxiquin 66%	0,01	0,01	0,01	0,01
Adsorvente	0,20	0,20	0,20	-

Sulfato de cobre 35%	0,04	0,04	-	-
Cloreto de colina 60%	0,04	0,03	0,03	-
Bacitracina de zinco 15%	0,03	0,03	-	0,04
Fitase	0,01	0,01	0,01	-
Caulim	-	-	-	0,14
Premix vitamínico	0,03	0,03	0,02	0,03
Premix de sulfato de ferro 1,4%	0,30	-	-	-
Premix mineral 0,05%	0,05	0,05	0,04	0,05
Composição nutricional				
Energia metabolizável, kcal kg <sup>-1</sup>	3250	3250	3250	3100
Proteína bruta, %	17,13	16,14	14,08	16,00
Cálcio, %	0,74	0,70	0,67	1
Fósforo, %	0,64	0,64	0,67	0,92
Ca:P, %	1,85	1,75	1000	-
Lisina, %	1,21	1,12	0,93	0,90
Metionina, %	0,40	0,37	0,30	0,26
Mestionina + Cistina, %	0,70	0,66	0,55	0,54
Treonina, %	0,77	0,63	0,60	0,62
Triptofano, %	0,21	0,20	0,16	0,17

C1 = crescimento 1 (24 a 50 kg), C2 = crescimento 2 (50 a 70 kg), T1 = terminação 1 (70 a 100); T2 = terminação 2 (100 a 140).

**Tabela 2.** Dados de peso vivo (PV), ganho de peso diário (GPD) e medidas de ultrassom da área de olho de lombo (AOL<sub>ut</sub>), espessura de toicinho (ET<sub>ut</sub>), profundidade do músculo longissimus dorsi (PML<sub>ut</sub>), espessura de gordura do músculo (EGG<sub>ut</sub>) e profundidade do músculo gluteos medius (PMG<sub>ut</sub>) de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP).

Medidas	Categoria de peso ao nascer				
	SL	SM	SP	EP	P
	28 dias de idade (desmame)				
PV, kg	4,860 <sup>c</sup>	6,402 <sup>b</sup>	7,617 <sup>c</sup>	0,000	0,217
88 dias de idade					
PV, kg	36,999 <sup>b</sup>	44,574 <sup>a</sup>	47,131 <sup>a</sup>	0,454	0,000
GPD, kg	0,714 <sup>b</sup>	0,781 <sup>ab</sup>	0,816 <sup>a</sup>	0,0138	0,004
AOL <sub>ut</sub> , cm <sup>2</sup>	16,417 <sup>b</sup>	18,883 <sup>a</sup>	20,408 <sup>a</sup>	0,287	0,000
ET <sub>ut</sub> , mm	3,204 <sup>b</sup>	3,650 <sup>ab</sup>	3,967 <sup>a</sup>	0,114	0,011
PML <sub>ut</sub> , mm	30,789 <sup>b</sup>	32,313 <sup>ab</sup>	33,833 <sup>a</sup>	0,435	0,007
EGG <sub>ut</sub> , mm	3,400 <sup>b</sup>	3,983 <sup>ab</sup>	4,104 <sup>a</sup>	0,126	0,030
PMG <sub>ut</sub> , mm	36,504 <sup>b</sup>	39,408 <sup>ab</sup>	39,461 <sup>a</sup>	0,526	0,022
125 dias de idade					
PV, kg	71,381 <sup>b</sup>	83,187 <sup>a</sup>	85,713 <sup>a</sup>	0,844	0,000
GPD, kg	0,929 <sup>b</sup>	1,044 <sup>a</sup>	1,043 <sup>a</sup>	0,0132	0,000
AOL <sub>ut</sub> , cm <sup>2</sup>	32,430 <sup>b</sup>	37,317 <sup>a</sup>	36,879 <sup>a</sup>	0,802	0,000
ET <sub>ut</sub> , mm	5,930 <sup>b</sup>	6,892 <sup>ab</sup>	7,754 <sup>a</sup>	0,252	0,005
PML <sub>ut</sub> , mm	44,717 <sup>b</sup>	44,175 <sup>b</sup>	48,294 <sup>a</sup>	0,484	0,000
EGG <sub>ut</sub> , mm	6,304 <sup>b</sup>	7,892 <sup>ab</sup>	8,138 <sup>a</sup>	0,273	0,007

PMG <sub>ut</sub> , mm	52,513 <sup>b</sup>	55,825 <sup>a</sup>	55,292 <sup>a</sup>	0,711	0,109
174 dias de idade					
PV, kg	121,804 <sup>b</sup>	135,733 <sup>a</sup>	136,180 <sup>a</sup>	1,39	0,000
GPD, kg	1,082	1,100	1,055	0,0173	0,557
AOL <sub>ut</sub> , cm <sup>2</sup>	50,027 <sup>b</sup>	61,192 <sup>a</sup>	57,284 <sup>a</sup>	0,818	0,000
ET <sub>ut</sub> , mm	15,466 <sup>b</sup>	19,598 <sup>ab</sup>	19,789 <sup>a</sup>	0,664	0,007
PML <sub>ut</sub> , mm	62,286 <sup>c</sup>	73,256 <sup>a</sup>	68,595 <sup>b</sup>	0,711	0,000
EGG <sub>ut</sub> , mm	10,909	12,100	12,204	0,455	0,376
PMG <sub>ut</sub> , mm	67,604 <sup>b</sup>	71,367 <sup>ab</sup>	71,770 <sup>a</sup>	0,782	0,037

<sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

P = probabilidade, EP = erro padrão.



**Tabela 3.** Características de carcaça e qualidade de carne de suínos leves (SL), médios (SM) e pesados (SP).

Parâmetros	Categoria de peso ao nascer				
	SL	SM	SP	EP	P
	Características de carcaça				
Idade de abate, dias	188	174	174	-	
PV de abate, kg	139,7	137,1	137,4	0,22	0,093
PCQ, kg	94,778	94,778	95,049	1,09	0,973
PCF, kg	93,171	93,330	92,909	1,08	0,987
%CC, %	69,576	69,516	69,649	0,271	0,194
PCQE, kg	47,474	47,423	47,237	0,537	0,977
PCFE, kg	46,670	46,370	46,167	0,527	0,904
PCR, %	1,693 <sup>b</sup>	2,217 <sup>a</sup>	2,270 <sup>a</sup>	0,038	0,000
CC, cm	101,130	101,500	102,500	0,542	0,484
pH45	6,632	6,429	6,454	0,033	0,121
pH24	5,559	5,540	5,581	0,019	0,676
EGS, mm	28,023	27,358	26,268	0,589	0,378
ET, mm	20,341	20,535	20,318	0,733	0,993
AG, cm <sup>2</sup>	26,030 <sup>a</sup>	22,456 <sup>b</sup>	22,276 <sup>b</sup>	0,674	0,025
AOL, cm <sup>2</sup>	54,107 <sup>b</sup>	61,618 <sup>a</sup>	57,877 <sup>a</sup>	0,837	0,004
PML, mm	67,828 <sup>b</sup>	74,093 <sup>a</sup>	72,844 <sup>a</sup>	0,786	0,011
C/G	2,178 <sup>b</sup>	2,843 <sup>a</sup>	2,713 <sup>a</sup>	0,085	0,004
RCC, %	57,128	57,585	57,433	0,529	0,937

Qualidade de carne					
CRA, %	15,768	14,072	14,009	0,888	0,607
PC, %	19,866 <sup>b</sup>	30,653 <sup>a</sup>	29,568 <sup>a</sup>	0,436	0,000
FC, N mm. Seg <sup>-1</sup>	8,064 <sup>b</sup>	11,072 <sup>a</sup>	11,805 <sup>a</sup>	0,318	0,000
FI, N mm <sup>-1</sup>	2,853 <sup>b</sup>	3,757 <sup>a</sup>	3,616 <sup>a</sup>	0,092	0,000
Tecido magro na carcaça (70 dias até o abate)					
QCC 70 dias, kg	8,015 <sup>b</sup>	10,549 <sup>a</sup>	11,313 <sup>a</sup>	0,143	0,000
QCC abate, kg	50,005	52,162	51,101	0,551	0,313
GCM, g d <sup>-1</sup>	352,854 <sup>b</sup>	396,316 <sup>a</sup>	378,932 <sup>a</sup>	4,63	0,002
DPCV, g d <sup>-1</sup>	138,374 <sup>b</sup>	155,418 <sup>a</sup>	148,601 <sup>a</sup>	1,81	0,002

<sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

P = probabilidade, EP = erro padrão, PV = peso vivo, PCQ = Peso de carcaça quente, PCF = peso de carcaça fria, %CC = rendimento de carcaça, PCQE = peso da meia carcaça quente esquerda, PCFE = peso da meia carcaça fria esquerda, PCR = perda na carcaça resfriada, CC = comprimento de carcaça, pH45 = pH dos 45 min, pH24 = pH das 24 h, EGS = espessura média de gordura subcutânea, ET = espessura de tocinho P10, AG = área da gordura, AOL = área de olho de lombo, PML = profundidade do músculo longissimus dorsi, C/G = relação carne/gordura da carcaça, RCC = rendimento de carne na carcaça resfriada, QCC = quantidade de carne na carcaça resfriada, CRA = capacidade de retenção de água, PC = perda por cocção, FC = força de cisalhamento, FI = Firmeza, GCM = ganho de carne magra e DPCV = deposição de proteína no corpo vazio.

**Tabela 4.** Pesos e rendimentos dos principais cortes comerciais da meia carcaça esquerda de suínos leves, médios e pesados.

Parâmetros	Categoria de peso ao nascer			EP	P
	Leves	Médios	Pesados		
	Peso dos principais cortes comerciais				
Paleta, kg	10,161	9,994	10,102	1,47	0,565
Pernil, kg	16,838 <sup>a</sup>	15,404 <sup>b</sup>	16,033 <sup>b</sup>	1,94	0,000
Carré, kg	9,742 <sup>b</sup>	10,520 <sup>a</sup>	10,510 <sup>a</sup>	2,05	0,002
Barriga + costelas, kg	9,638 <sup>b</sup>	10,573 <sup>a</sup>	10,512 <sup>a</sup>	1,54	0,000
Rendimento dos principais cortes comerciais					
Paleta, %	22,022 <sup>a</sup>	20,906 <sup>b</sup>	21,128 <sup>b</sup>	2,28	0,000
Pernil, %	35,804 <sup>a</sup>	33,342 <sup>b</sup>	33,820 <sup>b</sup>	2,81	0,000
Carré, %	21,315 <sup>b</sup>	22,418 <sup>a</sup>	21,580 <sup>ab</sup>	3,27	0,006
Barriga + costelas, %	20,653 <sup>b</sup>	22,519 <sup>a</sup>	22,335 <sup>a</sup>	3,69	0,000

<sup>a-c</sup>Médias seguidas de letras distintas, nas linhas, diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

P = probabilidade e EP = erro padrão.

## **CAPÍTULO V**

#### 4. Considerações finais

Este trabalho se propôs, como objetivo geral, avaliar o efeito do peso ao nascer sobre os parâmetros da curva de crescimento e sobre a deposição e a alometria dos componentes corporais (água, proteína, lipídeo e cinza), bem como a determinar a dinâmica do comportamento ingestivo, as características de carcaça e o rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação. A parametrização dessas curvas e a determinação da dinâmica do comportamento ingestivo de diferentes genéticas vêm sendo estudadas por muitos pesquisadores renomados, como C. Whittemore, G. C. Emmans, I. Kyriazakis, N. S. Ferguson, R. N Gous e Y. Hyun, mas nenhum desses pesquisadores avaliaram esses mesmos parâmetros considerando o efeito do peso ao nascer em uma mesma genética.

Os principais resultados observados no presente estudo foram que o peso ao nascer exerce influência sobre o crescimento, o desempenho e o comportamento ingestivo de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação. Os suínos leves apresentaram menor taxa de crescimento e consumo de alimento que os suínos pesados e médios bem como atingiram sua taxa máxima de crescimento e consumo em idade mais tardia.

O peso ao nascer exerce influência sobre a deposição de proteína e lipídeo, mas não afeta a deposição dos demais componentes corporais (água e cinza). A alometria desses componentes demonstrou que os suínos médios e pesados possuem maior aptidão para deposição proteína e menor aptidão para deposição de lipídeo corporal, em relação aos leves.

O baixo peso ao nascer prejudicou as características de carcaça e o rendimento dos principais cortes comerciais de suínos imunocastrados em fase de crescimento e terminação. Os suínos leves apresentaram carne de melhor qualidade, porém, ao mesmo tempo, menor rendimento dos principais cortes comerciais e maior idade de abate, aumentando os custos de produção e demonstrando que a carne dos suínos leves deve ser dirigida para um nicho de mercado específico, formado por consumidores que valorizam atributos intrínsecos da carne desses animais.

Apesar dos resultados promissores apresentados no presente estudo, ainda são necessárias novas investigações a respeito do efeito do número de fibras musculares sobre as curvas de crescimento e deposição dos principais componentes corporais. Além disso, é importante que seja realizada uma análise mais detalhada da cinética do consumo diário de ração dos suínos, visando buscar novas estratégias de manejo alimentar para otimizar o consumo de ração e aumentar a deposição de carne magra, de acordo com o peso ao nascer dos animais.

A indústria poderá se beneficiar deste estudo, pois, como as curvas de crescimento e consumo dos suínos leves são diferentes das curvas dos médios e pesados, considera-se que a criação dos primeiros, em grupos separados, represente uma oportunidade, tanto para a economia de nutrientes, quanto para a homogeneidade do peso de abate, otimização do uso das instalações e redução do passivo ambiental. Assim, o alojamento de animais

em um sistema paralelo, de acordo com seu peso ao nascimento, poderia ser vantajoso sob vários aspectos.

Por meio do estudo das curvas de crescimento corporal de cada animal, é possível a adoção de práticas de manejo que otimizem a produção de carne, priorizando as necessidades nutricionais de cada fase de crescimento. As curvas também podem ser utilizadas para prever a idade ótima ao abate, em função da taxa máxima de crescimento. Assim, a parametrização das curvas de crescimento e deposição dos componentes corporais, de acordo com o peso ao nascer, também pode contribuir para a elaboração de modelos matemáticos capazes de definir estratégias alimentares visando maximizar a produção de carne magra e reduzir os custos de produção, com base na realidade local.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. R. C. L. Influência da nutrição da fêmea sobre a qualidade do leitão ao nascer. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 37, supl. 1, p. 31-33, 2009.
- ALMEIDA, M. et al. Effect of birth weight and litter size on the performance of landrace gilts until puberty. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2014.
- ANDRETTA, I. et al. Feeding behavior of growing–finishing pigs reared under precision feeding strategies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, n. 7, p. 3042-3050, 2016.
- BOLHUIS, J. M. et al. Individual coping characteristics, aggressiveness and fighting strategies in pigs. **Animal Behaviour**, London, v. 69, n. 5, p. 1085-1091, 2005.
- BRUININX, E. M. A. M. et al. Individually measured feed intake characteristics and growth performance of group-housed weanling pigs: effects of sex, initial body weight, and body weight distribution within groups. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 2, p. 301-308, 2001.
- CAMPOS, P. H. R. F. et al. Thermoregulatory responses during thermal acclimation in pigs divergently selected for residual feed intake. **International Journal of Biometeorology**, Amsterdam, v. 58, n. 7, p. 1545-1557, 2014.
- CARNEIRO, P. L. S. et al. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambрина, criados na caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 536-545, 2009.
- CASAS, G. A. et al. Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, Medellín, v. 23, n. 3, p. 349-358, 2010.
- DAVIS, S. M.; SQUIRES, E. J. Association of cytochrome b5 with 16-androstene steroid synthesis in the testis and accumulation in the fat of male pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 5, p. 1230-1235, 1999.

DE GRAU, A.F.; DEWEY, C.E.; FRIENDSHIP, R.M. Effect of pig management on weight in grower-finisher pigs. In: AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE VETERINARIANS ANNUAL MEETINGS, 32., 2001, Nashville. **Proceedings ...** Nashville: AASV, 2001. p. 521-526.

DEEN, J. et al. Analysis of variation in growth. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE PRACTITIONERS, 29., 1998, Des Moines. **Proceedings ...** Des Moines: AASP, 1998. p. 325-326.

DEEN, J.; ROBERTS, J. How to optimize grow-finish flow for maximum output and minimum variation. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF SWINE PRACTITIONERS, 26., 1995, Omaha, NE. **Proceedings ....** Omaha, NE: AASP, 1995. p. 311-317.

DOURMAD, J. Y. et al. A model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 143, n. 1-4, p. 372-386, 2008.

DUTRA JR., W. M. et al. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e de tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1243-1250, 2001a.

DUTRA JR., W. M. et al. Predição de características quantitativas de carcaças de suínos pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1251-1257, 2001b.

DWYER, C. M.; STICKLAND, N. C. The influence of maternal nutrition on muscle fibre number development in the porcine foetus and on subsequent postnatal growth. **Animal Science**, Cambridge, v. 72, n. 4, p. 911-917, 1994.

EMMANS, G. C. Problems in modelling the growth of poultry. **World's Poultry Science Journal**, London, v. 51, n. 1, p. 77-89, 1995.

FERGUSON, N. S.; KYRIAZIS, S. T. Evaluation of the growth parameters of six commercial crossbred pig genotypes 2: under ideal temperature conditions in chambers. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v. 33, n. 1, p. 21-26, 2003.



FERREIRA, A. H. et al. **Produção de suínos: teoria e prática**. Brasília: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. 908 p.

FIALHO, B. F. **Interpretação da curva de crescimento Gompertz**. Concórdia: Embrapa, 1999. p. 1-4. (Comunicado Técnico, 237).

FITZHUGH JR, H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, 1976.

FOXCROFT, G. R. et al. The biological basis for prenatal programming of postnatal performance in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84 supl., p. E105–E112, 2006.

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

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

GONDRET, F. et al. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity, and muscle histological traits at market weight. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 93, n. 2, p. 137-146, 2005.

GONDRET, F. et al. Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 93-103, 2006.

GOUS, R. M. et al. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, p. 812-821, 1999.

HARLOW, H. B.; IVEY, F. J. Accuracy, precision, and commercial benefits of growth modelling for broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Champaign, v. 3, p. 391-402, 1994.

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, p. 2255-2263, 2012.

HAUSCHILD, L. et al. 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, 2010.

HENN, J. D. et al. Growth and deposition of body components of intermediate and high performance broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 16, p. 319-328, 2014.

HEO, S. et al. Effects of dietary energy and lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous sows. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 88, n. 2, p. 247-255, 2008.

HUXLEY, J. S. Constant differential growth-ratios and their significance. **Nature**, London, v. 114, p. 895-896, 1924.

HYUN, Y. et al. Effects of feeder type, space allowance, and mixing on the growth performance and feed intake pattern of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 2771-2778, 1998.

HYUN, Y. et al. Feed intake pattern of group-housed growing-finishing pigs monitored using a computerized feed intake recording system. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1443-1451, 1997.

HYUN, Y.; ELLIS, M. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 568-574, 2002.

JOHNSON, R. W. Inhibition of growth by pro-inflammatory cytokines: an integrated view. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 1244-1255, 1997.

KANTAS, D. et al. Effects of early vaccination with a gonadotropin releasing factor analog-diphtheria toxoid conjugate on boar taint and growth performance of male pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, p. 2251-2258, 2014.

KLOAREG, M. et al. Estimation of whole body lipid mass in finishing pigs. **Animal Science**, Penicuik, v. 82, n. 2, p. 241-251, 2006.

KYRIAZAKIS, I.; WHITTEMORE, C. T. **Whittemore's science and practice of pig production**. 3. ed. Oxford: Blackwell, 2006. 704 p.

LANTHIER, F. et al. Characterizing developmental changes in plasma and tissue skatole concentrations in the prepubescent intact male pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 7, p. 1699-1708, 2006.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Sarvier, 2005. 1202 p.

LEWIS, A. J. Amino acids in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; LEE SOUTHERN, L. (Ed.). **Swine nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2003. p. 131-149.

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

MARCOTO, S. M. et al. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 1082-1091, 2010.

MASELYNE, J. et al. Review: quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs. **Physiology & Behavior**, Oxford, v. 138, p. 37-51, 2015.

NASCIMENTO, M. et al. Estimation of genetic parameters, genetic trends, and growth curve parameters of pigs selected for residual feed intake using quantile regression. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 95, p. 15-16, 2017.

NEME, R. et al. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1091-1100, 2006.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 11th ed. Washington: National Academic Press, 2012. 420 p.

NRC -NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 10th ed. Washington: National Academic Press, 1998. 189 p.

NYACHOTI, C. M. et al. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: a review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 549-566, 2004.

OLIVER, W. T. et al. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 8, p. 1959-1966, 2003.

PAREDES, S. P. et al. Identifying the limitations for growth in low performing piglets from birth until 10 weeks of age. **Animal**, Cambridge, v. 8, p. 923-930, 2014.

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. Computer simulation model of swine production systems: I. Modelling the growth of young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.1468-1488, 1991.

POMAR, C. et al. Effet d'une alimentation multiphase quotidienne sur les performances zootechniques, la composition corporelle et les rejets d'azote et de phosphore du porc charcutier. **Journées Recherche Porcine**, Paris, v. 39, p. 23-30, 2007.

POMAR, C. et al. Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.178-186, 2003.

QUINIQU, N. et al. Variation of piglets' birth weight and consequences on subsequent performance. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 78, p. 63-70, 2002.

QUINIQU, N. et al. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 63, n. 3, p. 245-253, 2000.

QUINOU, N. et al. Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100kg body weight. 2. Tissue gain. **Animal Science**, Penicuik, v. 63, p. 289-296, 1996.

REEDS, P. J. et al. Do the differences between the amino acid compositions of acute-phase and muscle proteins have a bearing on nitrogen loss in traumatic states? **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, n. 6, p. 906-910, 1994.

REHFELDT, C.; KUHN, G. Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 113-123, 2006.

RIDDER, K. et al. Immune system stimulation reduces the efficiency of tryptophan utilization for body protein deposition in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 3485-3491, 2012.

ROBINSON, J. J. et al. Nutritional effects on foetal growth. **Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 315-331, 1999.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011. 252 p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017. 488 p.

SABBIONI, A. et al. Effect of sex and season of birth on Gompertz growth curve parameters in “Nero di Parma” pigs. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 8, p. 719-726, 2009.

SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 678 p.

SANTOS, C. L. et al. Desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 487-492, 2001.

SCHIAVON, S. et al. Use of simple body measurements and allometry to predict the chemical growth and feed intake in pigs. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 6, p. 27-44, 2007.

SCHINCKEL, A. P. et al. Evaluation of different mixed model nonlinear functions to describe the body weight growth of pigs of different sire and dam lines. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 25, p. 307-324, 2009.

SCHULIN-ZEUTHEN, M. et al. A comparison of the Schumacher with other functions for describing growth in pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 143, p. 314-327, 2008.

SHIELDS, R. G. et al. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 51, n. 1, p. 43-54, 1983.

SINCLAIR, P. A. et al. Metabolism of the 16-androstene steroids in primary cultured porcine hepatocytes. **Journal Steroid Biochemistry Molecular Biology**, Oxford, v. 96, n. 1, p. 79-87, 2005.

SPURLOCK, M. E. Regulation of metabolism and growth during immune challenge: an overview of cytokine function. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 7, p. 1773-1783, 1997.

STRATHE, A. B. et al. A dynamic growth model for prediction of nutrient partitioning and manure production in growing–finishing pigs: model development and evaluation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 3, p. 1061-1073, 2015.

TEDESCHI, L. O. et al. Estudo da curva de crescimento de animais da raça guzerá e seus cruzamentos alimentados a pasto, com e sem suplementação. 1. análise e seleção das funções não-lineares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 630-637, 2000.

TORRALLARDONA, D.; ROURA, E. **Voluntary feed intake in pigs**. Wageningen: Academic Pub, 2009. 368 p.

TREVISI, P. et al. Healthy newly weaned pigs require more tryptophan to maximize feed intake if they are susceptible to Escherichia coli K88. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 134, n. 1-3, p. 236-238, 2010.

VINCEK, D. et al. Modeling of pig growth by S-function - least absolute deviation approach for parameter estimation. **Archiv Tierzucht**, Dummerstorf, v. 55, n. 4, p. 364-374, 2012.

WAGNER, J. R. et al. Analysis of body composition changes of swine during growth and development. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 6, p. 1442-1466, 1999.

WEILER, U. et al. Influence of sex and immunocastration on feed intake behavior, skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. **Animal**, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 300-308, 2013.

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.

WELLOCK, I. J. et al. Modelling the effects of thermal environment and dietary composition on pig performance: model logic and concepts. **Animal Science**, Cambridge, v. 77, n. 2, p. 255-266, 2003.

WHITTEMORE, C. T. et al. Protein growth in pigs. **Animal Science**, Cambridge, v. 46, n. 3, p. 437-445, 1988.

WHITTEMORE, C. T.; GREEN, D. M. The description of the rate of protein and lipid growth in pigs in relation to live weight. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, n. 4, p. 415-423, 2002.

WILLIAMS, N. H. et al. Effect of chronic immune system activation on body nitrogen retention, partial efficiency of lysine utilization, and lysine needs of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2472-2480, 1997.

ZHANG, R. F. et al. Effects of lysine intake during middle to late gestation (day 30 to 110) on reproductive performance, colostrum composition, blood metabolites and hormones of multiparous sows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 24, p. 1142-1147, 2011.

ZUIDHOF, M. J. Mathematical characterization of broiler carcass yield dynamics. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 7, p. 1108-1122, 2005.