

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 05/08/2019.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**LINHAS GENÉTICAS E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO
COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE SUÍNOS
EM PAÍSES DE CLIMA TROPICAL**

**Luan Sousa dos Santos
Zootecnista**

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**LINHAS GENÉTICAS E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO
COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE SUÍNOS
EM PAÍSES DE CLIMA TROPICAL**

Discente: Luan Sousa dos Santos

Orientador: Dr. Luciano Hauschild

Coorientador: Dr. Candido Pomar

Coorientador: Dr. Paulo Henrique R. F. Campos

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia.**

2018

S2371 Santos, Luan Sousa dos
Linhas genéticas e sistema de alimentação de precisão como alternativa sustentável para produção de suínos em países de clima tropical / Luan Sousa dos Santos. -- Jaboticabal, 2019
xiv, 105 p.: il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Luciano Hauschild

Coorientador: Candido Pomar

Coorientador: Paulo Henrique Reis Furtado Campos

Banca examinadora: Urbano dos Santos Ruiz, Cesar Augusto Pospissil

Garbossa, Aulus Cavalieri Carciofi, Nilva Kazue Sakomura

Bibliografia

1. Estresse por calor. 2. Melhoramento genético. 3. Nutrição de precisão. 4. Robustez. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: LINHAS GENÉTICAS E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE SUÍNOS EM PAÍSES DE CLIMA TROPICAL

AUTOR: LUAN SOUSA DOS SANTOS

ORIENTADOR: LUCIANO HAUSCHILD

COORIENTADOR: CÂNDIDO POMAR-GOMÃ

COORIENTADOR: PAULO HENRIQUE REIS FURTADO CAMPOS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. URBANO DOS SANTOS RUIZ
Departamento de Zootecnia-USP/ESALQ / Piracicaba/SP

Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. CESAR AUGUSTO POSPISIL GARBOSSA
Departamento de Nutrição e Produção Animal-VNP-FMVZ/USP / Pirassununga/SP

Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI

Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Câmpus de Jaboticabal - UNESP

Jaboticabal, 05 de fevereiro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LUAN SOUSA DOS SANTOS – nascido em Dourados – MS, no dia 03 de dezembro de 1990. Zootecnista com ênfase em nutrição e produção de não ruminantes, pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Durante a graduação obteve três bolsas de iniciação científica e uma de voluntário (CNPq e Fundect - MS), sendo orientado pela Profa. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara. Durante a graduação, também atuou por três anos como voluntário no Programa de Educação Tutorial (PET-ZOO) da UFGD sendo orientado pelo Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia. Em março de 2013 iniciou o curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FMVZ–UNESP), Campus de Botucatu, como bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, nº 13/18619-7). Obteve o título de Mestre em Zootecnia em 16 de fevereiro de 2015 sob a orientação do Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto. Iniciou seu doutorado no mês de março de 2015 sob a orientação do Prof. Dr. Luciano Hauschild, onde também foi bolsista da FAPESP (nº 15/05241-1). Durante os períodos de junho de 2017 a junho de 2018 realizou um ano de doutorado sanduíche no centro de pesquisa Agri-food Canadá (BEPE – FAPESP, nº 17/10278-7) sob a supervisão do Dr. Candido Pomar.

Επίγραφε

Every time you find some humor in a difficult situation...

You win!

Unknown Author

Dedicatória

À minha mãe Edna e minhas irmãs Fran e Flávia pelo apoio e amor incondicional.

À Vanessa, minha companheira durante todos os momentos nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha família por sempre acreditar no meu futuro, pela união e preocupação durante todos os momentos da minha vida.

Além do exemplo familiar, durante essa jornada pessoas excepcionais surgiram na minha vida. Cada um com sua forma particular de me incentivar, sendo sempre essenciais para minha formação pessoal. Além disso, nada disso seria possível sem o auxílio de instituições de ensino e de pesquisa sérias. Portanto, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

À UNESP – FCAV pelos auxílios de infraestrutura e do programa de pós-graduação em Zootecnia que ofereceu todo suporte científico com excelentes disciplinas oferecidas.

À Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa de doutorado (nº 15/05241-1), pela bolsa no exterior BEPE – FAPESP (nº 17/10278-7), e pelo auxílio à pesquisa JP – FAPESP (nº 12/03781-0).

Ao Agriculture Dairy and Agri-food Canada, por me receber e fornecer todo suporte de trabalho.

À minha eterna orientadora de graduação Profa. Dra. Fabiana Ribeiro Caldara pelos ensinamentos, paciência e amizade.

Ao meu orientador de mestrado Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto pelo apoio e exemplo de caráter durante o primeiro contato com a pós-graduação.

Ao meu orientador de doutorado Prof. Dr. Luciano Hauschild e família que sem dúvida foi um grande exemplo de garra e superação. Obrigado por sempre acreditar no meu potencial, pelo apoio e confiança a cada desafio.

Ao Dr. Candido Pomar e família que me receberam de braços abertos no Canadá.

Ao Prof. Dr. Paulo H. R. F. Campos que participou dessa jornada e dividiu seu tempo na idealização desse projeto.

Agradeço à minha companheira Vanessa Longhini pelo carinho, paciência e exemplo de dedicação. Além de todo apoio, ganhei uma nova família que torce por mim e me apoia em todos os momentos (Mirtes Longhini, Sidemar Longhini, Vivian e Paulo).

Esse trabalho só foi possível graças ao trabalho em equipe, em que diversos funcionários, alunos de graduação e de pós-graduação foram envolvidos. Portanto agradeço aos meus colegas de pós-graduação Alícia Fraga, Aline Remus, Alini Mari, Cíntia Fracaroli, Dani Perondi, Jaqueline Gobi, Raphael Caetano e Welex Candido. Agradeço também aos estagiários que dividiram suas grades curriculares e enfrentaram os mais diversos horários para auxiliarem nas atividades práticas desse projeto, em especial para Brandon Ortega, Bruna Castro, Heloisa Alves, Izabela Corrêa, Janine Batista, Joseane Rosa, Juliana Ravagnani, Leury Jesus, Natalia Fanelli e Vitor Prudêncio. Aos funcionários do laboratório de estudos em suinocultura José Segecic e Wilson Moraes e funcionários da fábrica de rações Lucas e Hélio.

Aos amigos que me acolheram durante minha chegada à Jaboticabal Allan Troni, Claudia Troni, Denise Tsuzukibashi, Frederico Werneck, Silvia e Wilton Ladeira.

Aos que marcaram momentos especiais durante cada fase da minha vida também deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
<i>RESUMO</i>	<i>iii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>vi</i>
<i>Lista de abreviaturas</i>	<i>ix</i>
<i>Lista de Tabelas</i>	<i>xi</i>
<i>Lista de Figuras</i>	<i>xiii</i>
<i>CAPITULO 1 – Considerações gerais</i>	<i>15</i>
1.1 Introdução	<i>15</i>
1.2 <i>Revisão de literatura</i>	<i>16</i>
1.2.1 Estresse por calor	<i>16</i>
1.2.2 Avanços genéticos.....	<i>18</i>
1.2.3 Robustez.....	<i>21</i>
1.2.4 Programas nutricionais atuais.....	<i>24</i>
1.2.5 Nutrição de precisão	<i>26</i>
1.2.6 Problemática do tema pesquisado	<i>29</i>
1.2.7 Perspectivas	<i>30</i>
1.2.8 Estruturação da tese.....	<i>30</i>
1.2.9 Objetivos	<i>30</i>
1.3 <i>Referências</i>	<i>32</i>
<i>CAPITULO 2 - Performance and carcass composition of pigs from two sire lines are differently affected by ambient temperature</i>	<i>35</i>
ABSTRACT	<i>36</i>
INTRODUCTION.....	<i>38</i>
MATERIALS AND METHODS	<i>39</i>
RESULTS	<i>43</i>
DISCUSSION.....	<i>45</i>

CONCLUSION	51
LITERATURE CITED	53
<i>CAPÍTULO 3 - Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions</i>	<i>66</i>
ABSTRACT	67
INTRODUCTION.....	69
MATERIALS AND METHODS	70
RESULTS AND DISCUSSION.....	76
LITERATURE CITED	85
<i>Capítulo 4 – Considerações finais.....</i>	<i>102</i>

LINHAS GENÉTICAS E SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE PRECISÃO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE SUÍNOS EM PAÍSES DE CLIMA TROPICAL

RESUMO – A criação de suínos em países em desenvolvimento, localizados em regiões de clima tropical predominantemente quente com investimento reduzido em infraestrutura, expõem os animais a condições de estresse por calor. Por sua vez, o estresse por calor gera perdas significativas na produção animal, principalmente para suínos, devido à sua capacidade limitada de dissipar calor. Além disso, as disseminações de vetores de doenças devido à alta temperatura também aumentam os desafios na suinocultura. O investimento para climatização completa de uma instalação pode acarretar no aumento do custo de produção e preços menos competitivos para o suinocultor. Nesse sentido, a escolha de uma genética adequada atreladas a um bom plano nutricional torna-se indispensável na suinocultura mundial. Dessa forma, com essa tese objetivou-se avaliar os efeitos do estresse por calor primeiramente em diferentes genéticas. Após definir-se a genética mais sensível ao estresse por calor, foi realizado um segundo estudo utilizando duas técnicas de nutrição (convencional e de precisão) para avaliação das respostas de desempenho e composição corporal dos animais. No primeiro estudo o objetivo foi avaliar a robustez no desempenho e composição corporal de progênes provenientes de duas genéticas pai (G) comumente utilizadas mundialmente (AGPIC 327: Hampshire puro e AGPIC 337: linhagem sintética) submetidos ao estresse por calor (33°C). Um total de 24 suínos machos castrados (peso inicial de $32,0 \pm 2,0$ kg) foram alojados em baias individuais e então submetidos a um dos dois ambientes (AT), sendo eles termoneutro a 22°C (TN) e alta temperatura a 33°C (HT). O consumo de ração e ganho de peso foram avaliados semanalmente durante todo período experimental (55 dias). A composição corporal foi avaliada durante os dias 27 e 55 do experimento por meio de um equipamento de densitometria óssea de raio-X duplo. Durante os dias 0 e após cada avaliação de composição corporal, a gordura de cobertura e a profundidade de músculo também foram mensuradas por meio de um equipamento

de ultrassonografia. Como esperado, animais submetidos ao estresse por calor reduziram o consumo de ração (35%; $P < 0,01$) em relação aos animais em ambiente termoneutro durante ambas fases experimentais (0-27 e 28-55 dias). Ainda em ambiente de estresse por calor, animais de linhagem sintética reduziram o consumo de ração em 50%, enquanto em animais Hampshire, essa redução foi de aproximadamente 24% ($P < 0,05$ para a interação $G \times AT$). Nos dias 27 e 55, o peso corporal, teor de lipídios, fósforo e conteúdo mineral ósseo reduziram ($P < 0,05$) em animais submetidos ao estresse por calor quando comparados com animais em ambiente termoneutro. Nesses mesmos dias, sob estresse por calor a gordura de cobertura foi 26% menor em animais sintéticos quando comparados com Hampshire ($P < 0,10$ para a interação $G \times AT$). Temperaturas elevadas influenciaram ambas as genéticas avaliadas. Nesse primeiro estudo pode-se concluir que potenciais interações entre linhas comerciais e ambiente podem influenciar o desempenho e a composição de carcaça de suínos em estresse por calor de maneira inversa ao esperado em condições termoneutras. No segundo estudo objetivou-se avaliar as respostas dos suínos submetidos a sistemas de nutrição de precisão individual diária (IPF) e convencional de alimentação por fases (CON) em termos de desempenho, balanço de nutrientes, parâmetros séricos e padrões de refeição de animais criados em condições termoneutras (TN: 23 °C) e condições de estresse térmico (HT: 30 °C). Os animais em cada tratamento foram distribuídos nos tratamentos experimentais de acordo com os pesos iniciais (12 animais por tratamento com $41,0 \pm 4,87$ kg de peso corporal). O experimento durou 55 dias (fase I – 0 ao 27º dia e fase II – 28º ao 55º dia). Os suínos no grupo CON receberam em cada fase uma mistura constante de dietas com alta e baixa densidade de nutrientes suprindo as exigências nutricionais estimadas do grupo, enquanto os animais IPF receberam diariamente uma mistura personalizada fornecendo a quantidade estimada de nutrientes. O conteúdo mineral ósseo, massa magra e gorda foram avaliados por meio de absorciometria de raio-X duplo no início e final de cada fase. Os dados foram analisados incluindo os seguintes efeitos fixos: sistema de alimentação (FS), temperatura ambiente (AT) e suas interações. Os suínos sob HT apresentaram redução ($P < 0,01$) no consumo diário de ração em 28%, no ganho diário de peso em 25%, no ganho de proteína em 14% e o ganho de lipídio em 14% em comparação aos

animais sob TN. Em relação ao tratamento CON, animais IPF reduziram ($P < 0,05$) a ingestão de lisina (19%), proteína (16%) e P (14%) sem prejudicar ($P > 0,05$) a composição corporal. A excreção de nitrogênio foi 24% menor ($P < 0,05$) nos animais do grupo IPF, quando comparada com os suínos CON, com a mesma eficiência de retenção de nitrogênio durante todo o período. O tempo de alimentação, a taxa de consumo de ração e o consumo de ração por refeição foram 15% menores ($P < 0,05$) em suínos criados sob HT do que sob condições TN. Os níveis de haptoglobina foram afetados pela AT, mostrando um aumento de 70% e 43% na HT aos 28 dias e 55 dias do experimento, respectivamente. Os suínos criados sob condições de HT apresentaram concentração de albumina sérica 10% menor ($P < 0,05$) aos 55 dias do que aqueles em condições TN. Para as concentrações séricas de ureia, animais no sistema IPF apresentaram níveis 28% menores ($P < 0,01$) do que os suínos CON. Embora as condições de HT tenham reduzido consideravelmente o crescimento dos animais e ativado suas respostas inflamatórias, foi demonstrado que o sistema IPF é uma excelente ferramenta para alcançar a adequada utilização de nutrientes tanto em condições HT como em TN, sem comprometer a composição corporal dos animais.

Palavras-chave: estresse por calor, melhoramento genético, nutrição de precisão, robustez

GENETIC LINES AND PRECISION FEEDING SYSTEM AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR SWINE PRODUCTION IN TROPICAL CLIMATE COUNTRIES

ABSTRACT - Developing countries, located in regions of predominantly warm tropical climate with little investment in infrastructure, expose animals to heat stress conditions. In turn, heat stress generates significant losses in animal production, especially for pigs, because of their limited ability to dissipate heat. In addition, the spread of disease vectors by heat also increases the challenges in swine farming. The investment for complete climatization of a facility can lead to an increased production costs and less competitive prices for the pig farmer. Because of this, the choice of an appropriate genetic linked to a good plan of nutrition become indispensable in the swine industry worldwide. Thus, with this thesis we aimed to evaluate the effects of heat stress first on different genetics. After defining the genetics most sensitive to heat stress, a second study was performed using two nutrition techniques (conventional and precision feeding) to evaluate the performance responses and body composition of the animals. In the first study the objective was to evaluate the robustness in the performance and body composition of progenies from two sire genotypes (G) commonly used worldwide (AGPIC 327: pure Hampshire and AGPIC 337: synthetic line) under heat stress (33 °C). A total of 24 barrows (initial weight 32.0 ± 2.0 kg) were housed in individual pens and then submitted to one of two environments (AT), being thermoneutral at 22 °C (TN) and high temperature at 33 °C (HT). Feed intake and weight gain were evaluated weekly throughout the experimental period (55 days). The pigs' body composition was assessed at 28 and 56 days of the experiment through a dual X-ray bone densitometry equipment. During days 0 and after each assessment of body composition, the back fat thickness and the muscle depth were also measured by an ultrasound equipment. As expected, animals submitted to heat stress reduced feed intake (35%; $P < 0.01$) in relation to the animals in the thermoneutral environment during both experimental phases (0-27 and 28-56 days). Also in a heat stress environment, synthetic line animals reduced their feed intake by 50%, while in Hampshire animals, this reduction was approximately 24% ($P < 0.05$ for $G \times AT$ interaction). On days 27 and 55, body weight, composition of lipids, phosphorus, and bone mineral content

reduced ($P < 0.05$) in animals submitted to heat stress when compared to animals in thermoneutral environment. On these same days, under heat stress the back fat thickness was 26% lower in synthetic animals when compared to Hampshire ($P < 0.10$ for the $G \times AT$ interaction). Higher temperatures influenced both genetics evaluated. In this first study, it can be concluded that potential interactions between commercial lines and the environment might influence the performance and composition of pig carcasses in heat stress inversely as expected under thermoneutral conditions. The objective of the second study was to evaluate the responses of individual daily precision feeding (IPF) and conventional phase systems (CON) in terms of performance, nutrient balance, serum parameters and meal patterns of pigs raised under thermoneutral conditions (TN: 23 °C) and heat stress conditions (HT: 30 °C). The animals in each treatment were distributed in the experimental treatments according to their initial weights (12 animals per treatment and 41.0 ± 4.87 kg body weight). The experiment lasted 55 days (phase I - 0 to 27 days and phase II - 28 to 55 days). The pigs in the CON group received at each phase a constant mixture of diets with high and low nutrient density, meeting the nutritional requirements of the group, while the IPF animals received daily a personalized mixture providing the estimated amount of nutrients. Bone mineral content, lean and fat mass were assessed by a dual X-ray bone densitometry equipment at the beginning and at the end of each phase. The data were analyzed including the following fixed effects: feed system (FS), ambient temperature (AT) and their interactions. The effects of AT were significant ($P < 0.01$), reducing daily feed intake by 28%, daily weight gain by 25%, protein gain by 14% and lipid gain by 14% in animals under HT compared to TN. In relation to CON treatment, IPF animals reduced their lysine intake (19%), protein intake (16%) and P intake (14%) without compromising ($P > 0.05$) the body composition. Nitrogen excretion was 24% lower ($P < 0.05$) in the IPF group when compared to CON pigs, with the same nitrogen retention efficiency throughout the experimental period. Feeding time, feed intake rate and feed consumption per meal were 15% lower ($P < 0.05$) in pigs raised under HT than under TN conditions. During the second growth phase, only feeding time, feed intake rate and feed consumption per meal decreased ($P < 0.05$) in pigs under HT conditions during the nocturnal and diurnal periods. Haptoglobin levels were affected by AT, showing

a 70% and 43% increase in HT at 28 and 55 days of the experiment, respectively. The pigs raised under HT conditions presented a 10% lower serum albumin concentration ($P < 0.05$) at 55 days than those in TN conditions. For serum urea concentrations, animals in the IPF system presented 28% lower levels ($P < 0.01$) than the CON pigs. Although HT conditions have considerably reduced the growth of the animals and activated their inflammatory responses, it has been demonstrated that the IPF system is an excellent tool to achieve adequate nutrient utilization in both HT and NT conditions without compromising the animals' body composition.

Keywords: genetic improvement, heat stress, precision feeding, robustness

Lista de abreviaturas

AA	Amino acids
ADFI	Average daily feed intake
ADG	Average daily gain
AIPF	Automatic and intelligent precision feeder
AT	Temperatura do ambiente/Ambient temperature
BLUP	Melhor predição linear não-viesada/Best linear unbiased prediction
BW	Body weight
Ca	Calcium
CON	Alimentação convencional/Conventional feeding
CP	Crude protein
DXA	Dual X-ray absorptiometry
FI	Feed intake
FS	Sistema de alimentação/Feed system
G	Genéticas/Genetics
g/d	Grams per day
G:F	Gain to feed ratio
h	Hour
HAM	Hampshire purebred
HT	Estresse térmico/Heat stress
IPF	Alimentação de precisão individual diária/Individual precision feeding
Lys	Lysine
N	Nitrogênio/Nitrogen
P	Fósforo/Phosphorus
PIC	Pig improvement company
SEM	Standard error of the mean

- SID** Standardized ileal digestible
- STTD** Standardized total tract digestible
- SYN** Synthetic line
- T** Temperature
- TN** Termoneutro/Thermoneutral

Lista de Tabelas

	Página
CAPITULO 2 - Performance and carcass composition of pigs from two sire lines are differently affected by ambient temperature.....	35
Table 1. Ingredient and nutritional composition of the experimental diets.....	59
Table 2. Performance and net energy intake of progenies from Hampshire purebred line (HAM) and Synthetic line (SYN) under thermoneutrality (22 °C) and heat stress conditions (33°C).....	60
Table 3. Body composition of progenies from Hampshire purebred line (HAM) and Synthetic line (SYN) under thermoneutrality (22 °C) and heat stress conditions (33 °C).....	61
Table 4. Blood urea, total protein and acute phase protein of progenies from Hampshire purebred line (HAM) and Synthetic line (SYN) under thermoneutrality (22°C) and heat stress conditions (33°C).....	62
Table 5. Corporal and rectal temperatures, and breath rate of progenies from Hampshire purebred line (HAM) and Synthetic line (SYN) under thermoneutrality (22°C) and heat stress conditions (33°C).....	63
CAPÍTULO 3 - Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions.....	66
Table 1. Ingredient inclusion and nutritional values of the experimental diets.....	93
Table 2. Performance and body composition of pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under two thermal conditions (23 and 30 °C).....	94
Table 3. Net energy, protein and phosphorus intake and nitrogen and phosphorus balance and efficiency of pigs fed according to individual daily precision (IPF) or conventional two-phase (CON) feeding systems under two thermal conditions (23 and 30 °C)	95
Table 4. Meal patterns of pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under two thermal conditions (23 and 30 °C).....	96

Table 5. Serum concentration of urea, total protein and acute-phase protein of pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under two thermal conditions (23 and 30 °C).....	97
---	----

Lista de Figuras

	Página
CAPITULO 1 – Considerações gerais.....	15
Figura 1.1. Conceitos gerais da regulação térmica em suínos. Adaptado de Mount (1979).....	17
Figura 1.2. Evolução dos objetivos de seleção e os avanços tecnológicos utilizados da empresa Pig Improvement Company (PIC). Adaptado pelo autor de “The Pig Improvement Company – Sheep Breeders Round Table 2011”.....	19
Figura 1.3. Representação do ganho de peso médio de dois animais A e B, retratando os efeitos do estresse de calor intermitente (HS) após períodos em termoneutralidade (TN) ao longo das semanas experimentais. Adaptado de (Rauw et al., 2017).....	23
Figura 1.4. Mudanças nas exigências de energia de manutenção simuladas por unidades de massa corporal proteica em animais de desempenho convencional (—) e animais de alto desempenho (-----). Adaptado de Knap (2000).....	24
Figura 1.5. Conceito de nutrição por fases ilustrando as mudanças constantes de exigências nutricionais de suínos. Fonte: Patience (2012).....	25
Figura 1.6. Descrição do modelo de alimentação de precisão individual diário desenvolvido por Hauschild et al. (2012).....	28
Figura 1.7. Exemplo da exigência diária de lisina individual para animais mantidos em ambiente termoneutro durante 55 dias e representação da quantidade fornecida para animais em sistema de alimentação convencional de duas fases. Fonte: Arquivo pessoal.....	29
CAPITULO 2 - Performance and carcass composition of pigs from two sire lines are differently affected by ambient temperature.....	35
Figure 2.1. Dual X-ray image illustrating the pigs' body composition.....	64

Figure 2.2. Example of thermografic image and regions measured.....	65
CAPÍTULO 3 - Precision feeding strategy for growing pigs under heat stress conditions.....	
Figure 3.1. Estimated requirement levels of standardized ileal digestible (SID) lysine provided daily for pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under two thermal conditions (23 and 30 °C).....	98
Figure 3.2. Average of body temperature in pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under two thermal conditions (23 and 30 °C). Ambient temperature was significant ($P < 0.001$) during both experimental phases.....	99
Figure 3.3. Average feed intake during the hours of the day in pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under thermoneutral (23 °C) and heat stress (30 °C) conditions (days 0 to 27). Light period from 0520 to 1858 h.....	100
Figure 3.4. Average feed intake during the hours of the day in pigs fed according to individual daily precision (IPF) and conventional two-phase (CON) feeding systems under thermoneutral (23 °C) and heat stress (30 °C) conditions (days 28 to 55). Light period from 0520 to 1858 h.....	101
Capítulo 4 – Considerações finais	
Figura 4.1. Ilustração da baia coletiva dotada de dois alimentadores automáticos.....	103
Figura 4.2. Exemplo do comedouro para diluição das dietas diárias para os grupos de suínos.....	104

CAPITULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

No sistema industrial de produção de suínos a alimentação apresentou aproximadamente 76,98% dos custos totais de produção em janeiro de 2019 segundo o relatório da central de inteligência de aves e suínos - CIAS. Mesmo representando um custo elevado, pesquisas em alimentação e nutrição estão focadas em estudar principalmente três aspectos: 1) a composição nutricional e digestibilidade dos ingredientes; 2) exigências nutricionais dos animais e, 3) a resposta animal em termos de retenção e excreção de nutrientes (Whittemore, 2001).

As exigências de um nutriente podem ser definidas como sua quantidade necessária para atingir objetivos específicos de produção como maximizar o ganho de peso, ganho de tecido magro e melhorar a conversão alimentar (Fuller, 2004). Entretanto, a intensificação da indústria tem forçado os nutricionistas a desenvolverem estratégias nutricionais com menor impacto sobre a produção de calor dos animais (dietas de menor incremento calórico). Além disso, busca-se também o desenvolvimento de tecnologias que permitem aos animais o máximo aproveitamento dos nutrientes utilizados, seja por meio de comedouros que minimizam os desperdícios até o uso de aditivos que melhoram a digestibilidade dos alimentos. Apesar de todos os desafios em conhecer as exigências nutricionais dos animais de forma mais precisa, mudanças constantes ocorrem na prática. O melhoramento genético e os sistemas de cruzamentos que buscam melhorar a eficiência produtiva, resultam em mudanças na composição de tecido magro e gordura dos animais, em conjunto com certa resistência a fatores estressantes. Dessa forma, os resultados dos cruzamentos podem diferenciar as exigências e respostas de crescimento dos animais em condições adversas de estresse, mas não mudam de maneira expressiva em condições ideais de criação.

Portanto, existe uma pressão para realização de pesquisas direcionadas para uma nutrição mais eficiente (“Nutrição de Precisão”) com o objetivo de estimar as exigências nutricionais de acordo com a necessidade individual dos animais, considerando seu estado fisiológico frente às diversas condições de produção. A variação dos valores

nutritivos dos ingredientes e das exigências nutricionais dos animais podem prejudicar a utilização de alguns modelos matemáticos que integram métodos para estimar exigências, conduzindo a recomendações inapropriadas no que se refere aos aportes nutricionais necessários à obtenção de respostas desejadas. Além disso, a maioria dos modelos atuais (Black et al., 1986, EFG, 2006, Inraporc, 2006) simulam o crescimento ou estimam exigências nutricionais de um animal representativo de uma população a partir de informações coletadas previamente de populações com pouca variabilidade entre animais.

Portanto, o presente estudo aportará informações importantes para avaliar e adaptar o sistema de alimentação de precisão à condições ambientais de alta temperatura, utilizando-se uma genética mais sensível, contribuindo assim para a sustentabilidade e viabilidade dos sistemas de produção de suínos em países de clima tropical.

1.3 Referências

- Andretta, I., C. Pomar, J. Rivest, J. Pomar, P. Lovatto, and J. Radünz Neto. 2014. The impact of feeding growing–finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. *Journal of Animal Science* 92(9):3925–3936.
- Andretta, I., C. Pomar, J. Rivest, J. Pomar, and J. Radünz. 2016. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. *Animal* 10(7):1–11.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal: an international journal of animal bioscience* 4: 1167-1183.
- Black, J. L., Campbell, R. G., Williams, I. H. et al. 1986. Simulation of energy and amino acid utilisation in the pig. *Research and Development in Agriculture*, 3: 121-145.
- Bracke, M. 2011. Review of wallowing in pigs: description of the behaviour and its motivational basis. *Applied Animal Behaviour Science*, 132(1):1-13.
- Campos, P., Noblet, J., Jaguelin-Peyraud, Y., Gilbert, H., Mormède, P., Oliveira Donzele, R., Donzele, J., Renaudeau, D. 2014. Thermoregulatory responses during thermal acclimation in pigs divergently selected for residual feed intake. *International Journal of Biometeorology*.
- Central de Inteligência de aves e suínos da Embrapa (CIAS). Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2019.
- EFG. Broiler growth model (version 6), Broiler nutrition optimiser (version 1), Pig growth model (version 2) and Pig nutrition optimiser (version 1). 2006.
- Fuller, M. F., Chamberlain, A. G. 1982. Protein requirements of pigs. In: HARESIGN, W. Protein requirements of pigs. In: Haresign, W. *Recent Advances in Animal Nutrition*. ed. London, U.K.: Butterwoths, 175-186.
- Fuller, M. F. 2004. *The encyclopedia of farm animal production*. Wallingford, Oxon, UK: CABI Pub, 620.
- Hauschild, L., Pomar, C., Lovatto, P. A. 2010. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. *Animal*, 4: 714-723.
- Hauschild, L., Lovatto P.A., Pomar J., 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.

- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A., Spoolder, H.A.M., Heetkamp, M.H., Gerrits, W.J.J., Verstegen, M.W.A., Kemp, B. 2004. Behavioral adaptation of fattening pigs to high ambient temperatures and humidities. 2nd International Symposium 'The impact of Environmental Conditions on Animal Welfare'. Ann. Anim. Sci., Suppl., No. 1, Krakow, Poland. pp. 49-52.
- INRAPORC. 2006. Un outil pour évaluer des stratégies alimentaires chez le porc. 1.0.4.0.
- Knap, P. W. 2000. Stochastic simulation of growth in pigs: relations between body composition and maintenance requirements as mediated through protein turn-over and thermoregulation. *Animal Science*, 71: 11-30.
- Le Bellego, L., van Milgen, J., Noblet, J. 2002. Effect of high ambient temperature on protein and lipid deposition and energy utilization in growing pigs. *Animal Science* 75: 85-96.
- Mount, L.E. 1979. Adaptation to thermal environment. Man and his productive animals. Edward Arnold (Publishers) Limited, London (UK).
- Parsons, D. J., Green, D. M., Schofield, C. P. et al. 2007. Real-time Control of Pig Growth through an Integrated Management System. *Biosystems Engineering*, v.96: 257-266.
- Patience, J. F.; Thacker, P. A.; De Lange, C. F. M. 1995. Swine nutrition guide. Saskatoon, Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan, Prairie Swine Center.
- Pearce, S.C., Gabler, N.K., Ross, J.W., Escobar, J., Patience, J.F., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. 2013. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs. *Journal of Animal Science* 91: 2108-2118.
- Pomar, C., Kyriazakis, I., Emmans, G. C. et al. 2003. Modeling stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. *Journal of Animal Science*, 81: E178-186.
- Pomar, C., L. Hauschild, G.-H. Zhang, J. Pomar, e P.A. Lovatto. 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 226-237.
- Pomar, C., Hauschild L., Zhang G.H., Pomar J., Lovatto P.A. 2010. Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. In: D. Sauvant, J. Milgen, P. Faverdin e N. Friggens (eds.) *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*. p 327-334. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Pomar, C., J. Pomar, F. Dubeau, E. Joannopoulos, and J.-P. Dussault. 2014. The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and

- phosphorus excretions, and feed costs in growing–finishing pigs. *Animal* 8: 704-713.
- Renaudeau, D., Gourdine, J.L., St-Pierre, N.R. 2011. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89: 2220-2230.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J.L., Collier, R.J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6: 707-728.
- Rhoads, R.P., Baumgard, L.H., Suagee, J.K. 2013. 2011 And 2012 Early Careers Achievement Awards: Metabolic priorities during heat stress with an emphasis on skeletal muscle. *Journal of Animal Science* 91: 2492-2503.
- Rostagno, H.S., Albino L.F.T., Donzele J.L., Gomes P.C., Oliveira R.F., Lopes D.C., Ferreira A.S., Barreto S.L.T., Euclides R.F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais. Universidade Federal de Viçosa, 3ª edição. Viçosa, Brasil.
- Wathes, C. M., Kristensen, H. H., Aerts, J. M. et al. 2008. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture* 64: 2-10.
- Wellock, I. J., Emmans, G. C., Kyriazakis, I. 2004. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. *Journal of Animal Science*, 82: 2442-2450.
- Whittemore, C. T. 2001. Impact of technological innovation in animal nutrition. *Livestock Production Science*, 72: 37-42.

Capítulo 4 – Considerações finais

A decisão das melhores condições para otimizar as respostas dos animais na produção de suínos deve ser estudada pelo produtor com cautela. No Brasil, as condições de clima da região sul sempre foram referência para produzir suínos com investimentos mínimos para climatização. Entretanto, apesar de provado que temperaturas constantes acima da termoneutralidade impactam diretamente na produção e bem estar dos animais, existem outros fatores que precisam receber a devida atenção. Os sistemas atuais de produção de suínos acabam resultando em respostas que variam de 70 até 130% do preconizado pela companhia genética em média (diferentemente do de aves que alcançam o desempenho sugerido pelas companhias genéticas na prática). Essas divergências nas respostas de desempenho estão relacionadas principalmente com as condições sanitárias, níveis nutricionais das dietas, manejos inadequados e ambiência.

No segundo capítulo desse trabalho foi discutido como uma decisão de linha genética pode influenciar no desempenho dos animais. Geralmente, os produtores negligenciam as condições ambientais do seu sistema, apostando alto e erroneamente nas genéticas de maior produção. Uma decisão incorreta pode resultar em um desempenho ainda mais comprometido, uma vez que animais de alto desempenho podem exigir uma atenção maior às condições de ambiente e principalmente nutricionais. É interessante destacar que para avaliar o efeito da temperatura nos experimentos demonstrados no capítulo 2 e 3, um ambiente com renovação de ar constante de baixo desafio sanitário foi elaborado. Portanto, na Figura 4.1 é ilustrado como os animais foram mantidos em ambos os ambientes térmicos durante o experimento do terceiro capítulo.

Atualmente, grande parte dos processos de produção animal já possuem sistemas de automação. Dentre os mais comuns, destacam-se os silos para armazenamento das rações, com linhas específicas para abastecimento dos comedouros. Além desses, outros equipamentos estão disponíveis para monitorar, alimentar e controlar o ambiente dos animais. Granjas mais tecnificadas também acompanham os avanços no desempenho dos animais, com base no consumo de ração e ganho de peso dos lotes.

Diante dessa realidade, um sistema de alimentação de precisão diário poderia ser implementado no Brasil, sem a necessidade de equipamentos mais avançados.



Figura 4.1. Ilustração da baia coletiva dotada de dois alimentadores automáticos.

Na Figura 4.2 é ilustrado como um comedouro para mistura em tempo real de dietas poderia ser utilizado. Brevemente, dois silos com dietas de alta e baixa concentração nutricional seriam utilizadas para fornecimento contínuo de ração aos comedouros. Um sistema dosador encontrado no interior dos comedouros possibilitariam a mistura das dietas nas proporções para alcançar os níveis nutricionais exigidos pela média do grupo em cada dia específico.

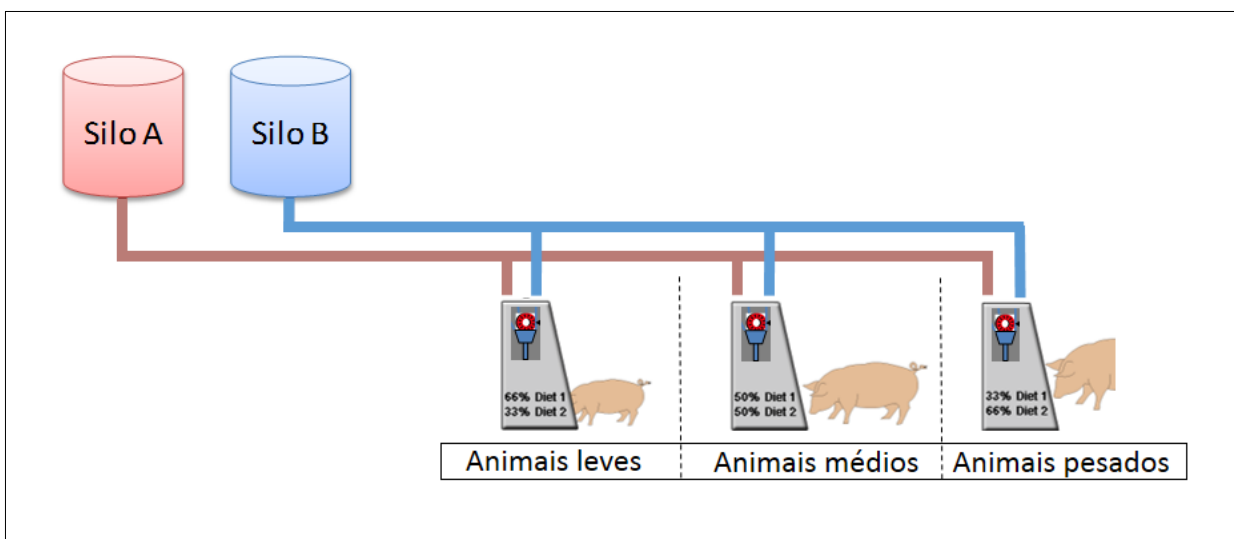


Figura 4.2. Exemplo do comedouro para diluição das dietas diárias para os grupos de suínos.

Para produtores que têm a preocupação ou o cuidado de não apostarem em um sistema em que duas dietas deveriam ser formuladas especialmente para esse propósito da alimentação de precisão, existe uma outra opção. Basicamente, um sistema de teste poderia ser realizado utilizando-se diluições das dietas formuladas para as fases do sistema convencional. Nesse sistema, diariamente uma proporção baixa da dieta da próxima fase seria incorporada a dieta atual para adequação dos níveis nutricionais diários preconizados para os determinados grupos de animais.

Conforme visto previamente, e diante das constantes discussões relacionadas à nutrição animal, sabemos que a alimentação representa um dos fatores mais onerosos na produção animal. Dentre todos os fatores responsáveis pela queda no desempenho dos animais, o sistema de alimentação de precisão foi o que apresentou as respostas mais consistentes mesmo em condições adversas (por exemplo: em ambiente de estresse térmico com uma genética mais sensível). Portanto, esses resultados sugerem que o produtor pode se antecipar em relação à eficiência de seu sistema, fornecendo os nutrientes de maneira adequada, mesmo que uma decisão equivocada na escolha da genética do plantel tenha sido previamente realizada. Um exemplo disso seria a

implementação antecipada de um sistema de alimentação de precisão em uma granja que optou previamente por uma genética inadequada às suas condições. Nesse caso poderia ocorrer uma antecipação da economia de ingredientes que seriam fornecidos em excesso, enquanto ocorre uma troca do material genético da granja.