



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LUCIANA FOPPA

**BEM-ESTAR DE SUÍNOS E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA EM SISTEMA DE CAMA SOBREPOSTA**

---

Londrina  
2020

LUCIANA FOPPA

**BEM-ESTAR DE SUÍNOS E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA EM SISTEMA DE CAMA SOBREPOSTA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Ciência Animal da Universidade Estadual de  
Londrina como requisito para a obtenção do título de  
Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

F691b Foppa, Luciana.  
Bem-estar de suínos e emissão de gases de efeito estufa em sistema de cama sobreposta / Luciana Foppa. - Londrina, 2020.  
108 f. : il.

Orientador: Caio Abércio da Silva.  
Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Suíno - Tese. 2. Amônia - Tese. 3. Gases estufa - Tese. 4. Óxido nitroso - Tese. I. Silva, Caio Abércio da. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 63

LUCIANA FOPPA

**BEM-ESTAR DE SUÍNOS E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA EM SISTEMA DE CAMA SOBREPOSTA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal da Universidade Estadual de  
Londrina como requisito para a obtenção do título de  
Doutor.

**BANCA ECAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Sandra Maria Simonelli  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Rafael Humberto de Carvalho  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Marcos Augusto Alves da Silva  
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

---

Prof. Dr. Cleandro Pazinato Dias  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 21 de fevereiro de 2020.

*Dedico*

*Para meu avô Angelo Dri (in memoriam), meu super-herói e anjo  
da guarda.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Caio Abércio da Silva, pelo voto de confiança, dedicação e ensinamentos repassados. Além do agradecimento, gostaria de expressar minha sincera admiração pelo profissional e pessoa sempre disposta a ajudar e com um bom humor incomparável.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade, à servidora Helenice por todo o auxílio com questões burocráticas e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A toda equipe da empresa Bonasa S/A, em especial aos Srs. José Henrique Barbi, Eduardo Henrique Okuda, Jonas, Eduardo e Jilmenes, pela oportunidade e total apoio na condução deste trabalho.

Aos amigos Cleandro Pazinato Dias e Carlos Rodolfo Pierozan pela colaboração no delineamento e execução deste estudo e todos os outros trabalhos que desenvolvemos no período de doutorado, além do companherismo e amizade durante essa jornada.

À EMBRAPA, em especial ao Dr. Paulo Armando Victoria de Oliveira, por viabilizar a condução de parte desta pesquisa com equipamentos e instruções de metodologia. Ao Sr. Sidney Medeiros por todos os ensinamentos e ajuda na coleta dos gases. Agradeço também ao Dr. Jorge Manuel Rodrigues Tavares pela paciência e disponibilidade no processamento e análise dos dados.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pelos conhecimentos repassado, em especial a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Maria Simonelli por dedicar seu tempo no meu crescimento profissional e pessoal e por toda valiosa ajuda nas análises estatísticas.

Aos amigos do grupo PES por terem me recebido tão bem e por todos os momentos de aprendizado e diversão. Um agradecimento recheado de carinho aos queridos Giovana Chimentão Bernini, Gabriela Ruiz, Gabriela Nagi, Edilson Dias Caldas, André Michelin, Jefferson Bastos Alves, Marco Aurélio Callegari, Aliny Novais, Arthur Massei, João Paulo Batista, David Gavioli e Ronaldo Lucas.

À Rita de Kássia pela parceria, ajuda e amizade desde o mestrado que seguriá para o resto da vida. Obrigada por todos os momentos de companherismo, apoio, incentivo e por ser minha família em Londrina. Aos queridos, Luís Gustavo Castro Alves e Camila

Magalhães pela amizade e apoio que tornam meus dias e esta etapa mais leve e divertida.

Aos meus pais, Gilmar e Belloni, por todo suporte e por nunca medirem esforços para que eu realize meus sonhos. Agradeço também aos meus irmãos, Leonardo e Carolina, por serem meus referenciais de dedicação e disciplina.

A todos os amigos que, mesmo de longe, não medem esforços para se fazerem presentes.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse objetivo se realizasse, registro aqui meus singelos, porém sinceros agradecimentos!

FOPPA, Luciana. **Bem-estar de suínos e emissão de gases de efeito estufa em sistema de cama sobreposta**. 2020. 123 folhas. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

O objetivo com a condução desta pesquisa foi avaliar o bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação e estimar a emissão de gases de efeito estufa e amônia em sistema de cama sobreposta. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos. O primeiro teve como objetivo avaliar o bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta sob a ótica dos princípios do protocolo Welfare Quality<sup>®</sup>. Ao todo, 16500 animais, distribuídos em 15 instalações, foram avaliados durante um período de quatro meses. Foram realizadas três avaliações em cada instalação, respeitando a seguinte distribuição de tempo: fase inicial (75 a 85 dias de vida); intermediária (86 a 161 dias de vida) e final (de 162 a 180 dias de vida). Os dados de comportamento, bursite, hérnia, feridas e fezes no corpo foram analisados por regressão logística para dados longitudinais. Para os dados de contagem, tosse e espirro, foi empregada a distribuição de Poisson, com posterior análise de qui-quadrado e os dados do QBA por meio de análise de componentes principais. Não houve a ocorrência de casos interação humano-animal negativa, de condição corporal ruim, tremores, ofegação, amontoamentos, caudofagia, tremores, focinho torcido e prolapso retal, claudicação, condição da pele. Houve efeito da avaliação e da categoria animal na incidência de bursite, hérnia e repertório comportamental. Foram observadas mais chances da ocorrência de hérnias e bursites nas avaliações finais, com mais prevalência nos machos em relação às fêmeas. As prevalências dos parâmetros feridas e dejetos no corpo foram influenciadas pela interação da avaliação e categoria animal. A incidência de tosse e do número de animais que apresentaram esse sintoma aumentou gradualmente, sendo consideravelmente maiores na fase final de avaliação. Houve influência da avaliação e da categoria animal na incidência dos comportamentos elencados no etograma. Na avaliação 1, machos apresentaram mais chances de apresentar todos comportamentos avaliados no etograma, pertinente aos comportamentos negativos, em relação às fêmeas e aos lotes mistos. Nas demais avaliações as fêmeas apresentaram mais chances de exibir os comportamentos de caráter negativos. Os lotes mistos permaneceram intermediários em todas as avaliações. A porcentagem de interação com a cama variou entre 19.62% e 25.80% durante todo o período experimental. A aplicação do protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> proporcionou uma visão ampla e confiável sobre o bem-estar dos animais, permitindo o gerenciamento mais adequado de sistemas de produção em cama sobreposta. O segundo experimento teve como objetivo avaliar a concentração e emissão de gases de efeito estufa (GEE) e amônia em instalações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta com diferentes níveis de utilização. Ao todo, foram coletadas amostras gasosas de oito instalações de suínos com diferentes níveis de utilização da cama. Foram considerados quatro edifícios com cama em terceiro nível de utilização, dois galpões com cama de segunda utilização e outros dois com cama de primeiro uso. As amostras de ar foram feitas através de duas coletas semanais, realizadas no período matutino e vespertino para cada edifício de alojamento avaliado. As emissões foram calculadas com base na metodologia simplificada do princípio de cálculo das emissões de gases por meio das relações de concentração. Os dados de emissão de GEEs e amônia foram submetidos à análise de variância e as médias, de acordo com o diferente nível de utilização da cama, foram comparadas pelo teste de Tukey pelo software estatística R. Maiores emissões de dióxido de carbono ( 8.78 vs 8.72 vs 8.63 g/suíno/dia) e metano (0.07 vs 0.03 vs 0.01 g/suíno/dia) foram observados em camas de primeira utilização e menores em terceira. Não houve diferença nas emissões de amônia (0.01 vs 0.06 vs 0.06 g/suíno/dia) e

óxido nitroso (0.01 vs 0.02 vs 0.02 g/suíno/dia). Em condições de clima tropical, as emissões de gases de efeito estufa e amônia foram consideravelmente baixas.

**Palavras-chave:** Amônia. Comportamento. Óxido nitroso. Relação Humano-Animal. Saúde. Sistemas de produção.

FOPPA, Luciana. **Pig welfare and greenhouse gas emission in deep bedding system**. 2020. 123 pages. Thesis (Doctor's Degree in Animal Science) – State University of Londrina, Londrina, 2020.

## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the welfare of growing and finishing pigs and to estimate greenhouse gases and ammonia emissions in deep bedding system. For this, two experiments were carried out. The first study aimed to evaluate the welfare of growing and finishing pigs kept in deep bedding system from the perspective of the Welfare Quality® protocol. In all, 16500 animals, distributed in 15 facilities, were evaluated over a four-month period. Three evaluations were performed in each facility, respecting the following time distribution: initial phase (75 to 85 days of life); intermediate (86 to 161 days old) and final (from 162 days old until slaughter). Behavior, bursitis, hernia, wounds and feces on the body data were analyzed by logistic regression for longitudinal data. For counting data, coughing and sneezing, the Poisson distribution was used, with subsequent chi-square analysis and QBA data were subjected by principal component analysis. There was an effect of the evaluation and the animal category on the incidence of bursitis, hernia and behavioral repertoire. More chances of the occurrence of hernias and bursitis were observed in the final evaluations, with more prevalence in males compared to females. The prevalence of wound and body waste parameters was influenced by the interaction of the assessment and animal category. The incidence of cough and the number of animals that presented this symptom gradually increased, being considerably higher in the final evaluation phase. There was an influence of evaluation and animal category on the incidence of behaviors. In evaluation 1, males were more likely to present all behaviors evaluated in the ethogram, which is relevant to negative behaviors, in relation to females and mixed batches. In the other evaluations, females were more likely to exhibit negative behaviors. Mixed batches remained intermediate in all evaluations. The percentage of interaction with the bed varied between 19.62% and 25.80% throughout the experimental period. The application of the Welfare Quality® protocol provided a wide and reliable view on the welfare of animals, allowing the most appropriate management of production systems in deep bedding systems. The aim of the second experiment was to evaluate the concentration and emission of greenhouse gases (GHG) and ammonia in swine facilities kept in deep bedding system with different utilization levels. Gaseous samples were collected from eight pig facilities with different levels of litter utilization; four buildings with third-level litter, two sheds with second level and two with first use. Air samples were taken through two weekly samplings, in the morning and afternoon for each housing building evaluated. Emissions were calculated based on the simplified methodology of the principle of calculation of gas emissions by concentration ratios. GHG and ammonia emissions data were subjected to analysis of variance and averages, according to the different level of utilization of the litter, were compared by Tukey test by the R statistical software. Highest carbon dioxide emissions (8.78 vs 8.72 vs 8.63 pig per day) and methane (0.07 vs 0.03 vs 0.01 pig per day) were observed in first use and smaller beds in third. There was no difference in ammonia emissions (0.01 vs 0.06 vs 0.06 pig per day) and nitrous oxide (0.01 vs 0.02 vs 0.02 g per pig per day). Under tropical climate conditions, greenhouse gas and ammonia emissions were considerably low.

**Keywords:** Ammonia. Carbon dioxide. Health. Human-Animal relationship. Methane. Nitrous oxide. Production systems.

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO A

<b>Tabela 1</b> – Parâmetros médios ambientais observados ao longo do período experimental...	46
<b>Tabela 2</b> – Número médio e prevalência média (%) de animais acometidos pelas medidas observadas durante as três avaliações em sistema de produção de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em cama sobreposta.....	47
<b>Tabela 3</b> – Modelos de regressão logística para bursite e hérnia de acordo com os diferentes modelos de avaliação e categoria animal presente nas instalações de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta. ....	48
<b>Tabela 4</b> – Modelos de regressão logística para feridas e dejetos no corpo de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta. ....	49
<b>Tabela 5</b> – Incidência de animais com tosse e espirro e número de tosses e espirros em edifícios de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.....	50

### ARTIGO B

<b>Tabela 1</b> - Descrição dos comportamentos para avaliação comportamental presente no protocolo Welfare Quality® para suínos em fase de crescimento e terminação.....	69
<b>Tabela 2</b> - Médias (%) da expressão de comportamentos apresentados por suínos em fase de crescimento e terminação, mantidos em sistema de cama sobreposta, de acordo com as diferentes avaliações e categoriais animais.....	72
<b>Tabela 3</b> - Modelos de regressão logística politômica para análise de comportamentos de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.....	74
<b>Tabela 4</b> - Análise descritiva para avaliação do QBA, expresso em mm de acordo com as diferentes avaliações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta.....	75

## ARTIGO C

<b>Tabela 1</b> – Valores médios, máximos e mínimos da temperatura e velocidade do ar observado nas instalações monitoradas no experimento.....	73
<b>Tabela 2</b> – Concentrações de gases ( $\pm$ DP), em ppm, obtidos nos em edifícios de alojamento de suínos em sistema de cama sobreposta com diferentes níveis de utilização.....	73
<b>Tabela 3</b> – Valores médios ( $\pm$ DP) de emissões de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> e N <sub>2</sub> O em instalações de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta com diferentes níveis de utilização da cama.....	75

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
2.1 BEM-ESTAR ANIMAL .....	12
2.2 WELFARE QUALITY® .....	15
2.3 BEM-ESTAR ANIMAL E MERCADO CONSUMIDOR.....	17
2.4 ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL .....	19
2.5 CRIAÇÃO DE SUÍNOS EM SISTEMA DE CAMA SOBREPOSTA .....	21
2.6 EMISSÃO DE AMÔNIA (NH <sub>3</sub> ) E GASES DE EFEITO ESTUFA (GEEs) PELA SUINOCULTURA ..	23
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>36</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	36
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	36
<b>4 ARTIGO A .....</b>	<b>37</b>
<b>5 ARTIGO B .....</b>	<b>65</b>
<b>6 ARTIGO C .....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira detém a quarta maior produção mundial, com perspectivas de crescimento para os próximos anos. Entretanto, na contramão dessa previsão otimista, é crescente a preocupação da sociedade em relação as formas como animais são criados e sobre os impactos dessa produção no meio ambiente. Dessa forma, torna-se necessário compreender melhor as interconexões entre bem-estar animal, sustentabilidade e produtividade.

Mesmo que não seja um assunto recente, somente a partir do final do século XX, o bem-estar dos animais ganhou importância nos debates mundiais, passando a integrar a pauta sobre sistemas produtivos atuais, onde é esperado que os produtores sejam cada vez mais eficientes e, ao mesmo tempo, reduzam os impactos ambientais, oferecendo produtos de qualidade e socialmente aceitáveis (DAWKINS, 2017). Os novos anseios do mercado consumidor desencadearam uma série de mudanças que englobam as esferas políticas, sociais e na comunidade científica (FAO, 2014).

Neste contexto, bem-estar dos animais e sustentabilidade passam a integrar os pilares da produção animal moderna e vem se tornando os maiores desafios para os sistemas de produção. O estudo da relação seres humanos-animal-ambiente está ganhando a devida importância, uma vez que a ciência de hoje evidencia as questões de senciência animal, emoção e preservação ambiental. Somado a isso, são assuntos intimamente associados ao conceito qualidade dos alimentos (SILVA et al., 2016; THORSLUND et al., 2017).

Atento as novas tendências internacionais, o Brasil avança verticalmente nas questões relacionadas ao bem-estar animal. Como parte dessas ações, o país vem negociando protocolos com a Comissão Europeia e firmando acordos internos com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS) para efetivar medidas que contemplem o bem-estar dos animais (GALVANI, 2014). Além das ações legais, em vias práticas, o MAPA, em parceria com outras instituições do segmento, vem desenvolvendo materiais informativos e aplicando treinamentos sobre boas-práticas de manejo nas diversas áreas da suinocultura.

No final de 2018, foi apresentada a instrução normativa que estabelecerá as boas práticas de manejo nas granjas comerciais, com o objetivo de regulamentar o uso racional da fauna para um sistema de produção sustentável, preservando a saúde e bem-estar únicos, abordando, dentre outros, questões de infraestrutura, relações humano-animal e enriquecimento ambiental (BRASIL, 2019).

De forma similar ao bem-estar animal, atualmente, as legislações mundiais

tendem a impor uma redução de emissões de gases que acentuem o efeito estufa. Do total emitido pela suinocultura mundial, 60% são oriundos da produção de ração, 27% correspondem aos emitidos pelos dejetos e os 13% restantes decorrem da combinação de processamento e transporte de carne (6%), uso direto e indireto de energia na produção animal (3%) e fermentação entérica (4%) (MACLEOD et al., 2013). Baseado nesses dados, a suinocultura vem sendo frequentemente associada aos encargos ambientais e, por conseguinte, avaliar o impacto ambiental da produção industrial de suínos representa uma questão crucial a ser considerada para garantir a sustentabilidade do sistema.

A fim de contemplar as questões de bem-estar animal e ambientais, há um regaste no interesse em sistemas de produção de suínos sob cama sobreposta. De forma geral, é uma estratégia de manejo que visa proporcionar maior conforto físico e possibilitar a exploração e modificação do ambiente de alojamento, aumentando a socialização positiva do grupo e reduzindo o estresse (TUYTTENS, 2005). Estima-se que, comparados aos modelos tradicionais, sistema de cama sobreposta aumentam as emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), reduções de metano ( $\text{CH}_4$ ) e ainda não há um consenso para as emissões de amônia ( $\text{NH}_3$ ) (PHILIPPE; NICKS, 2014). Todavia, é preciso destacar que tais informações são baseadas no modelo europeu de alojamento e espera-se alterações quando determinadas em condições brasileiras.

As imposições legais internacionais, principalmente as encabeçadas pela União Europeia, fomentam discussões para que os sistemas de produção considerem o bem-estar animal e reduzam os impactos ambientais e, com isso, há a necessidade de mais pesquisas que gerem conhecimentos sobre possíveis formas de se produzir suínos sem, no entanto, abrir mão da lucratividade. Contudo, um dos maiores desafios nesta área é transformar o debate em práticas viáveis para os segmentos da cadeia produtiva. Diante do exposto, o objetivo com a condução desta pesquisa foi avaliar o grau de bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação e estimar a emissão de gases de efeito estufa em sistema de cama sobreposta.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 BEM-ESTAR ANIMAL

De forma objetiva, a pesquisadora Dawkins (2008) define bem-estar animal como todo animal saudável que possui o que deseja. Contudo, o conceito de bem-estar é complexo e engloba questões éticas, comportamentais e fisiológicas. Atualmente, ainda não há um único conceito científico definido sobre o bem-estar dos animais, pois é comum que as pessoas possuam uma visão distinta sobre o tema. Entretanto, essas opiniões são, por muitas vezes, contraditórias.

Um dos marcos na história da ciência do bem-estar animal é a publicação do livro *Animal Machines*, em 1964 pela escritora Ruth Harrison. Neste livro, a autora denunciou uma série de práticas prejudiciais à vida dos animais e a visão desse como objeto de produção e não um ser vivo. O debate gerado em torno deste assunto contribuiu para a criação do Comitê de Brambell que, posteriormente, elencou aspectos mínimos para a manutenção da qualidade de vida de um animal.

As ideias lançadas pelo recém-formado comitê culminaram na criação do conceito das cinco liberdades pelo *Farm Animal Welfare Council* (1992), sendo elas: 1) liberdade de sede, fome e má-nutrição, 2) liberdade de dor, ferimentos e doença, 3) liberdade de desconforto físico e térmico, 4) liberdade para expressar comportamento natural da espécie e 5) liberdade de medo e estresse.

Conceituar bem-estar animal não é tarefa simples e, ao longo da história, diversos autores o definiram de maneiras distintas. Uma das visões mais difundidas é a do pesquisador inglês Broom (1986) que sugere que o grau de bem-estar do animal está intimamente ligado ao estado que este animal se encontra em relação às tentativas de adaptar-se ao ambiente que está inserido. Nos anos seguintes, o pesquisador Hurnik (1992) enuncia bem-estar como:

*“O estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal”.*

Outro fato importante na história da ciência do bem-estar animal é o Tratado de Amsterdam (1997), no qual houve o reconhecimento do animal como seres sencientes, ou seja, dotados da capacidade de sofrer, sentir prazer e felicidade e, ainda, ter consciência de si e dos demais animais (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014).

A Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2019) definiu bem-estar animal como a forma que o animal reage ao ambiente que está inserido. Em linguagem científica, um bom grau de bem-estar preconiza que o animal se encontre bem nutrido, com boa saúde e que seja capaz de expressar comportamentos adequados. A definição engloba ainda aspectos de manejo e abate. Czycholl et al. (2015) afirmaram que o bem-estar é melhor definido a partir da adoção sinérgica dos conceitos de saúde, comportamento natural e estado afetivo positivo.

Além das definições específicas, pesquisadores sugerem o conceito de bem-estar único. Inserida na temática de saúde única, esta abordagem considera as interconexões entre os bem-estar animal, humano e ambiental (PINILLOS et al., 2016). Essa corrente de pensamento acredita que a distinção entre o bem-estar humano, ambiental e animal é uma compartimentação artificial, uma vez que na prática, são assuntos codependentes inseridos no mesmo contexto ecológico (COLONIUS; EARLEY, 2013).

Embora existam conceitos diferentes sobre o tema, há um consenso que todos englobam fatores comuns ao funcionamento biológico do animal e à sua capacidade de adaptar-se ao ambiente, ao seu estado afetivo e à expressão de comportamentos inatos da espécie (MANTECA et al., 2009; VELARDE et al., 2015).

Além das questões éticas inerentes ao conceito de bem-estar animal, a ausência deste estado pode resultar em redução do desempenho produtivo e reprodutivo do animal (MORALES et al., 2013), redução na qualidade de carne (GRANDIN, 1988; DOKMANOVIĆ et al., 2014) e distúrbios comportamentais (FRASER; BROOM, 1990). Para a avaliação do bem-estar animal, as definições do tema devem englobar as emoções que os animais vivenciam, o funcionamento do seu organismo e a interação animal-ambiente.

Há uma tendência em acreditar que o bem-estar só é atendido quando os animais conseguem expressar o comportamento natural da espécie. Por outro lado, em condições naturais, os animais enfrentam situações ameaçadoras e, desta forma, seu comportamento representaria sua luta pela sobrevivência e não, necessariamente, um indicativo de bem-estar (POOLE, 1996).

No entanto, muitos problemas de bem-estar são estritamente relacionados ao confinamento, condição que inviabiliza a expressão dos comportamentos intrínsecos das espécies (HÖTZEL; MACHADO FILHO, 2004), especialmente suínos. Ambientes sem estímulos podem desencadear comportamentos anômalos e estereotipados. Estereotipias podem ser definidas como comportamentos repetitivos induzido por frustração, tentativas de se adaptar

ao ambiente ou disfunção do sistema nervoso central. Geralmente, se manifesta como uma sequência de comportamentos anômalos sem propósito ou função aparente. (OIE, 2019).

Para o pesquisador Smidt (1983), os indicadores de bem-estar podem ser agrupados em quatro categorias: 1) indicadores patológicos; 2) indicadores fisiológicos; 3) indicadores comportamentais e, por fim; 4) indicadores de produção. Em outra abordagem, segundo Broom (1991), a avaliação do bem-estar pode ser realizada por indicadores de saúde, fisiológicos e comportamentais dos animais, sendo tais indicadores complementares a fim de avaliar o bem-estar como um todo.

A Comissão Europeia agrupa os indicadores de bem-estar em duas categorias: indicadores baseados no próprio animal e indicadores que se baseiam em fatores relacionados ao bem-estar, como instalações e manejo. Neste contexto, os aspectos de produção, fisiológicos, patológicos e comportamentais estão inseridos nos indicadores baseados no próprio animal (VILANOVA, 2008).

De forma geral, os indicadores de bem-estar baseados nas instalações e no manejo são mais práticos, objetivos e facilmente mensuráveis. Para Ludtke et al. (2014), avaliar os indicadores do ambiente pode ser considerada uma tarefa mais simples, todavia os aspectos relacionados ao próprio animal geram informações mais precisas e podem ser utilizados em qualquer situação, independente do sistema de produção adotado.

Neste sentido, as medidas baseadas no animal, mais especificamente no comportamento animal, são consideradas bons indicativos do grau de bem-estar. Além disso, a avaliação comportamental é considerada uma técnica não invasiva (DUPJAN et al., 2008), rápida e prática (POLETTTO, 2010), fornecendo informações precisas sobre o estado do animal em relação ao ambiente que o rodeia (BROOM, 1991). Contudo, é válido ressaltar que ambos os indicadores possuem importância na avaliação do bem-estar dos animais, uma vez que as junções de várias medidas aumentam a confiabilidade dos resultados.

Um dos primeiros protocolos lançados para a avaliação de bem-estar foi o *Animal Needs Index* (ANI), desenvolvido para bovinos, galinhas poedeiras e suínos (BARTUSSEK, 1999). De forma geral, essa avaliação está fundamentada em três ações: verificar as condições das instalações; gerar pontuações e, por fim, somar pontuações obtidas para calcular o índice. Nesta metodologia, pontuações menores que 11 são consideradas condições indesejáveis e acima de 28 muito adequadas.

De acordo com EFSA (2006), apesar do caráter inovador para a época, o ANI foi alvo de muitas críticas, pois não houve a validação da metodologia e pelo fato de basear-se preferencialmente em indicadores ambientais. Apesar de ter sido considerada uma ferramenta

prática e satisfatória, o ANI não aborda toda a gama de critérios necessários para a avaliação de bem-estar animal (BARTUSSEK, 2001), evidenciando a necessidade de elaboração de outras metodologias. Mais recentemente, o protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> vem se destacando como uma ferramenta fidedigna para a avaliação do bem-estar animal, fornecendo informações globais sobre a forma como os animais são produzidos (TEMPLE et al., 2011a).

## 2.2 Welfare Quality<sup>®</sup>

O Welfare Quality<sup>®</sup> é um projeto desenvolvido e financiado pela União Europeia focado na qualidade e segurança alimentar e que tem como objetivo avaliar o grau de bem-estar dos animais nos locais de produção, bem como nos abatedouros. Segundo a descrição apresentada em seu endereço eletrônico, o projeto integra a cadeia produtiva, melhorando o grau de bem-estar dos animais e tornando todas as etapas mais transparentes para os consumidores (WQ, 2009). O projeto teve início no ano de 2004, é resultante da parceria de 40 instituições europeias e países latino americanos, incluindo o Brasil, e é considerado a principal ferramenta de avaliação do bem-estar animal na atualidade.

A elaboração deste projeto surgiu da necessidade de atender uma nova demanda de mercado: consumidores mais preocupados com a forma com que os animais são produzidos. Este projeto engloba quatro princípios para atender o bem-estar animal: 1) boa alimentação; 2) alojamento adequado; 3) bom status sanitário e; 4) comportamento apropriado (DALMAU et al., 2009); abordando 12 critérios distintos, porém complementares entre si.

Os 12 critérios do WQ são: ausência de fome e sede prolongados, local adequado para descanso, conforto térmico, facilidade de movimento, ausência de lesões, doenças e dor oriundas de manejo incorreto, expressão de comportamentos sociais e inatos a espécie, boa relação humano-animal e, por fim, estado emocional positivo (DAWKINS, 2017). Para atender este propósito foram desenvolvidos protocolos de avaliação para bovinos (corte e leite), aves (corte e postura) e suínos (nesta revisão abordaremos apenas os aspectos voltados para o protocolo de suínos).

Segundo Blokhuis (2008), a criação do protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> almeja aperfeiçoar os sistemas de avaliação de bem-estar e sugerir medidas corretivas, aliando a percepção do consumidor com os conhecimentos existentes da ciência do bem-estar animal. As informações coletadas podem ser transcritas em números e a pontuação final irá variar numa escala de 0 a 100, onde 0 caracteriza o pior grau de bem-estar e 100 o melhor.

Uma das principais características deste projeto é sua facilidade de aplicação nos sistemas de produção, fornecendo informações de forma rápida, porém precisas (VELARDE; DALMAU, 2011). Em contrapartida, alguns autores sugerem que algumas adaptações em sua estrutura sejam realizadas (FRIEDRICH et al., 2019; CZYCHOLL et al., 2017; VEISSIER et al., 2013). No caso específico da espécie suína, foram desenvolvidos três protocolos: um para matrizes e leitões, outro para suínos em crescimento e terminação e, por fim, para suínos no abatedouro.

Diversos estudos vêm sendo realizados a fim de se confirmar a aplicabilidade e a eficácia dos protocolos do Welfare Quality<sup>®</sup> em condições reais de produção de suínos. A fim de validar a metodologia do Welfare Quality<sup>®</sup>, Temple et al. (2011a) avaliaram 64.496 suínos em 30 granjas de sistema convencional na Espanha. Os autores comprovaram a utilidade da ferramenta e sugerem que é necessário, aproximadamente, 6 horas e 20 minutos para aplicação dos protocolos.

Estudando a aplicação do protocolo em abatedouros, Dalmau et al. (2009) avaliaram dez abatedouros na Espanha. Nesta pesquisa, os protocolos mostram-se eficazes, fornecendo uma visão ampla sobre o grau de bem-estar dos suínos. Além disso, os autores identificaram problemas específicos, como a insensibilização. Em estudo realizado por Veissier et al. (2013), o protocolo foi aplicado em 71 granjas de suínos na fase de crescimento em diferentes países. Os autores concluíram que o protocolo pode ser utilizado em diversas situações, embora reconheçam que algumas alterações são necessárias.

Em pesquisa conduzida por Temple et al. (2011b), consideraram-se as diferenças comportamentais em suínos produzidos em condições intensivas e extensivas. Foi detectada maior incidência de comportamentos negativos em suínos mantidos em condições de confinamento. A avaliação baseada no comportamento fornece, na opinião dos autores, informações úteis para diferenciar o grau de bem-estar nas granjas. Todavia, os mesmos reconhecem que as diferenças de interpretação desta medida subjetiva podem levar a conclusões contraditórias. Resultados semelhantes foram encontrados por Otten et al. (2013), onde os pesquisadores apontaram ser o protocolo uma ferramenta fidedigna para a avaliação do bem-estar, salientando que as medidas comportamentais possuem maior variabilidade entre as granjas, devido sua subjetividade.

Mais recentemente, Czycholl et al. (2017) sugerem que algumas medidas, como ‘focinho torcido’ e prolapso retal, sejam removidas do protocolo a fim de aumentar sua viabilidade. Por outro lado, a mesma pesquisa destaca outras de suma importância, as quais foram nomeados indicadores *icebergs*. Como exemplo desses pode-se citar: bursite, densidade

animal, incidência de caudofagia, comportamentos sociais e a qualificação por adjetivos do *Quality Behaviour Assesment* (QBA).

Além das adequações propostas para melhorar a aplicabilidade do referido protocolo, é preciso pontuar as variações oriundas dos diferentes observadores, principalmente as devido a subjetividade de algumas medidas (e.g QBA). Tendo em vista essas questões, Czycholl et al. (2016 a,b) e Temple et al. (2013) detectaram déficit na confiabilidade de alguns indicadores de acordo com a percepções dos diferentes observadores. Os autores indicam que essas intercorrências possam afetar os cálculos finais e a interpretação dos resultados.

Embora existam questões a serem aprimoradas para aumentar sua eficiência, até o presente momento, o protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> é considerado uma ferramenta eficiente na avaliação holística do bem-estar dos animais de produção, fornecendo informações que podem ajudar no correto gerenciamento dos sistemas e aperfeiçoar as rotinas de manejo.

### 2.3 Bem-estar animal e mercado consumidor

O interesse da população nos métodos de produção dos alimentos que chegam a suas mesas é crescente. No contexto da produção animal, a forma como os animais são tratados desde o nascimento até a transformação em alimento, vem alterando significativamente a percepção do consumidor. De acordo com McInerney (2004), o conceito de qualidade de um alimento envolve o seu valor nutritivo e suas características sensoriais, bem como seu local de origem e os métodos de produção. O mesmo autor afirma que o bem-estar dos animais está se tornando umas das características mais proeminentes na preferência dos consumidores.

Embora seja cada vez maior o número de debates em torno das questões relativas à criação animal, grande parte da população ainda não possui conhecimentos sobre como os sistemas de produção geram os alimentos. Desta forma, é de suma importância que a comunidade científica proporcione informações objetivas e de fácil entendimento sobre a forma que o bem-estar animal está inserido nos sistemas de produção modernos.

Dentro da realidade da produção de suínos, alguns países já anunciaram modificações em suas legislações. A União Europeia é pioneira em ações que priorizam o bem-estar na cadeia produtiva, porém reflexos são vistos também em outros continentes. No continente americano, estados americanos, como Califórnia e Flórida, estão, gradativamente, restringindo o uso de celas individuais para fêmeas em período gestacional. Já no Canadá, é proibida a projeção de granjas com celas individuais para matrizes desde 2014 e é previsto que as demais se adequem até o ano de 2024 (LUDTKE et al., 2014).

Neste “novo tempo” iniciado pela União Europeia, o Brasil começou a responder as iniciativas internacionais por meio da negociação de protocolos de intenções com a Comissão Europeia e acordos internos com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), para concretizar a restrição do uso das celas de gestação (GALVANI, 2014; LOPES, 2014). Em 2008, a IN 56/2008 estabelece recomendações para os sistemas de produção animal, no que diz respeito ao transporte, boas práticas e bem-estar animal. Somado a isso, o governo, por meio do CNPq, vem apoiando cada vez mais pesquisas sobre o tema.

Um marco notório é a criação da Comissão Técnica Permanente de Bem-estar Animal (CTBEA), que atua sob responsabilidade do MAPA e é responsável pelas ações oficiais voltadas para as questões relativas ao bem-estar dos animais de produção e de interesse econômico. Mais recentemente, a IN nº 12, de maio de 2017, estabeleceu normas para o credenciamento de entidade para realizar o Treinamento em Manejo Pré-abate e Abate de Animais com fins de capacitar e emitir Certificado de Aptidão dos responsáveis pelo abate humanitário nos estabelecimentos de abate para fins comerciais (BRASIL, 2017).

No âmbito estadual, o Paraná, por meio da Portaria nº 265, da Agência de Defesa Agropecuária do Paraná, discorre sobre aspectos da biosseguridade mínima para suinocultores visando à redução de riscos e aumento da proteção das granjas quanto à introdução e disseminação de agentes infecciosos causadores de doenças (PARANÁ, 2018).

Além do interesse governamental em níveis nacionais e estaduais, notórias empresas do ramo *food service* vêm adotando medidas que visam atender o bem-estar dos animais. Mais de 60 grandes empresas alimentícias, como McDonald's e Burger King, adotam restrições quanto a aquisição de matérias primas provenientes de sistemas de produção animal não adequados, exigindo, desta forma, que seus fornecedores cumpram os requisitos de bem-estar. No Brasil, grandes integradoras anunciaram a restrição do uso de celas de gestação e parição (GALVANI, 2014).

A adoção das medidas acima citadas aumenta e polemiza o debate em torno do tema, pois há conflitos de interesses entre o bem-estar animal e a produtividade (MCINERNEY, 2004; MOLENTO, 2005). Para Molento (2005), os animais devem ser alimentados, abrigados e mantidos saudáveis até o ponto em que isto compense financeiramente, mas isso nem sempre está aliado aos interesses dos consumidores.

Mesmo que a falta de bem-estar possa representar perdas na produtividade e, conseqüentemente, na lucratividade, algumas medidas podem aumentar os custos de produção, em um primeiro momento. Nesta ótica há, invariavelmente, um aumento de preço do produto

disponibilizado nas gôndolas do supermercado. A partir disso, é preciso ter em mente que este novo mercado dependerá da intenção de compra dos consumidores. A pesquisa realizada por Toma et al. (2012) indica que a intenção de pagar mais por um produto proveniente de um sistema de produção adequado às normas de bem-estar animal varia em função da classe social, do grau de informação e idade do consumidor.

## 2.4 Enriquecimento ambiental

Visando atender as necessidades comportamentais dos animais, a legislação europeia, por meio da diretiva 2008/120/CE, estabelece o uso de materiais de enriquecimento ambiental que promovam o comportamento investigatório e manipulatório dos suínos. Contudo, tal diretiva não especifica os tipos de materiais a serem utilizados e nem a quantidade, abrindo margem para interpretações.

De acordo com a OIE (2019), enriquecimento ambiental pode ser caracterizado como o aumento da complexidade do ambiente no qual o animal de confinamento a fim de promover a expressão do comportamento normal, fornecendo estímulos cognitivos e melhorando, desta forma, seu estado físico e mental. Ambientes enriquecidos podem impactar positivamente no bem-estar, possibilitando a expressão de comportamentos específicos da espécie (BRACKE, 2017).

Os estudos sobre a utilização de materiais de enriquecimento iniciaram-se em meados de 1960, focando em animais de zoológicos. Posteriormente, estes estudos foram estendidos para animais de produção. O enriquecimento ambiental deve propiciar aumento no comportamento específico das espécies, manter ou melhorar a condição sanitária dos animais, melhorar os parâmetros econômicos da granja e, ao mesmo tempo, ser prático aos funcionários (VAN DE WEERD; DAY, 2009).

Para atender os propósitos do enriquecimento, inúmeras práticas podem ser realizadas. Desta forma, pode-se classificar os tipos de enriquecimento em: social (com a introdução de outros animais no ambiente de confinamento, podendo ser da mesma espécie ou não); alimentar (disponibilização de caça, alimentos); físicas (objetos para exercício, dentre outros) e cognitivo/social (brinquedos, sabores). Entretanto, alguns tipos de enriquecimento podem se enquadrar em mais de uma classificação, concomitantemente. De acordo com Silva (2011), tais modificações respaldam-se em aproximar o ambiente de confinamento aos habitats naturais de cada espécie. Para isso, pode-se introduzir cordas, troncos e diferentes tipos de vegetação.

Em situações comerciais, é comum observarmos a presença de pneus, correntes metálicas, brinquedos em baias de suínos em fase de crescimento e terminação, devido a sua praticidade. Porém sua eficácia é questionada, uma vez que estudos observaram que suínos perdem o interesse nestes materiais após poucos dias de sua colocação (GUY et al., 2013; TRICKETT; GUY; EDWARDS, 2009; DOCKING et al., 2008; BRACKE et al., 2006). Neste contexto, pesquisas são desenvolvidas a fim de detectar características de objetos mais atrativas para melhorar a eficácia do enriquecimento, abordando estímulos cognitivos e sensoriais que estimulem o aprendizado e prolonguem o interesse pelos objetos (FOPPA et al., 2018; MACHADO et al., 2017; GRIMBERG-HENRICI et al., 2016).

Em sua pesquisa, Van de Weerd et al. (2003) observaram que objetos de enriquecimento ambiental ingeríveis, aromatizados e mastigáveis são mais interessantes para suínos, uma vez que estes animais são curiosos e apresentam comportamento manipulatório e investigatório. Já Zonderland et al. (2008) relataram que a flexibilidade e destrutibilidade contribuem para o sucesso da prática de enriquecimento ambiental. Opiniões mais recentes sugerem que, desde que adaptadas, as correntes metálicas tornam-se mais atrativas para suínos, aliando o interesse dos animais à maior durabilidade do material (BRACKE; KOENE, 2019; BRACKE, 2017).

Evidências sugerem benefícios diretos com fornecimento de enriquecimento ambiental, como: aumento no comportamento lúdico de leitões e mitigação das respostas ao estresse durante o período pós desmame (YANG et al., 2018), redução a severidade de algumas doenças infecciosas, como “*Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome*” - PRRS) e pleuropneumonia (*Actinobacillus pleuropneumoniae*) (VAN DIXHOORN et al., 2016). Além disso, não há efeitos deletérios na qualidade da carne e da carcaça dos animais (VITALI et al., 2019), tampouco no desempenho produtivo (NANNONI et al., 2019).

O enriquecimento ambiental por meio do fornecimento de objetos, substratos ou cama sobreposta capazes de satisfazer as necessidades comportamentais de suínos vem se tornando, cada vez mais, uma ferramenta valiosa para combater os problemas do bem-estar dos animais, diminuindo a incidência de comportamentos deletérios (MKWANAZI et al., 2019). Preservados benefícios diretos que o enriquecimento ambiental agrega ao bem-estar dos suínos, essa ferramenta pode colaborar na construção de uma imagem mais ética e humanitária aos sistemas de produção animal, uma vez que são facilmente percebidas por pessoas sem contato direto com o setor.

## 2.5 Criação de suínos em sistema de cama sobreposta

De forma geral, o sistema fundamenta-se na criação de suínos em leito formado por uma cama, cuja composição pode ser variada, como maravalha, serragem, casca de arroz, dentre outros materiais disponíveis na região. Neste sistema, os dejetos são misturados ao substrato e, posteriormente, submetidos ao processo de compostagem *in situ*.

A criação de suínos em cama sobreposta visa a produção de suínos com maior grau de bem-estar animal, possibilitando ao animal a capacidade de modificar seu próprio microambiente (HILL, 1990) e desponta como alternativa para resolver o problema da poluição ambiental (ZHANG; HE, 2006).

Conhecido internacionalmente como *deep-bedding*, o sistema foi trazido para o Brasil pela EMBRAPA como alternativa para os convencionais modelos de produção, destacando-se pelo menor custo de implantação, maior facilidade no tratamento dos dejetos e menor poder de poluição (DALLA COSTA et al., 2006). Todavia, a ocorrência deste modelo no Brasil é ainda limitada, pois é, frequentemente, considerado um modelo impraticável para os produtores nacionais (HÖTZEL et al., 2009), entretanto como resposta às novas demandas do setor, observa-se o interesse nesse sistema.

Segundo a EMBRAPA, na cobertura das instalações deve-se utilizar materiais que possuam baixa condução de calor, a fim de minimizar o efeito da radiação solar. Ademais, o piso de concreto é apenas usado na área destinada aos comedouros e bebedouros, que poderão ser os mesmos utilizados nos sistemas convencionais. Recomenda-se altura da cama mínima de 0,50m e revolvimento nos intervalos entre lotes ou quando necessário (DALLA COSTA et al., 2006).

A ocorrência deste sistema na Europa foi descrita por Temple (2012a). Segundo a autora, na França aproximadamente 7% das granjas adotam o modelo de cama sobreposta para suínos nas fases de crescimento e terminação, enquanto na Espanha o uso ainda é limitado devido a incompatibilidade do sistema com as altas temperaturas do país e a escassez de material utilizado para a confecção da cama (TEMPLE, 2012).

Em estudo realizado por Oliveira (2000), observou-se uma tendência de suínos em cama sobreposta ganharem mais peso nas épocas do ano em que a temperatura é mais baixa, enquanto nos meses mais quentes, suínos em piso de concreto apresentaram maiores ganhos de peso. Avaliando o uso da cama sobreposta, Larson et al. (1999) encontraram piora na eficiência alimentar nos animais produzidos em sistema de cama sobreposta.

Avaliando comportamento, desempenho e parâmetros fisiológicos de suínos criados em cama sobreposta, Caldara et al. (2012) não encontraram diferenças nas características de desempenho e parâmetros fisiológicos, mas observaram impacto positivo no comportamento de suínos em crescimento, com redução da incidência de comportamentos agonísticos.

Quando comparados aos sistemas convencionais de produção, a cama sobreposta apresenta baixo custo de instalações (MORRISON et al., 2003), melhora o bem-estar dos animais (BRACKE; HOPSTER, 2006; STUDNITZ; JENSEN; PEDERSEN, 2007, CALDARA et al., 2012), além de serem ambientalmente sustentáveis, gerando menor impacto ambiental (WANG; WANG, 2010), sem prejudicar o desempenho dos animais (CALDARA et al., 2012).

A utilização de cama também contribui para o aumento na sensação de conforto para o leitão deitar-se, com considerável diminuição dos problemas de claudicação e bursites (SCOTT et al., 2006; TEMPLE et al., 2012b). Outro benefício é a redução do volume total de dejetos e a possibilidade de utilização desta cama como fertilizantes para a agricultura (OLIVEIRA, 2000).

Preservados os nítidos pontos a favor da utilização da cama, sobretudo em questões comportamentais, é necessário pontuar algumas limitações desse sistema as quais restringem sua expansão no território nacional. No verão, há um aumento de, aproximadamente, 15% no consumo de água (DALLA COSTA et al., 2006). A dificuldade dos suínos em realizar trocas de calor pode representar adversidades para o uso da cama em locais de clima quente, uma vez que a cama possui temperatura mais elevada em comparação ao piso de concreto. Neste cenário, temperatura corporal crítica é alcançada antes e, desta forma, há um aumento na probabilidade dos suínos troquem calor em seus próprios excrementos (TEMPLE et al., 2006), o que piora o *status* de higiene dos animais (SCOTT et al., 2006).

Outros aspectos de suma importância incluem acompanhar constantemente o status sanitário do plantel e prever a disponibilidade de matéria prima para a confecção da cama (DALLA COSTA et al., 2006). Além disso, há a necessidade de maiores cuidados nas edificações e necessidade de ventilação, para retirada do vapor d'água e gases provenientes da degradação dos dejetos e respiração animal (e.g. amônia, metano, dióxido de carbono).

Morés (2000) destaca a importância do monitoramento dos aspectos sanitários associados com a ocorrência de linfadenite. As lesões não tuberculosas causadas pela bactéria *Mycobacterium avium-intracellulare* caracterizam uma patologia que não afeta o desempenho produtivo dos animais nem ocasiona mortalidade deles, todavia geram problemas nos

frigoríficos. Animais acometidos pela enfermidade podem ter as carcaças condenadas (DIAS et al., 2014).

De uma forma geral, há poucas pesquisas acerca da produção de suínos baseadas no sistema do uso de cama sobreposta no Brasil e, portanto, há necessidade de mais informações para desmistificar os problemas da sua aplicação e possíveis soluções para os eventuais problemas. Para Morrison et al. (2006) e Barnett et al. (2001), é essencial a realização de estudos que abordem o bem-estar animal, englobando medidas de fisiologia do estresse e comportamento, em suínos criados em sistemas de cama sobreposta em comparação aos modelos convencionais.

## 2.6 Emissão de amônia (NH<sub>3</sub>) e gases de efeito estufa (GEEs) pela suinocultura

Junto com as questões relativas ao bem-estar dos animais, a preocupação com os impactos ambientais gerados pela pecuária, principalmente as emissões de gases de efeito estufa, está cada vez mais em voga. Dentre os gases que intensificam o aquecimento da Terra estão o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Embora não seja especificamente um GEE, a amônia é comumente associada nesses estudos por estar envolvida nos processos bioquímicos de formação e dissociação dos demais gases e causar danos diretos de acidificação do solo e da água (NI et al., 2018; SANTONJA et al., 2017).

Além dos danos ambientais, a amônia, frequentemente é associada às causas de doenças respiratórias em suínos, incluindo rinite atrófica e pneumonia (SANTONJA et al., 2017) e a prejuízos no desempenho dos animais (KIEFER et al., 2010). Estudos indicam que o aumento nas concentrações de CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, poeira e demais contaminantes pode afetar o consumo de ração de suínos em aproximadamente 160g.d<sup>-1</sup>, diminuindo assim o ganho de peso diário em 75 g (FRANÇA, 2010).

Na suinocultura, emissões de gases estão mais bem documentadas em sistemas que adotam o piso ripado e, nesse sentido, a literatura carece de dados a respeito do sistema de cama sobreposta (PHILIPPE et al., 2007), sobretudo em regiões de clima tropical. Em condições de cama, as emissões dos referidos gases podem ser afetadas pelo tipo e quantidade de substrato, densidade animal, sistema de ventilação, características da instalação, manejo e remoção de dejetos e condições climáticas do local (BLANES-VIDAL et al., 2008; PHILIPPE; CABARAUX; NICKS, 2011; PHILIPPE E NICKS, 2014).

A amônia é um gás poluente de odor irritante característico que exerce papel crucial na acidificação e eutrofização dos ecossistemas (KRUPA, 2003). Nos galpões de suínos, a amônia tem origem nas reações de mineralização do nitrogênio orgânico que são excretados

pelas fezes e, em sua maioria, pela urina (PHILLIPEE et al., 2011). Em sistema de cama, a amônia também pode ser oriunda da combinação de alto conteúdo de  $\text{NH}_4^+$ , pH e altas temperaturas devido a atividade microbiana aeróbica da cama (PHILIPPE et al., 2007).

As concentrações de  $\text{NH}_3$  nas instalações de suínos variam de 0 a 40 ppm e geralmente são mais altas nas fases de crescimento e terminação. Os valores observados na suinocultura são maiores do que nas instalações de bovinos, todavia menores em relações a instalações de aves (NI et al., 2018). Os resultados de emissões de amônia diferem significativamente entre os dados relatados na literatura e podem e apresentam padrões diurnos e sazonais (AARNINK, 1995). Ni et al. (2018) sugerem que a emissão varie de 2,2 a 447,6 g.d<sup>-1</sup>.AU<sup>-1</sup>, considerando AU=500 kg de peso vivo.

De acordo com Sousa e Perdesen (2003), a emissão de amônia é oriunda da taxa de ventilação e dos fluxos de concentração de amônia no interior das instalações, sendo altamente correlacionada com a atividade física animal. Para mitigar as emissões de amônia, baseados nessa premissa, os autores sugerem aumentar a velocidade de ventilação no interior das edificações durante os picos de atividade dos animais, que geralmente coincide com os horários de alimentação. As emissões deste gás também são positivamente correlacionadas com a temperatura (CORTUS et al., 2008).

Por sua vez, o  $\text{CO}_2$  em instalações de suínos, em sua maioria, provém da respiração dos animais e da degradação da matéria orgânica presente nos dejetos (CABARAUX et al, 2009). Estima-se que as emissões de  $\text{CO}_2$  por kg de peso corporal de um suíno em crescimento são de 2,61 kg, dos quais 21% são oriundos dos insumos, 46% da produção de ração, 17% do manejo de dejetos, com 11% de alojamento e 5% provenientes da fermentação entérica (KUPPER, 2017).

Em sistema de cama, onde os dejetos passam por um processo de compostagem *in situ*, a principal via de produção de  $\text{CO}_2$  a partir do esterco é aeróbia, por microrganismos mesofílicos e termofílicos, responsáveis pela conversão da matéria orgânica degradável (WOLTER et al., 2004). Esses processos são altamente influenciados pela temperatura (ideal de  $\sim 15^\circ\text{C}$ ) (MØLLER; SOMMER; AHRING, 2004), umidade, relação carbono/nitrogênio, degradabilidade dos compostos de carbono, pH e estrutura física do material orgânico (JEPPSSON, 2000; PAILLAT et al., 2005).

Embora sejam mais semelhantes na fase de crescimento e terminação em relação as demais fases, as emissões de  $\text{CO}_2$  podem sofrer variações de acordo com o sistema de alojamento, taxa de ventilação, práticas de manejo, formulação de dieta e metodologia de

deteção do gás (PHILLIPE; NICKS, 2014). Em termos de efeito estufa, as emissões de CO<sub>2</sub> são as mais preocupantes, uma vez que são as de maior volume na atmosfera (IPCC, 2006).

A produção de metano é proveniente da degradação anaeróbica de matéria orgânica pela atividade bacteriana em condições de pH próximo à neutralidade (SANTONJA et al., 2017; NICKS et al., 2003). Em instalação de suínos, esse gás provém do trato digestivo animal e da decomposição dos dejetos, influenciados pelo teor de fibra alimentar, altas temperaturas, alto teor de matéria orgânica e baixa disponibilidade de oxigênio e, principalmente, pelo manejo de dejetos praticados na granja (PHILLIPE; NICKS, 2014).

Em pesquisa conduzida por Haeussermann et al. (2006), os autores detectaram influência da temperatura média diária externa (acima de 25°C) nas emissões de CH<sub>4</sub> e que essas foram significativamente reduzidas com a limpeza e remoção completa dos dejetos ao final de ciclo de produção.

A formação de óxido nitroso ocorre apenas durante os processos de decomposição dos dejetos. De acordo com Santonja et al. (2017), esse gás se origina a partir dos processos de desnitrificação de nitrificação incompletos, por meio da combinação das vias aeróbicas e anaeróbicas. Todavia, os mesmos autores sugerem que devido aos vários fatores que influenciam na produção e emissão de N<sub>2</sub>O, principalmente na presença de cama sobreposta, os resultados são discrepantes.

De forma geral, as emissões desse gás são baixas e, por vezes, podem não ser detectadas em amostragens (CABARAUX et al., 2009; ZHANG et al., 2007). Contudo, o N<sub>2</sub>O apresenta potencial causador de efeito estufa 298 vezes maior em comparação ao CO<sub>2</sub> e meia-vida na atmosfera estimada em 114 anos (STEINFELD et al., 2006).

Ao comparar emissões de GEE em sistemas de piso ripado vs. cama sobreposta (palha), Cabaraux et al. (2009) observaram emissões médias de 0,31 de NH<sub>3</sub>; 0,00 de N<sub>2</sub>O; 0,91 de CH<sub>4</sub> e 303 de CO<sub>2</sub> para pisos ripados e 0,61 de NH<sub>3</sub>; 0,03 de N<sub>2</sub>O; 0,75 de CH<sub>4</sub> e 334 de CO<sub>2</sub>, em instalações com a presença de cama. Neste estudo, todas as emissões foram expressas em g/suíno/dia.

Entretanto, é válido ressaltar que há uma ampla gama de manejos que podem ser adotadas nesse sistema que irão influenciar diretamente nas taxas de emissão. Dentre os fatores, pode-se citar: características físico-químicas do leito, densidade e espessura da cama, bem como sua frequência de aplicação e estratégias de remoção, densidade animal e nutrição.

Segundo Sommer e Moller (2000), a emissão de GEEs durante os processos de compostagem da cama sobreposta, as emissões são maiores se a espessura do leito for baixa. Os autores sugerem que maiores quantidades de cama, aumentam a porosidade do material, o

que contribui para mitigação das emissões. O tipo de substrato utilizado como leito também pode afetar as taxas de emissões. Neste sentido, Nicks et al. (2004) compararam a utilização de palha e maravalha nas emissões de GEE em instalações de suínos em fase de terminação. Os materiais apresentaram emissões similares de CO<sub>2</sub>, entretanto houve um aumento expressivo de N<sub>2</sub>O (2,09 vs. 0,03g) quando utilizado maravalha.

Em granjas europeias, pode haver a reposição do material de cama dentro do mesmo ciclo de produção. Nessa abordagem, Guingand e Rugani (2013) observaram aumento nas emissões de CH<sub>4</sub> (+ 40%) e N<sub>2</sub>O (+ 167%) quando a frequência de reposição de cama era semanal em comparação a quinzenal. Os autores atribuem os resultados ao aumento da quantidade de carboidratos degradáveis para ação microbiana.

A produção, concentração e emissões de GEEs e amônia em instalações de suínos são fortemente influenciadas pelas características de instalação, manejo de dejetos, nutrição, taxa de ventilação, condições de temperatura e umidade, dentre outros. Phillippe e Nicks (2014) apontam que os benefícios da utilização da cama sobreposta proeminentes para o bem-estar dos animais, nem sempre são perceptíveis em aspectos relacionados aos impactos ambientais. Embora tenham sido discutidas separadamente nessa revisão, na prática, há um efeito sinérgico na produção e emissão dos gases e, por isso, intercorrências podem ser observadas de acordo com as características do estudo. Grande parte das pesquisas a respeito da emissão de gases pela suinocultura, sobretudo em sistemas de cama sobreposta, são realizadas na Europa. Espera-se que em condições brasileiras haja uma variação nos resultados encontrados.

## REFERÊNCIAS

AARNINK, A.J.A.; KEEN, A.; METS, J.H.M.; et al. Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.62, p. 105-116, 1995.

BALCOMBE, J. Animal pleasure and its moral significance. **Applied Animal Behaviour Science**, n. 118, p. 208–216. 2009.

BARNETT, J.L.; HEMSWORTH, P.H.; CRONIN, G.M. et al. A review of the welfare issues for sows and piglets in relation to housing. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 52, n. 1, p. 1-28, 2001.

BARTUSSEK, H. A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation. **Livestock Production Science**, v. 61, n. 2-3, p. 179-192, 1999.

BARTUSSEK, H. An historical account of the development of the animal needs index ANI-35L as part of the attempt to promote and regulate farm animal welfare in Austria: an example of the interaction between animal welfare science and society. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science**, v. 51, n. S30, p. 34-41, 2001.

BLANES-VIDAL, V.; HANSEN, M. N.; PEDERSEN, S.; ROM, H. B. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 124, n. 3-4, p. 237-244, 2008.

BLOKHUIS, H. J. International cooperation in animal welfare: the Welfare Quality® project. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 50, n. 1, p. S10, 2008.

BRACKE, M.B.M.; HOPSTER, H. Assessing the importance of natural behavior for animal welfare. **Journal of Agricultural & Environmental Ethics**, v. 19, n. 1, p. 77-89, 2006.

BRACKE, M.B.M.; ZONDERLAND, J.J.; LENSKENS, P. et al. Formalized review of environmental enrichment for pigs in relation to political decision making. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 98, n. 3-4, p. 165-182, 2006

BRACKE, M.B.M. Chains as proper enrichment for intensively-farmed pigs? In: ŠPINKA, M. *Advances in Pig Welfare*. Duxford: Woodhead Publishing, 2017. cap. 6, p. 167-197.

BRACKE, M.B.M.; KOENE, P. Expert opinion on metal chains and other indestructible objects as proper enrichment for intensively-farmed pigs. **PloS One**, v. 14, n. 2, p. e0212610, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 30 de maio de 2017. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, D.F, n. 103, p. 5, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Apresentação minuta IN suínos. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/boas-praticas-e-bem-estar-animal/FinalizaoGTSunos.pdf/view>. Acesso em: 18 jul. 2019.

BRIDI, A.M.; NICOLAIEWSKY, S.; RÜBENSAM, J.M. et al.. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção no desempenho produtivo e na qualidade da carcaça suína. **Revista Brasileira De Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 942-950, 2003a

BRIDI, A.M.; RUBENSAM, J.M.; NICOLAIEWSKY, S. et al. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p.1362-1370. 2003b.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**, v. 142, n. 6, p. 524-526, 1986.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 10, p. 4167-4175, 1991.

CALDARA, F.R.; ROSA, P.S.; FERREIRA, R.A. et al. Behavior, performance and physiological parameters of pigs reared in deep bedding. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 38-46, 2012.

CABARAUX, J.F.; PHILIPPE, F.X.; LAITAT, M. et al. Gaseous emissions from weaned pigs raised on different floor systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 130, n. 3-4, p. 86-92, 2009.

COLONIUS, T. J.; EARLEY, R.W. One welfare: a call to develop a broader framework of thought and action. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 242, n. 3, p. 309, 2013.

CORTUS, E. L.; LEMAY, S. P.; BARBER, E. M. et al. A dynamic model of ammonia emission from urine puddles. **Biosystems Engineering**, v. 99, n. 3, p. 390-402, 2008.

CZYCHOLL, I.; BÜTTNER, K.; BEILAGE, E.; KRIETER, J. Review of the assessment of animal welfare with special emphasis on the " Welfare Quality® animal welfare assessment protocol for growing pigs". **Archives Animal Breeding**, v. 58, n. 2, p. 237-249, 2015.

CZYCHOLL, I.; KNIESE, C.; BÜTTNER, K. et al. Interobserver reliability of the 'Welfare Quality® Animal Welfare Assessment Protocol for Growing Pigs'. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1114, 2016a.

CZYCHOLL, I.; KNIESE, C.; BÜTTNER, K. et al. Test-retest reliability of the Welfare Quality® animal welfare assessment protocol for growing pigs. **Animal Welfare**, v. 25, n. 4, p. 447-459, 2016b.

CZYCHOLL, I.; KNIESE, C.; SCHRADER, L.; KRIETER, J. Assessment of the multi-criteria evaluation system of the Welfare Quality® protocol for growing pigs. **Animal**, v. 11, n. 9, p. 1573-1580, 2017.

DALLA COSTA, O.A.; OLIVEIRA, P. D.; HOLDEFER, C. et al. Sistema alternativo de criação de suínos em cama sobreposta para agricultura familiar. Comunicado Técnico, Março. 2006.

DALMAU, A.; TEMPLE, D.; RODRIGUEZ, P. et al. A. Application of the Welfare Quality® protocol at pig slaughterhouses. **Animal Welfare**, v. 18, n. 4, p. 497-505, 2009.

DAWKINS, M.S. Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?. **Animal Production Science**, v. 57, n. 2, p. 201-208, 2017.

DIAS, C.P., SILVA, C.A., MANTECA, X. Bem-estar dos Suínos. O Autor: Londrina. 403p. 2014.

DOCKING, C. M.; VAN DE WEERD, H. A.; DAY, J. E. L.; EDWARDS, S. A. The influence of age on the use of potential enrichment objects and synchronisation of behaviour of pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 110, n. 3-4, p. 244-257, 2008.

DOKMANOVIĆ, M.; VELARDE, A.; TOMOVIĆ, V. et al. The effects of lairage time and handling procedure prior to slaughter on stress and meat quality parameters in pigs. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 220-226, 2014.

DÜPJAN, S.; SCHÖN, P. PUPPE, B. et al. Differential vocal responses to physical and mental stressors in domestic pigs (*Sus scrofa*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 114, n. 1-2, p. 105-115, 2008.

EFSA- European Food Safety Authority. Basic information for the development of the animal welfare risk assessment guidelines p. 29. Itália. 2006.

FAO. Review of animal welfare legislation in the beef, pork, and poultry industries. 250p. 2014.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL (FAWC). Updates the five freedoms. *Veterinary Record* 17, 357. 1992.

FOPPA, L.; CALDARA, F.R.; MOURA, R. et al. Pig's behavioral response in nursery and growth phases to environmental enrichment objects. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 3, p. 0507, 2018

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. Farm animal behaviour and welfare. 3rd ed. London : Baillière Tindall, 437 p. 1990.

FRIEDRICH, L.; KRIETER, J.; KEMPER, N.; CZYCHOLL, I. Test-retest reliability of the Welfare Quality Assessment protocol for pigs applied to sows and piglets. Part 2. Assessment of the principles good feeding, good housing, and good health. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 3, p. 1143-1157, 2019.

GALVANI, C. Bem-estar animal. *Brasil Post*, Brasil, 29 set. 2014. Bem-estar animal na indústria suína: mais um passo na direção certa. 2014. In: [http://www.brasilpost.com.br/carolina-galvani-bruun/bemestar-animal-na-industria-suina\\_b\\_5900000.html](http://www.brasilpost.com.br/carolina-galvani-bruun/bemestar-animal-na-industria-suina_b_5900000.html) Acesso em 18/10/2016. Acesso em 20. Out. 2016

GENTRY, J.G.; MCGLONE, J.J.; BLANTON, J.R.; MILLER, M.F. Alternative housing systems for pigs: Influences on growth, composition, and pork quality. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 7, p. 1781-1790, 2002.

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B. et al. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013.

GRIMBERG-HENRICI, C. G.; VERMAAK, P.; BOLHUIS, J. E. et al. Effects of environmental enrichment on cognitive performance of pigs in a spatial holeboard discrimination task. **Animal Cognition**, v. 19, n. 2, p. 271-283, 2016.

GRANDIN, T. Environmental Enrichment for Confinement pigs. Livestock Conservation Institute. **Annual Meeting Proceedings**, p. 119-123. 1988.

GUINGAND, N.; RUGANI, A. Incidence de la réduction de la quantité de paille et de la fréquence des apports sur les émissions d'ammoniac, de GES et d'odeurs chez les porcs en engraissement. **Journées Rech. Porcine**, v. 45, p. 141-142, 2013.

GUY, J.H.; MEADS, Z.A.; SCHIEL, R.S.; EDWARDS, S.A. The effect of combining different environmental enrichment materials on enrichment use by growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 144, n. 3-4, p. 102-107, 2013.

HAEUSSERMANN, A.; HARTUNG, E.; GALLMANN, E. Influence of season, ventilation strategy, and slurry removal on methane emissions from pig houses. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 112, n. 2-3, p. 115-121, 2006.

HÖTZEL, M.J.; MACHADO FILHO, L.C.P. Bem-estar Animal na Agricultura do Século XXI. **Revista de Etologia**, v. 6, n. 1, p. 3-15, 2004.

HURNIK, J.F. Behaviour. In: PHILLIPS, C., PIGGINS, D. (Ed.). Farm animals and the environment. Wallingford: CAB International, cap. 13, p. 235-244. 1992.

IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

JEPSSON, K.-H. Structure and environment: carbon dioxide emission and water evaporation from deep litter systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 77, n. 4, p. 429-440, 2000.

KIEFER, C.; MOURA, M. S. D.; SILVA, E. A. D. et al. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.496-504, 2010.

KRUPA, S. V. Effects of atmospheric ammonia (NH<sub>3</sub>) on terrestrial vegetation: a review. **Environmental Pollution**, v. 124, n. 2, p. 179-221, 2003.

KUPPER, T. Integration of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and diatomic nitrogen (N<sub>2</sub>) emissions into N-flow models for the determination of ammonia emissions Evaluation based on a literature review. Bern University of Applied Sciences, School of Agricultural, Forest and Food Sciences, 2017.

LOPES, G. C. Bem-estar animal. MAPA, Brasil, 27 de nov. 2014. Mapa assina termo de cooperação com a ABCS. 2014.

In:<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/11/mapa-assina-termo-de-cooperacao-com-a-abcs> Acesso em 18. Out.2016.

LUDTKE, C.B.; CALVO, A.V.; BUENO, A.D. Produção de Suínos- Teoria e Prática. Associação Brasileira dos Produtores de Suínos. Brasília, cap. 4, 2014. 908p.

MACHADO, S. P.; CALDARA, F. R.; FOPPA, L. et al. Behavior of pigs reared in enriched environment: Alternatives to extend pigs attention. **PloS One**, v. 12, n. 1, p. e0168427, 2017.

MACHADO FILHO, L.C.P.; HÖTZEL, M.J. Bem- estar dos suínos. Em: V Seminário internacional de suinocultura. Anais... Gessuli. São Paulo, p. 70-82. 2000.

MANTECA, X.; VELARDE, A.; JONES, B. Animal Welfare Components. In: SMULDERS, F., ALGERS, B. (Ed) Welfare of production animals: assessment and management of risks. The Netherlands, 2009. p. 61-77.

McINERNEY, J.P. Animal welfare, economics and policy – report on a study undertaken for the Farm & Animal Health Economics Division of Defra, 2004. In: <http://www.defra.gov.uk/esg/reports/animalwelfare.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

MKWANAZI, M.V.; NCOBELA, C.N.; KANENGONI, A.T.; CHIMONYO, M. Effects of environmental enrichment on behaviour, physiology and performance of pigs—A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 1, 2019.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In. G. P. MOBERG, MENCH, J.A (EDS.) (Org). The Biology of Animal Stress. New York: CABI Publishing, p. 1-21, 2000.

MOLENTO, C. F. M. Bem-estar e produção animal: aspectos econômicos-revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p.1-11, 2005.

MØLLER, H. B.; SOMMER, S. G.; AHRING, B. K. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, n. 1, p. 27-36, 2004.

MONTENY, G.J.; BANNINPK, A.; CHADWICK, D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 112, n. 2-3, p. 163-170, 2006.

MORALES, O.E.S.; GONÇALVEZ, M.A.D.; STORTI, A. A. et al. Effect of different systems for the control of environmental temperature on the performance of sows and their litters. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2013.

MORÉS, N. Produção de suínos em cama sobreposta (deep bedding): aspectos sanitários. **Seminário Internacional de Suinocultura**, v. 5, p. 101-107, 2000.

MORRISON, R.S.; HEMSWORTH, P.H.; CAMPBELL, R.G.; CRONIN, G.M. The social and feeding behaviour of growing pigs in deep-litter, group housing systems. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 82, n. 3, p. 173-188, 2003.

MORRISON, R.S.; JOHNSTON, L.J.; HILBRANDS, A.M. The behaviour, welfare, growth

performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 103, n. 1-2, p. 12-24, 2007.

NANNONI, E.; SARDI, L.; VITALI, M. et al. Enrichment devices for undocked heavy pigs: effects on animal welfare, blood parameters and production traits. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 45-56, 2019.

NI, J.Q.; HEBER, A.J.; LIM, T.T. Ammonia and hydrogen sulfide in swine production. In: *Air Quality and Livestock Farming*. CRC Press, 2018. p. 69-88.

NICKS, B.; LAITAT, M.; FARNIR, F. et al. Gaseous emissions from deep-litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. **Animal Science**, v. 78, n. 1, p. 99-107, 2004.

NICKS, B.; LAITAT, M.; VANDENHEEDE, M. et al. Emissions of ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide and water vapor in the raising of weaned pigs on straw-based and sawdust-based deep litters. **Animal Research**, v. 52, n. 3, p. 299-308, 2003.

OIE. Organização Mundial de Saúde Animal. Terrestrial Animal Health Code. 2019. Animal Welfare and Pig Production Systems Disponível em: [https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health\\_standards/tahc/current/chapitre\\_aw\\_pigs.pdf](https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_pigs.pdf)

de OLIVEIRA, P. A. V. Produção de suínos em sistemas deep bedding: experiência brasileira. In: *Seminário Internacional de Suinocultura*, 5, São Paulo, Anais...São Paulo, 2000. P. 89-1000.

OTTEN, D.; ANNAS, E.; VAN DEN WEGHE, H.F.A. The application of animal welfare standards in intensive production systems using the assessment protocols of Welfare Quality: fattening pig husbandry in Northwest Germany. **International Journal of Livestock Production**, v. 4, n. 4, p. 49-59, 2013.

PAILLAT, J. M.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; LETERME, P. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon and nitrogen biodegradability during animal waste composting. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 36, p. 6833-6842, 2005.

PARANÁ. Portaria ADAPAR Nº 265 de 17 de setembro de 2018. Estabelece a biosseguridade mínima para estabelecimentos que produzem suínos para fins comerciais. Diário Oficial Eletrônico - DOE-PR, 20 set. 2018. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=367596> Acesso em: 22 agosto. 2019.

PETERSEN, S.O.; SOMMER, S.G. Ammonia and nitrous oxide interactions: Roles of manure organic matter management. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166, p. 503-513, 2011.

PINILLOS, R. G.; APPLEBY, M. C.; MANTECA, X., et al. One welfare—a platform for improving human and animal welfare. **Veterinary Record**, v. 179, n. 16, p. 412-413, 2016.

PHILIPPE, F.-X.; NICKS, B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 199, p. 10-25, 2014.

PHILIPPE, F.X.; CABARAUX, J.F.; NICKS, B. Ammonia emissions from pig houses:

Influencing factors and mitigation techniques. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 141, n. 3-4, p. 245-260, 2011.

PHILIPPE, F. X.; LAITAT, M.; CANART, B. et al. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. **Livestock Science**, v. 111, n. 1-2, p. 144-152, 2007.

POLETTO, R.; MEISEL, R. L.; RICHERT, B. T. et al. Aggression in replacement grower and finisher gilts fed a short-term high-tryptophan diet and the effect of long-term human–animal interaction. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 122, n. 2-4, p. 98-110, 2010.

POOLE, T. Natural behaviour is simply a question of survival. **Animal Welfare**, v. 5, n. 2, p. 218-218, 1996.

SANTONJA, G. G.; GEORGITZIKIS, K.; SCALET, B. M. et al. Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs. European Commission, 2017.

da SILVA, M.E.; ALVES, A.P.F; BARCELLOS, M.D. “Sustainable Beef”: práticas para a sustentabilidade na cadeia da carne bovina gaúcha. **Desenvolvimento em Questão**, v. 14, n. 35, p. 274-306, 2016.

SILVA, R. O. Enriquecimento ambiental cognitivo e sensorial para onças-pintadas (*Panthera onca*) sedentárias em cativeiro induzindo redução de níveis de cortisol promovendo bem-estar. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Comportamento/Departamento de Processos Psicológicos Básicos – PPB/Instituto de Psicologia – IP/Universidade de Brasília- Unb, 2011.

SMIDT, D. Indicators Relevant to Farm Animal Welfare (Smidt, D. Ed. Vol. 23). The Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers. 1983.

SOMMER, S.G.; MØLLER, H.B. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production—effect of straw content. **The Journal of Agricultural Science**, v. 134, n. 3, p. 327-335, 2000.

de SOUSA, P.; PEDERSEN, S. Emissão de amônia, em instalações para suínos em crescimento-terminação, em relação a atividade animal. **Embrapa Suínos e Aves- Comunicado Técnico** (INFOTECA-E), 2003.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T. et al. 2006. Livestock’s Long Shadow: Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

STUDNITZ, M.; JENSEN, M.B.; PEDERSEN, L.J. Why do pigs root and in what will they root? a review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 107, n. 3-4, p. 183-197, 2007..

TEMPLE, D.; DALMAU, A.; RUIZ DE LA TORRE, J. L. et al. Application of the Welfare Quality® protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain. **Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research**, v. 6, n. 2, p. 138-149, 2011a.

TEMPLE, D.; MANTECA, X.; VELARDE, A.; DALMAU, A. Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 131, n. 1-2, p. 29-39, 2011b.

TEMPLE, D. Animal welfare assessment on intensive and extensive pig farms. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Animal e os Alimentos- **Universidade Autônoma de Barcelona**- UAB, 2012a.

TEMPLE, D.; COURBOULAY, V.; VELARDE, A.; et al. The welfare of growing pigs in five different production systems in France and Spain: assessment of health. **Animal Welfare**, v. 21, n. 2, p. 257-271, 2012b.

THE TRATY OF AMSTERDAM. Protocolo on protection and welfare of animals. Official Journal, C 340, 10 nov, 1997.

THORSLUND, C.A.H.; AASLYNG, M.D.; LASSEN, J. Perceived importance and responsibility for market-driven pig welfare: Literature review. **Meat science**, v. 125, p. 37-45, 2017.

TOMA, L.; STOTT, A.W.; REVOREDO-GIHA, C.; KUPIEC-TEAHAN, B. Consumers and animal welfare: a comparison between European Union countries. **Appetite**, v. 58, n. 2, p. 597-607, 2012.

TRICKETT, S.L.; GUY, J.H.; EDWARDS, S.A. The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, n. 1, p. 45-51, 2009.

TUYTTENS, F.A.M. The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 92, n. 3, p. 261-282, 2005.

VAN DE WEERD, H.A.; DOCKING, C. M.; DAY, J.E.L. et al. Asystematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 84, n. 2, p. 101-118, 2003.

VAN DE WEERD, H.A.; DOCKING, C.M.; DAY, J.E.L., et al. Effects of species-relevant environmental enrichment on the behaviour and productivity of finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 99, n. 3-4, p. 230-247, 2006.

VAN DE WEERD, H. A.; DAY, J. E. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, n. 1, p. 1-20, 2009.

VAN DIXHOORN, I.D.; REIMERT, I.; MIDDELKOOP, J. et al. Enriched housing reduces disease susceptibility to co-infection with porcine reproductive and respiratory virus (PRRSV) and *Actinobacillus pleuropneumoniae* (*A. pleuropneumoniae*) in young pigs. **PloS One**, v. 11, n. 9, p. e0161832, 2016.

VELARDE, A.; FÀBREGA, E.; BLANCO-PENEDO, I.; DALMAU, A. Animal welfare towards sustainability in pork meat production. **Meat Science**, v. 109, p. 13-17, 2015.

VEISSIER, I.; WINCKLER, C.; VELARDE, A. et al. Development of welfare measures and

protocols for the collection of data on farms or at slaughter, in: **Improving farm animal welfare**: Blokhuis, H., Miele, M., Veissier, I., and Jones, B., Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 1, 115–141, 2013.

VILANOVA, X. M. Indicadores de bem-estar animal em animais de produção. Anais do I Congresso Brasileiro de Bioética e Bem-Estar Animal e I Seminário Nacional de Biossegurança e Biotecnologia Animal. 2008.

VITALI, M.; NANNONI, E.; SARDI, L. et al. Enrichment tools for undocked heavy pigs: effects on body and gastric lesions and carcass and meat quality parameters. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 39-44, 2019.

YANG, C. H.; KO, H. L.; SALAZAR, L. C. et al. Pre-weaning environmental enrichment increases piglets' object play behaviour on a large scale commercial pig farm. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 202, p. 7-12, 2018.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-composting solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**, v. 97, n. 16, p. 2024-2031, 2006.

ZHANG, Q.; ZHOU, X. J.; CICEK, N.; TENUTA, M. Measurement of odour and greenhouse gas emissions in two swine farrowing operations. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 49, p. 6, 2007.

ZONDERLAND, J. J.; FILLERUP, M.; VAN REENEN, C. G. et al. Prevention and treatment of tail biting in weaned piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 110, n. 3-4, p. 269-281, 2008.

WANG, Y.X.; WANG, T. Progress and application of biology bed in pigs raising. **Progress in Veterinary Medicine**, v. 31, n. 31, p. 193-6, 2010.

WOLTER, M.; PRAYITNO, S.; SCHUCHARDT, F. Greenhouse gas emission during storage of pig manure on a pilot scale. **Bioresource Technology**, v. 95, n. 3, p. 235-244, 2004.

WQ- Welfare Quality®: Welfare Quality® Assessment Protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality Consortium, Lelystad, the Netherlands, 2009.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Avaliar o bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação e estimar a emissão de gases de efeito estufa e amônia em sistema de cama sobreposta.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Aplicar o protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> para suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta;
- Determinar as concentrações de amônia, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso no alojamento de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta;
- Estimar as emissões de amônia, dióxido de carbono, metano e óxido nitroso em edifício de alojamento de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta por meio do princípio de cálculo das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e NH<sub>3</sub> pelo método das relações de concentração.

## **4 ARTIGO A**

(APRESENTADO NAS NORMAS DA REVISTA ANIMAL)

---

## **Bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta: avaliação dos princípios de boa saúde e condições de alojamento.**

**Short title:** Welfare of pigs in deep bedding systems

### **Implicações**

Na busca por sistemas que proporcionem melhores níveis de bem-estar para suínos em fases de gestação, creche e engorda, alojamentos com a utilização de cama sobreposta despontam como uma das alternativas viáveis. Entretanto, a adoção deste sistema ainda é baixa em virtude dos possíveis riscos de comprometimento do *status* sanitário do rebanho, principalmente para animais destinados à engorda. Os resultados deste estudo identificam os principais problemas de saúde em todo o ciclo de engorda, indicando a prevalência destes de acordo com a categoria animal, representando assim uma oportunidade para o aprimoramento e a expansão de sua adoção como um sistema viável para atendimento dos preceitos de bem-estar animal.

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta sob a ótica dos princípios de boa saúde e bom alojamento do protocolo Welfare Quality®. Ao todo, 16.500 animais, distribuídos em 15 instalações, foram avaliados durante um período de quatro meses. Foram realizadas três avaliações em cada instalação, respeitando a seguinte distribuição de tempo: fase um (75 a 85 dias de vida); fase dois (86 a 161 dias de vida) e fase três (de 162 a 180 dias de vida). Apenas os parâmetros relativos à boa saúde e ao bom alojamento do protocolo Welfare Quality® foram considerados. Os dados foram analisados por regressão logística para dados longitudinais. Para os dados de contagem, tosse e espirro foi empregada a distribuição de Poisson, com

posterior análise de qui-quadrado. Não houve a ocorrência de casos de condição corporal ruim, tremores, ofegação, amontoamentos, caudofagia, batedeira, focinho torcido e prolapso retal, claudicação e condição da pele. Houve efeito da avaliação e da categoria animal na incidência de bursite e hérnia. Foram observadas mais chances da ocorrência de hérnias e bursites nas avaliações finais, com mais prevalência nos machos em relação às fêmeas. As prevalências dos parâmetros feridas e dejetos no corpo foram influenciadas pela interação da avaliação e categoria animal. A incidência de tosse e do número de animais que apresentaram esse sintoma aumentou gradualmente, sendo consideravelmente maiores na fase final de avaliação. A ocorrência de espirros apresentou-se menor na primeira fase em à última. Os problemas relacionados à saúde alteram-se ao longo do ciclo de produção. A aplicação do protocolo Welfare Quality® proporcionou uma visão ampla e confiável sobre o bem-estar dos animais, permitindo o gerenciamento mais adequado de sistemas de produção em cama sobreposta.

**Palavras-chave:** caudofagia, claudicação, saúde, sistemas de alojamento, suinocultura, Welfare Quality®.

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate the welfare of growing and finishing pigs kept in deep bedding system from the perspective of the principles of good health and good housing of the Welfare Quality® protocol. In all, 16500 animals, distributed in 15 shads, were evaluated over a four-month period. Three evaluations were performed in each facility, respecting the following time distribution: initial phase (75 to 85 days old); intermediate (86 to 161 days old) and final (from 162 to 180 days old). Only parameters related to good health and good housing of the Welfare Quality® protocol

were considered. Data were analyzed by logistic regression for longitudinal data. For counting data, coughing and sneezing, the Poisson distribution was used, with subsequent chi-square analysis. There were no cases of poor body condition, huddling, shivering, panting, pumping, tail biting, mixer, twisted snout, rectal prolapse, lameness and skin condition. There was an effect of evaluation and animal category on the incidence of bursitis and hernia. There were more chances of hernias and bursitis in the final evaluations, with more prevalence in males than females. The prevalences of wound and manure on the body parameters were influenced by the interaction of the evaluation and animal category. The incidence of cough and the number of animals that presented this symptom increased gradually, being considerably higher in the final evaluation phase. The occurrence of sneezing was lower in the first phase than in the last. Health-related problems change throughout the production cycle. The application of the Welfare Quality<sup>®</sup> protocol provided a holistic and reliable view of animal welfare, enabling more appropriate management of overlapping production systems.

**Keywords:** health, housing systems, lameness, pig production, tail biting, Welfare Quality<sup>®</sup>

## Introdução

Bem-estar animal (BEA) é um conceito multidimensional que aborda aspectos como: a ausência de sede, fome, desconforto, doença, dor, lesões e estresse e a possibilidade de expressar comportamentos inatos as espécies (OIE, 2019). O estado de bem-estar de um animal é um processo dinâmico e pode ser influenciado por mudanças sutis em sua saúde ou nas condições ambientais (Johnson *et al.*, 2019). Deste modo, o monitoramento do BEA deve ser um processo contínuo que pode desencadear alterações de conduta durante o mesmo ciclo de produção.

Pisos revestidos por um leito são considerados mais benéficos para suínos em relação aos tradicionais pisos de concreto (Tuttyens, 2005). Entretanto, a adesão de produtores nesse sistema é ainda relativamente baixa devido a disponibilidade limitada de material de cama, além de receios relacionados às questões de saúde do rebanho. Quando comparados com sistemas convencionais, Temple *et al.* (2012) não observaram diferenças na prevalência das medidas de saúde baseadas nos animais. Por outro lado, Scott *et al.* (2006) indicam que o sistema proporciona menor risco de claudicação e caudofagia, mas pior *status* de higiene e maior suscetibilidade a desordens respiratórias.

Por isso, conhecer detalhadamente este sistema torna-se fundamental para que se entenda o verdadeiro impacto da utilização da cama sobreposta sobre todo o ciclo de produção a fim de aprimorar o gerenciamento do sistema e, desta maneira, permitir sua expansão entre os produtores.

Para Otten (2013), o protocolo Welfare Quality® é uma ferramenta válida para avaliação das condições de bem-estar de produção em sistemas comerciais, englobando aspectos coletivos e individuais. A aplicação do protocolo nas medidas baseadas em animais representa uma virtude na avaliação do BEA, pois estas

representam um indicador direto deste estado, permitindo o apontamento de propostas para adequações do *design* e do gerenciamento dos sistemas de produção (Johnson *et al.*, 2019).

Diante do exposto, o objetivo com a condução desta pesquisa foi avaliar o bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta sob a ótica dos princípios de boa saúde e bom alojamento do protocolo Welfare Quality®.

## **Material e Métodos**

Foram avaliados 15 galpões para suínos em fase de crescimento e terminação, localizadas no Distrito Federal, Brasil. Os galpões eram de alvenaria com dimensões médias 100 m de comprimento e 12 m de largura, e 3,5m de pé direito, com capacidade aproximada para 1100 suínos em cada edificação. As unidades dispunham de aberturas laterais, cobertura com telhas de fibrocimento e telas para evitar a entrada de aves e outros animais.

A ventilação era realizada de maneira natural, pelas aberturas laterais do galpão, e mecânica por meio de ventiladores que eram acionados de acordo com a temperatura externa e a necessidade de conforto térmico dos animais. Todas as edificações avaliadas apresentavam piso revestido por leito de cama composta de casca de arroz, na espessura de 40cm, com exceção da área destinada aos comedouros, que era compacta em concreto. Todos os animais avaliados foram submetidos, anterior ao desmame, aos manejos de desbaste dos dentes e caudectomia e os machos passaram pela castração cirúrgica, realizada aos sete dias de vida. Os animais foram distribuídos, nos edifícios de alojamentos, em baias com densidade média de 1.30m<sup>2</sup>/suíno, com máxima de 1,47m<sup>2</sup>/animal e mínima de

0,74m<sup>2</sup>/animal. Os alojamentos avaliados abrigavam categorias isoladas (machos ou fêmeas) ou mistos.

Foram avaliados, aproximadamente, 16500 animais (linhagem comercial, LWxLA) pelo protocolo Welfare Quality<sup>®</sup> para suínos em fase de crescimento e terminação (WQ, 2009), em três etapas: fase um (75 a 85 dias de vida); fase dois (86 a 161 dias de vida) e fase três (de 162 a 180 dias de vida). A aplicação do protocolo foi realizada por um único avaliador treinado a fim de padronizar as informações coletadas e minimizar os erros oriundos da subjetividade de algumas medidas. Não foram consideradas na avaliação as baias hospitalais.

Cento e cinquenta animais foram individualmente avaliados quanto à presença de focinho torcido, prolapso retal, batedeira, claudicação, caudofagia, hérnia, bursite, feridas e dejetos no corpo e condição da pele. Para a determinação da incidência de tremores, ofegação, amontoamentos, tosses e espirros, os animais foram avaliados coletivamente, considerando um grupo presente nas baias. Paralelo à aplicação do protocolo, foram avaliados os seguintes parâmetros ambientais: temperatura externa máxima e mínima, umidade relativa do ar externo, temperatura da cama nas áreas limpa e suja superficial e a 15cm de profundidade.

#### *Condição da pele:*

Cada animal foi examinado e classificado de acordo com a seguinte escala: zero para nenhuma evidência de inflamação ou descoloração da pele; um para até 10% da pele inflamada, descolorida ou manchada e dois para de 10% da com coloração e/ou textura anormal.

### *Feridas e dejetos no corpo dos animais:*

A presença de dejetos no corpo dos animais foi subdividida em três níveis distintos. Animais com até 20% do corpo sujo receberam classificação 0; entre 20 e 50% escore um e acima de 50% do corpo coberto com dejetos foram classificados com escore dois.

Para a avaliação destas medidas os suínos foram inspecionados individualmente (n=150 em cada avaliação) para presença de sujidades no corpo dos animais, bem como a presença de lesões. Na verificação das lesões foram consideradas cinco regiões distintas, avaliadas separadamente: orelhas; parte frontal; médio (parte de trás do ombro para os posteriores); quartos traseiros e pernas. Animais que apresentavam de zero a quatro lesões foram classificados no escore zero; de 5 a 10 lesões foram considerados escore um e acima de 11 lesões visíveis foram enquadrados no escore dois.

### *Caudofagia:*

A caudofagia foi classificada em dois escores. Escore zero para ausência ou caudofagia superficial; e escore dois para caudofagia severa, quando sangue fresco era visível na cauda, na evidência de inchaço e infecção ou quando parte do tecido da cauda foi retirado e uma crosta havia se formado.

### *Claudicação:*

Para a avaliação da claudicação os animais foram observados individualmente mediante o estímulo para caminhar na baia. O animal foi enquadrado nesta categoria quando demonstrava dificuldade de locomoção devido a danos em um membro ou quando era incapaz de andar.

*Bursite:*

Os animais foram avaliados individualmente e classificados de acordo com a presença e severidade de bursas em três categorias. Escore zero para ausência de bursas; escore um para uma ou muitas bursas pequenas na mesma perna ou uma bursa grande; e escore dois para várias bursas grandes na mesma perna, uma Bursa extremamente grande ou com exposição de tecido.

*Hérnia:*

Para detectar hérnias, os animais foram observados nas posições anterior, posterior e lateral. Hérnias com lesão hemorrágica ou hérnias que afetaram o comportamento do animal foram registradas. A classificação da hérnia foi dividida em três categorias: zero para ausência de hérnia e rupturas; um para hérnias presentes, entretanto sem sangramentos e de tamanho insuficiente para contactar o piso e/ou dificultar a locomoção; e escore dois para hérnias e rupturas com sangramentos e/ou quando contactava o piso.

*Tosses e espirros:*

A ocorrência de tosses e espirros foi avaliada em seis pontos distintos da parte externa nas edificações, em locais que possibilitavam ao avaliador identificar a ocorrência desses sintomas. Ao chegar no ponto de observação, o avaliador encorajava os suínos a se levantarem e, após breve adaptação, os examinava durante cinco minutos. O número de tosses e espirros e o número de animais tossindo e espirrando foram contabilizados e considerados separadamente.

### *Análises estatísticas*

Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Software estatístico R versão 3.5.1. Cada uma das edificações foi considerada a unidade experimental. Nas variáveis hérnia e bursite, devido à baixa ocorrência durante as avaliações, os escores 1 e 2 foram agrupados. Após a junção, foi realizada regressão logística para dados longitudinais por meio do pacote 'VEGAM'. Para os dados de contagem, tosse e espirro, foi adotado a distribuição de Poisson e a correção de Bonferroni foi utilizada quando necessária.

### **Resultados**

Embora avaliados conforme instruções do protocolo WQ, não houve a ocorrência de condição corporal ruim, tremores, ofegação, amontoamentos, caudofagia, focinho torcido e prolapso retal em nenhuma das avaliações realizadas. Os poucos casos identificados de claudicação, batedeira e condição da pele foram insuficientes para a realização de análise estatística. Os parâmetros médios ambientais ao longo do período experimental estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – *Parâmetros médios ambientais ( $\pm DP$ ) observados ao longo do período experimental.*

Parâmetro	Avaliação		
	1	2	3
T°C Máxima	29,60 $\pm$ 1,90	25,71 $\pm$ 2,35	24,52 $\pm$ 1,46
T°C Mínima	23,01 $\pm$ 1,47	21,68 $\pm$ 2,25	20,30 $\pm$ 1,85
UR (%)	60,53 $\pm$ 5,79	60,66 $\pm$ 9,37	62,66 $\pm$ 9,57
TCS0	29,40 $\pm$ 2,21	27,39 $\pm$ 2,85	26,39 $\pm$ 3,19
TCS15	39,46 $\pm$ 5,47	36,16 $\pm$ 4,15	36,92 $\pm$ 2,70
TCL0	29,15 $\pm$ 2,63	26,49 $\pm$ 1,98	27,34 $\pm$ 1,92
TCL15	43,36 $\pm$ 3,01	39,04 $\pm$ 2,83	39,69 $\pm$ 2,42

UR= umidade relativa; TCS0 = temperatura superficial da cama na área suja; TCS15= temperatura da cama a 15cm de profundidade na área suja; TCL0= temperatura superficial da cama na área limpa; TCL15 = temperatura da cama a 15cm de profundidade na área limpa; Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 a 180 dias de vida.

Os dados médios de prevalência das medidas avaliadas (Tabela 2) apontam que houve efeito, isoladamente, da avaliação e da categoria animal na incidência de bursite e hérnia (Tabela 3). As chances da ocorrência de hérnias e bursites foram maiores nas duas últimas avaliações em relação à primeira e maiores em machos em relação a fêmeas.

Por sua vez, as prevalências dos parâmetros feridas e dejetos no corpo foram significativamente influenciadas ( $P > 0.05$ ) pela interação da avaliação e categoria animal (Tabela 4). A ocorrência de lesões severas e moderadas foram maiores nas primeiras avaliações, sendo mais prevalentes em fêmeas em relação aos machos e aos lotes que detinham ambas as categorias. A presença de dejetos no corpo, em níveis severos e moderados, apresentou comportamento inverso, sendo mais proeminentes na última avaliação e com alternância de ocorrência de acordo com a categoria animal.

**Tabela 2-** *Número médio e prevalência média (%) de animais acometidos pelas medidas observadas durante as três avaliações em sistema de produção de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em cama sobreposta.*

Variável	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	n	%	n	%	N	%
Bursite	3	1,67	26	17,51	38	25,02
Hérnia	2	1,20	4	2,36	3	1,69
Dejetos moderado	16	10,76	44	29,62	47	31,20
Dejetos severo	9	5,60	45	29,38	75	50,00
Feridas moderadas	58	38,41	52	34,68	46	31,17
Feridas severas	7	4,90	10	6,57	5	2,80

Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 a 180 dias de vida.

**Tabela 3-** Modelos de regressão logística para bursite e hérnia de acordo com os diferentes modelos de avaliação e categoria animal presente nas instalações de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.

Variável	Avaliação	OR (CI)	p-valor
Bursite	1	1.00	P< 0.001
	2	0.13 (0,09-0,18)	
	3	0.01 (0.03-0.07)	
Hérnia	1	1.00	0.01
	2	0.51 (0.07-0.81)	
	3	0.70(0.42-1.16)	

Variável	Categoria	OR (CI)	p-valor
Bursite	Fêmea	1.00	0.02
	Macho	0.96 (0,81-1,12)	
	Misto	1.37 (1,1-1,69)	
Hérnia	Fêmea	1.00	0.04
	Macho	0.59 (0,38-1,10)	
	Misto	0.65 (0,39-1,09)	

OR: Odds ratios; CI: 95% intervalo de confiança. Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 a 180 dias de vida.

**Tabela 4 – Modelos de regressão logística para feridas e dejetos no corpo de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.**

Avaliação	Categoria	Feridas severas			Feridas moderadas		
		OR		CI	OR		CI
1	Fêmea	1			1		
	Macho	1.17	0.77	1.78	1.10	0.74	1.66
	Misto	2.44	1.20	4.90	2.96	1.34	5.87
2	Fêmea	1			1		
	Macho	0.79	0.54	0.86	0.65	0.46	1.06
	Misto	1.31	0.83	2.07	0.62	0.39	0.98
3	Fêmea	1			1		
	Macho	0.47	0.77	1.78	0.41	0.22	0.76
	Misto	0.71	0.32	1.56	0.72	0.33	1.56

Avaliação	Categoria	Dejetos no corpo severo			Dejetos no corpo moderado		
		OR		CI	OR		CI
1	Fêmea	1			1		
	Macho	0.33	0.19	0.58	0.52	0.38	0.70
	Misto	2.27	1.52	3.39	0.49	0.33	0.74
2	Fêmea	1			1		
	Macho	0.68	0.54	0.85	0.97	0.77	1.21
	Misto	1.17	0.89	1.73	1.31	0.99	1.73
3	Fêmea	1			1		
	Macho	1.12	0.87	1.44	1.32	1.01	1.73
	Misto	0.97	0.81	1.47	1.09	0.69	1.35

OR: Odds ratios; CI: 95% intervalo de confiança. Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 dias até a data de saída para o abatedouro.

Houve influência da avaliação na ocorrência de tosses e espirros (Tabela 5). A incidência de tosse e de número de animais que apresentaram esse sintoma aumentou gradualmente, sendo consideravelmente maiores na última avaliação em relação as demais. Por outro lado, na contramão dos sintomas de tosse, a ocorrência de espirros reduziu significativamente da primeira para a última avaliação.

**Tabela 5** – Incidência de animais com tosse e espirro e número de tosses e espirros em edifícios de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.

Parâmetros	Avaliação			p-valor*
	1	2	3	
Animais com tosse	1,65 c	2,66 b	4,64 a	P<0.001
Nº de tosses	4,68 c	9,94 b	30 a	P<0.001
Animais com espirro	35,61a	31,36a	24,25b	P<0.001
Nº de espirros	38,48a	33,10b	26,48c	P<0.001

\* Letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente P<0.016. Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 dias até a data de saída para o abatedouro. Expresso na porcentagem de tosses e espirros em relação o número de animais avaliados.

## Discussão

A ocorrência dos parâmetros de saúde e bem-estar animal se alteraram ao longo das avaliações, sugerindo que o foco dos problemas deve ser alterado ao longo do ciclo de produção e de acordo com a idade do animal (Munsterhjelm *et al.*, 2015a). No período experimental, as temperaturas variaram entre 20,3°C – 29,6°C, faixa insuficiente para desencadear sinais de tremores, ofegação e amontoamentos, considerados indicadores de desconforto térmico ocasionados pelo frio (Temple *et al.*, 2011).

Ao longo do período experimental, a ocorrência de condição da pele se apresentou baixa e não suficiente para ser analisada como medida única. Segundo Temple *et al.* (2012), é provável que a ocorrência de problemas dérmicos seja

esporádica, independentemente do sistema de produção adotado. Por sua vez, o parâmetro focinho torcido é um sintoma característico de rinite atrófica, e baixas prevalências ou ausência também foram verificadas em estudos anteriores (Petersen *et al.*, 2008. Temple *et al.*, 2011).

### *Lesões corporais*

Lesões corporais graves foram mais prevalentes durante a primeira fase de avaliação, como sugerido por Turner *et al.* (2006) e Pandolfi *et al.* (2017). É provável que o maior número de lesões observados durante a fase inicial seja ocasionado pela mistura de animais e pela formação das classes hierárquicas do novo grupo. Independente do sistema de produção adotado, comportamentos agressivos como consequência da mistura de animais não familiares estão bem documentados na literatura (Fredriksen e Hexeberg, 2009; Turner *et al.*, 2006).

Em estudo conduzido por Temple *et al.* (2012), os autores não observaram diferenças na prevalência de feridas severas entre os sistemas convencionais e de cama sobreposta, entretanto, no sistema de cama, os resultados apontam maior incidência de agressões quando associados às altas cargas animais (0.3–0.7 m<sup>2</sup> /suíno). Na condição estudada, a densidade adotada (0.75-1.37 m<sup>2</sup>/suíno) pode ter contribuído para redução gradativa da ocorrência de lesões severas após o estabelecimento da dominância. A importância da densidade animal adequada, tanto para parâmetros de produtividade quanto para a qualidade de carne e de bem-estar animal, foi enfatizada em estudos prévios (Bottacini *et al.*, 2018; Cornale *et al.*, 2015)

Grupos de fêmeas tiveram mais chances de apresentar lesões moderadas e severas em relação aos grupos mistos e de machos castrados. Os resultados estão de acordo com os apresentados por Santos *et al.* (2016), que também verificaram

menores proporções de comportamentos agressivos em machos castrados em relação às fêmeas. Estudos indicam que os comportamentos agressivos são estimulados pelos hormônios esteroides testiculares (Cronin *et al.*, 2003), por esse motivo, menor prevalência de lesões são observadas em machos castrados cirurgicamente. Nossos resultados também reforçam os encontrados por Fredriksen *et al.* (2008), que sugerem que manter grupos mistos nas baias pode ser efetivo para reduzir os problemas com agressividade entre os animais.

Do ponto de vista de BEA, a agressividade é indesejável e, desta forma, são necessárias estratégias que minimizem tal comportamento em sistemas de produção de suínos em termos de rotinas gerais de produção, transporte e alojamento (Fredriksen *et al.*, 2008). O número de lesões na pele dos animais, além dos nítidos problemas de BEA, também está associado a perdas na qualidade da carne dos suínos (Bottacini *et al.*, 2018). Todavia, é preciso considerar que a dificuldade na mitigação de comportamentos agressivos em suínos recém reagrupados está atrelada à necessidade inata destes animais na formação de dominância do novo grupo.

#### *Dejetos no corpo*

A presença de dejetos aumentou consideravelmente no decorrer das avaliações, passando de 5,6% na primeira avaliação para 50% na última. É possível que, quanto mais próximo da idade ao abate, os animais passem mais tempo deitados sobre a cama que, ao final do ciclo, encontra-se úmida e misturada aos dejetos, conferindo aos animais uma aparência mais suja. Nas granjas avaliadas, não havia reposição do material de leito ao longo do ciclo de produção, fato que conferiu a cama aspecto desagradável até o final do período de alojamento.

Dentre os aspectos de bem-estar animal avaliados no presente estudo, a sujeira no corpo do animal carece de atenção, especialmente na fase final de produção. Sistemas considerados “animal friendly”, como no caso da cama sobreposta, preconizam oferecer aos animais maior conforto e minimizar o estresse individual e coletivo, além de conferir ao setor pecuário uma postura mais ética e humanitária. A sujeira mais acentuada, além de desconstruir tais ideais, pode também contribuir para o aumento da prevalência e a disseminação de certas enfermidades. Neste sentido, estratégias de manejo podem ser adotadas para mitigar tais problemas, como a remoção de partes de cama muito comprometidas e a reposição do material de leito.

Embora seja uma medida pouco avaliada em trabalhos científicos, a prevalência de sujeira de suínos tem sido comparada entre diferentes tipos de pisos, verificando que a higiene em sistemas de cama é mais comprometida, principalmente durante o verão (Scott *et al.*, 2006; Temple *et al.*, 2012). Quando possível, os suínos tendem a separar as áreas de repouso da sua área de dejeção, mas, à medida que se tornam mais pesados e aumenta a dificuldade de trocas de calor, há um aumento na probabilidade que os animais repousem nas áreas sujas (Temple *et al.*, 2011). De fato, a cama pode emitir mais calor em relação aos pisos convencionais, principalmente nas áreas limpas e mais profundas (Tabela 1), evidenciando que áreas de dejeções são mais frescas e agradáveis ao repouso, embora comprometa o *status* de higiene dos animais.

### *Claudicação*

Poucos casos de claudicação foram observados ao longo do período experimental. Na suinocultura industrial, a claudicação é um dos fatores que

contribuem para redução no ganho de peso, descarte prematuro de animais, aumento no uso de antibióticos e consequentes perdas econômica para os produtores, sendo considerado, por alguns autores, mais prejudicial ao BEA do que a caudofagia (Canning *et al.*, 2019; Munsterhjelm *et al.*, 2015b). Além das causas infecciosas, a incidência de bursites adventícias e o revestimento de piso podem aumentar os casos de claudicação (Ramirez, 2019; Heinonen *et al.*, 2006). Neste estudo, o revestimento de piso por cama na espessura de 40 cm e a baixa prevalência de bursite no plantel podem ter contribuído para a quase total ausência de claudicação nos animais avaliados.

A baixa prevalência de claudicação em sistema de cama sobreposta, especialmente em suínos jovens, também foi constatada em estudos prévios (Jørgensen, 2003; Temple *et al.*, 2012 and Pandolfi *et al.*, 2017). Pairis-Garcia *et al.* (2015) sugerem que, em caso de altas incidências desta patologia, o uso de ferramentas de manejo pode minimizar o desconforto em suínos, incluindo fornecimento de cama adicional ou um tapete de borracha para proporcionar áreas confortáveis para repouso (Calderon-Diaz *et al.*, 2013; Pluym *et al.* 2013).

### *Caudofagia*

Nenhum caso de caudofagia foi observado durante este estudo, corroborando com os dados apresentados por Scott *et al.* (2006), que também não observaram nenhum episódio de canibalismo de cauda em sistema de cama sobreposta. De fato, sistemas que disponibilizam substratos favorecem a redução da incidência de canibalismo (Pandolfi *et al.*, 2017). Em estudo conduzido por Temple *et al.* (2012), em sistemas de cama sobreposta, as taxas de mordedura de cauda foram observadas durante o período de crescimento quando associadas a altas densidades. Neste

mesmo estudo, não foram observadas ocorrências de mordedura em sistemas não convencionais de produção (suíno ibérico e sistema extensivo de Mallorcan Black), sugerindo que, quando respeitadas as condições de alojamento, a incidência de caudofagia é mínima ou inexistente. A ocorrência do canibalismo apresenta causa multifatorial, podendo ser agravada pela alta densidade animal, diminuição no espaço dos comedouros, mistura de leitegadas e baixa idade ao desmame (Marchant-Forde *et al.*, 2009).

### *Bursite*

Estudos indicam que suínos em idade mais avançada tendem a desenvolver mais lesões de bursite uma vez que o maior peso corporal exerce pressão adicional sobre os membros e ao fato que esses animais passam uma maior proporção de tempo deitados (Ekkel *et al.*, 2003), com aumento gradativo de acordo com a idade do animal (Gillman *et al.*, 2008; Ramirez, 2018). Quando os animais caminham em um piso com cama, a pressão sobre a superfície de sustentação do peso é reduzida, fato que pode explicar o motivo pelos quais as lesões nas patas (e.g. bursite e claudicação) são menos prevalentes em suínos mantidos nesse sistema.

Ao comparar diferentes tipos de piso para suínos em fase de crescimento e terminação, Mouttotou *et al.* (1998) observaram menores prevalências de bursite quando utilizado cama sobreposta acima de 10 cm de espessura, aumentado gradativamente com a redução da quantidade de cama, piso vazados e sólidos. A espessura de cama adotada no presente estudo (40 cm) reforça a ideia destes autores e pode ter contribuído para a baixa incidência de bursite nos animais avaliados.

### *Hérnia*

Assim como a caudofagia, o desenvolvimento de hérnias apresenta origem multifatorial, atributos ligados à genética, sexo e ambiente podem predispor a sua ocorrência (Carr *et al.*, 2018). Além da escrotal, que evidentemente só ocorre em machos, as hérnias umbilical e inguinal também são mais frequentes nesta categoria animal. A maior chance de ocorrência de hérnia inguinais em suínos machos pode ser explicada, em parte, pela realização da castração cirúrgica e pela debilidade dos músculos da zona umbilical (Anderson e Mulon, 2019). Além do sexo, foram observadas mais chances de se observar hérnia nas avaliações finais em relação a primeira. Clinicamente, sinais característicos de hérnia são mais perceptíveis a partir dos 30kg e, com o passar do tempo, podem atingir tamanhos críticos (Carr *et al.*, 2018).

### *Tosses e espirros*

Tosses e espirros podem ser os primeiros sinais de doenças respiratórias e/ou influenciados por parâmetros ambientais. Desordens respiratórias são favorecidas pelo aumento da densidade animal e falhas de ventilação e trocas gasosas (Yaeger and Van Alstine, 2019). O complexo multifatorial de agentes e doenças respiratórias que predispõe à ocorrência de tosses e espirros incluem a rinite atrófica, pneumonias bacterianas ou viras, circovirose, influenza, PRRS, dentre outras (Santos *et al.*, 2014), entretanto, no presente estudo, não foram realizados diagnósticos relativos a estas enfermidades.

O maior número de espirros observados durante as primeiras avaliações pode estar atrelado, em parte, à maior pulverulência do material da cama nas primeiras avaliações que, com o acionamento dos ventiladores, torna-se suspensa, irritando as

vias aéreas e favorecendo a incidência de espirros. Com o passar do tempo, o leito torna-se mais úmido com o acúmulo de fezes e urina, reduzindo a quantidade de partículas liberadas pela cama.

A tosse é uma importante resposta de defesa cuja finalidade é eliminar secreções inflamatórias e organismos estranhos do trato respiratório. As causas mais frequentes desses sintomas são as condições de calor excessivo, qualidade do ar e contaminantes associados, como endotoxinas bacterianas e esporos de fungos (Underdahl *et al.*, 1982).

Além disso, é preciso pontuar que o acúmulo de gases, especialmente a amônia, também pode contribuir para a irritação das vias respiratórias, favorecendo a ocorrência desses sintomas. De acordo com Santos *et al.* (2014), altas concentrações deste gás podem aumentar a ocorrência de tosses em até três vezes. A concentração de amônia é favorecida por altas temperaturas e pelo acúmulo de dejetos e, neste contexto, a presença dos dejetos na cama sobreposta aumenta a quantidade de amônia emitida (Philippe *et al.*, 2011), sendo ainda mais perceptíveis ao final do ciclo de produção. É possível que as altas concentrações deste gás no final do ciclo de produção tenham favorecido o aumento da ocorrência de tosses.

Ao comparar diferentes sistemas de produção, Dalla Costa *et al.* (2008) não observaram diferença na incidência de tosses entre alojamentos convencionais e de cama sobreposta, todavia uma maior prevalência de espirro foi constatada em sistemas de cama (1.35 vs 5.42%). Por outro lado, Corrêa *et al.* (2000) observaram maior ocorrência de tosses em sistemas convencionais em relação ao de cama. Para Cycholl *et al.* (2016), os resultados dos parâmetros tosse e espirro estão sujeitos a variações sazonais o que pode comprometer a representatividade dos dados.

Embora existam intercorrências nos resultados desses parâmetros, de acordo com Morés et al. (2001), a metodologia de contagem de tosse e espirros pode ser utilizada de forma eficaz para acompanhar animais a partir dos 30 dias do alojamento na fase de crescimento, permitindo a tomada de medidas de controle antes que os problemas respiratórios se tornem mais graves.

### **Conclusões**

Não houve a ocorrência de condição corporal ruim, tremores, ofegação, amontoamentos, caudofagia, focinho torcido e prolapso retal, claudicação, batedeira e condição da pele em suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta. Mais chances da ocorrência de hérnias e bursites foram observadas nas avaliações finais, com maior prevalência nos machos em relação às fêmeas. A ocorrência de feridas e dejetos no corpo foram influenciadas pela interação da avaliação e categoria animal. A incidência de tosse e do número de animais que apresentaram esse sintoma foi consideravelmente maior na fase final de avaliação. A ocorrência de espirros apresentou-se menor na primeira fase em à última. A aplicação do protocolo Welfare Quality® proporcionou uma visão ampla e confiável sobre o bem-estar de suínos, permitindo o gerenciamento mais adequado de sistemas de produção em cama sobreposta.

### **Comitê de ética**

Todos os procedimentos adotados na condução dessa pesquisa foram revistos e aprovas pelo Comitê de Ética de Uso dos Animais da Universidade Estadual de Londrina sob o protocolo nº 7003.2017.20

## Referências

- Anderson DE and Mulon PY 2019. Anesthesia and Surgical Procedures in Swine. In Diseases of swine (Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A, Schwartz KJ, Stevenson GW and Zhang J) 17-41. 11th (ed), Wiley-Blackwell June 2019, 1136p.
- Bottacini M, Scollo A, Edwards SA, Contiero B, Veloci M and Pace V 2018 Skin lesion monitoring at slaughter on heavy pigs (170 kg): Welfare indicators and ham defects. Plos One 13(11): e0207115. DOI: 10.1371/journal.pone.0207115
- Brumm MC 2019. Effect of Environment on Health. In Diseases of swine (Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A, Schwartz KJ, Stevenson GW and Zhang J) 17-41. 11th (ed), Wiley-Blackwell June 2019, 1136p.
- Canning P, Costello N, Mahan-Riggs E, Schwartz KJ, Skoland K, Crim B and Karriker L 2019. Retrospective study of lameness cases in growing pigs associated with joint and leg submissions to a veterinary diagnostic laboratory. Journal of Swine Health and Production 27(3), 118-124.
- Carr J, Chen SP, Connor JF, Kirkwood R and Segalés J 2018. Pig Health. CRC Press. New York, USA.
- Cornale P, Macchi E, Miretti S, Renna M, Lussiana C, Perona G and Mimosi A 2015. Effects of stocking density and environmental enrichment on behavior and fecal corticosteroid levels of pigs under commercial farm conditions. Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research 10(6), 569-576.
- Corrêa EK, Perdomo CC and Jacondino IF 2000. Condicionamento ambiental e desempenho de suínos em crescimento e terminação criados sobre piso com leito de cama. Revista Brasileira de Zootecnia 29(6), 2072-2079.
- Courboulay V, Eugene A and Delarue E 2009. Welfare assessment in 82 pig farms: effect of animal age and floor type on behaviour and injuries in fattening pigs. Animal Welfare 18(4), 515-521.

- Cronin GM, Dunshea FR, Butler KL, McCauley I, Barnett JL, Hemsworth PH 2003. The effects of immuno-and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 81(2), 111-126.
- Czycholl I, Kniese C, Büttner K, Beilage EG, Schrader L and Krieter J 2016. Test-retest reliability of the Welfare Quality® animal welfare assessment protocol for growing pigs. *Animal Welfare* 25(4), 447-459.
- Dalla Costa OA, do Amaral AL, Ludke JV, Coldebella A and de Figueiredo EAP 2008. Desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e condição sanitária de suínos criados nas fases de crescimento e terminação nos sistemas confinado convencional e de cama sobreposta. *Ciência Rural* 38(8), 2307-2313. DOI: 10.1590/S0103-84782008000800033
- Ekkel ED, Spoolder HAM, Hulsegge I and Hopster H 2003. Lying characteristics as determinants for space requirements in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 80(1), 19–30. DOI: 10.1016/S0168-1591(02)00154-5
- Fredriksen B and Hexeberg C 2009. The effect of removing animals for slaughter on the behaviour of the remaining male and female pigs in the pen. *Research in Veterinary Science* 86(2), 368-370. DOI: 10.1016/j.rvsc.2008.06.005
- Fredriksen B, Lium BM, Marka CH, Mosveen B and Nafstad O 2008. Entire male pigs in farrow-to-finish pens—Effects on animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 110(3-4), 258-268. DOI: 10.1016/j.applanim.2007.04.007
- Gillman CE, KilBride AL, Ossent P and Green LE 2008. A cross-sectional study of the prevalence and associated risk factors for bursitis in weaner, grower and finisher pigs from 93 commercial farms in England. *Preventive Veterinary Medicine* 83(3-4), 308-322. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2007.09.001
- Heinonen M, Oravainen J, Orro T, Seppa-Lassila L, AlaKurikka E, Virolainen J, Tast A and Peltoniemi OA 2006. Lameness and fertility of sows and gilts in randomly selected loose-housed herds in Finland. *Veterinary Record* 159, 383–387. DOI: 10.1136/vr.159.12.383

- Johnson AK, Colpoys JD, Edwards-Callaway LN, Calvo-Lorenzo M, McGlone JJ, Millman S T and Webb SR 2019. Behavior and welfare. In Diseases of swine (Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A, Schwartz KJ, Stevenson GW and Zhang J) 17-41. 11th (ed), Wiley-Blackwell June 2019, 1136p.
- Jørgensen B 2003 Influence of floor type and stocking density on leg weakness, osteochondrosis and claw disorders in slaughter pigs. *Animal Science* 77, 439-449. DOI: 10.1017/S1357729800054382
- Marchant-Forde JN, Lay Jr DC, McMunn KA, Cheng HW, Pajor EA and Marchant-Forde RM 2009. Postnatal piglet husbandry practices and well-being: the effects of alternative techniques delivered separately. *Journal of Animal Science* 87(4), 1479-1492. DOI: 10.2527/jas.2008-1080
- Morés N, Junior WB, Sobestiansky J, Dallacosta OA, Piffer IA, Paiva DP and Coimbra JBS 2001. Estimativa dos índices de pneumonia, pela tosse, e de rinite atrofica, por espirros, em suínos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 53(3), 284-289. DOI: 10.1590/S0102-09352001000300003
- Mouttotou N, Hatchell FM and Green LE 1998 Adventitious bursitis of the hock in finishing pigs: prevalence, distribution and association with floor type and foot lesions. *Veterinary Record* 142, 109-114. DOI: 10.1136/vr.142.5.109
- Munsterhjelm C, Heinonen M and Valros A 2015a. Application of the Welfare Quality® animal welfare assessment system in Finnish pig production, part II: associations between animal-based and environmental measures of welfare. *Animal Welfare* 24(2), 161-172. DOI: 10.7120/09627286.24.2.161
- Munsterhjelm C, Heinonen M and Valros A 2015b. Effects of clinical lameness and tail biting lesions on voluntary feed intake in growing pigs. *Livestock Science*, 181, 210-219. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.09.003
- OIE- World Organization for Animal Health. Código Sanitario para los Animales Terrestres. 2017 [18 jul 2019]. Available at: <https://tinyurl.com/y8vu84lt>.

- Otten D, 2013. The application of animal welfare standards in intensive production systems using the assessment protocols of Welfare Quality: Fattening pig husbandry in Northwest Germany. *International Journal of Livestock Production* 4, 49-59. DOI: 10.5897/IJLP12.037
- Pairis-Garcia MD, Johnson AK, Abell CA, Coetzee JF, Karriker LA, Millman ST and Stalder KJ 2015. Measuring the efficacy of flunixin meglumine and meloxicam for lame sows using a GAITFour pressure mat and an embedded microcomputer-based force plate system. *Journal of animal science*, 93(5), 2100-2110. DOI: 10.2527/jas.2014-8796
- Pandolfi F, Kyriazakis I, Stoddart K, Wainwright N, Edwards SA 2017. The “real welfare” scheme: identification of risk and protective factors for welfare outcomes in commercial pig farms in the UK. *Preventive Veterinary Medicine* 146, 34-43. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2017.07.008
- Petersen HH, Nielsen EO, Hassing AG, Ersbøll AK and Nielsen JP 2008. Prevalence of clinical signs of disease in Danish finisher pigs. *Veterinary Record* 162(12), 377-382. DOI: 10.1136/vr.162.12.377
- Philippe FX, Cabaraux JF and Nicks B 2011. Ammonia emissions from pig houses: Influencing factors and mitigation techniques. *Agriculture, ecosystems & environment*, 141(3-4), 245-260.
- Pluym LM, Van Nuffel A, Van Weyenberg S and Maes D 2013. Prevalence of lameness and claw lesions during different stages in the reproductive cycle of sows and the impact on reproduction results. *Animal* 7(7), 1174-1181. DOI: 10.1017/S1751731113000232
- Ramirez A 2019. Differential Diagnosis of Diseases. In *Diseases of swine* (Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A, Schwartz KJ, Stevenson GW and Zhang J) 17-41. 11th (ed), Wiley-Blackwell June 2019, 1136p.
- Santos JL, Santos LF and Costa WMT 2014. Monitoria sanitária. In *Suicultura: Teoria e Prática* (Ferreira AH, Carraro B, Dallanora D, Machado G, Machado IP, Pinheiro R and Rohr S) 226-236. 1<sup>st</sup> (ed), ABCS 2014, 908p.

- Santos RKS, Caldara FR, Moi M, Santos LS, Nääs IA, Foppa L and Borquis RRA 2016. Behavior of immunocastrated pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45(9), 540-545. DOI: 10.1590/s1806-92902016000900006
- Scott K, Chennells DJ, Campbell FM, Hunt B, Armstrong D, Taylor L and Edwards, S. A. 2006. The welfare of finishing pigs in two contrasting housing systems: Fully-slatted versus straw-bedded accommodation. *Livestock Science*, 103(1-2), 104-115. DOI:10.1016/j.livsci.2006.01.008
- Temple D, Dalmau A, de la Torre JLR, Manteca X and Velarde A 2011. Application of the Welfare Quality® protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 6(2), 138-149. DOI: 10.1016/j.jveb.2010.10.003
- Temple D, Courboulay V, Manteca X, Velarde A and Dalmau A, 2012. The welfare of growing pigs in five different production systems: assessment of feeding and housing. *Animal* 6, 656-667. DOI: 10.1017/S1751731111001868
- Turner SP, Farnworth MJ, White IMS, Brotherstone S, Mendl M and Knap P 2006. The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 96 (3-4), 245-259. DOI: 10.1016/j.applanim.2005.06.009
- Tuytens FAM 2005. The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. *Applied Animal Behaviour Science* 92(3), 261-282. DOI: 10.1016/j.applanim.2005.05.007
- Underdahl NR, Rhodes MB, Socha TE. and Shulte DD 1982. A study of air quality and respiratory infections in pigs raised in confinement. *Livestock Production Science* 9(4), 521-529. DOI: 10.1016/0301-6226(82)90056-2
- Yaeger MJ and Van Alstine WG 2019. Respiratory System. In *Diseases of swine* (Zimmerman JJ, Karriker LA, Ramirez A, Schwartz KJ, Stevenson GW and Zhang J) 17-41. 11th (ed), Wiley-Blackwell June 2019, 1136p.
- Welfare Quality® 2009 Welfare quality® assessment protocol for pigs. Wageningen Academic Publishers, Wageningen

## **5 ARTIGO B**

(ARTIGO APRESENTADO NAS NORMAS DA REVISTA ANIMAL WELFARE)

---

## **Avaliação do bem-estar de suínos em fase de crescimento e terminação por meio de parâmetros comportamentais e relações humano-animal em sistema de cama sobreposta**

**Running title:** Welfare of pigs kept in deep bedding system

### **Resumo**

O objetivo com a condução deste trabalho foi avaliar os parâmetros comportamentais e da relação humano animal por meio do protocolo Welfare Quality para suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta. Foram avaliados 16500 animais, distribuídos em 15 instalações, durante um período de quatro meses. As avaliações foram realizadas em três tempos em cada instalação, correspondendo à seguinte distribuição: fase inicial (75 a 85 dias de vida); intermediária (86 a 161 dias de vida) e final (de 162 dias até a data de saída para o abatedouro). Foram avaliadas as seguintes medidas do protocolo: teste de relação humano-animal (HAR), avaliação comportamental e *qualitative behaviour assessments* (QBA). Os dados das avaliações comportamentais foram analisados por meio de regressão logística politômica para dados longitudinais e os dados do QBA por meio de análise de componentes principais. Não houve a ocorrência de HAR negativa. Houve influência da avaliação e da categoria animal na incidência dos comportamentos elencados no etograma. Na avaliação 1, machos apresentaram mais chances de apresentar todos comportamentos avaliados no etograma, pertinente aos comportamentos negativos, em relação às fêmeas e aos lotes mistos. Nas demais avaliações as fêmeas apresentaram mais chances de exibir os comportamentos de caráter negativos. Os lotes mistos permaneceram intermediários em todas as avaliações. A porcentagem de interação com a cama variou entre 19.62% e 25.80% durante todo o período experimental. Sistemas de cama sobreposta são benéficos para o comportamento de suínos em fase de crescimento e terminação.

**Palavras-chave:** bem-estar animal, comportamento, QBA, relações humano-animal, suínos, welfare quality®

### **Abstract**

The aim of this study was to evaluate the behavioral parameters and the human animal relationship through the Welfare Quality protocol for growing and finishing pigs kept in deep bedding system. We evaluated 16 500 animals, distributed in 15 facilities over a period of four months. The evaluations were carried out in three stages in each installation, corresponding to the following distribution: initial phase (75 to 85 days of life); intermediate (86 to 161 days old) and final (from 162 days until the date of departure to the slaughterhouse). The following protocol measures were evaluated: human-animal relationship test (HAR), behavioral assessment and qualitative behavior assessments (QBA). Behavioral assessment data were analyzed using polytomous logistic regression for longitudinal data and QBA data using principal component analysis. There was no negative HAR. There was an influence of evaluation and animal category on the incidence of behaviors listed in the ethogram. In evaluation 1, males were more likely to present all behaviors evaluated in the ethogram, which is relevant to negative behaviors, in relation to females and mixed batches. In the other evaluations, females were more likely to exhibit negative behaviors. Mixed batches remained intermediate in all evaluations. The percentage of interaction with bed material varied between 19.62% and 25.80% throughout the experimental period. Deep bedding systems are beneficial for the behavior of growing and finishing pigs.

**Keywords:** animal welfare, behaviour, HAR, pigs, QBA, welfare quality®

## **Introdução**

A avaliação global do bem-estar animal (BEA) em granjas de suínos envolve questões de sanidade, nutrição, instalação e comportamento adequado (WQ 2009). Destes, o comportamento é considerado a expressão externa do estado fisiológico, englobando aspectos de percepção do ambiente, cognição e emoções. Deste modo, a avaliação comportamental é reconhecida como uma importante medida para caracterização do estado de bem-estar dos animais (Clarke *et al* 2016; Fleming *et al* 2016).

Embora a qualificação do BEA demande uma avaliação ampla, os aspectos comportamentais são extremamente importantes, porém, por vezes, são difíceis de serem contemplados efetivamente devido à necessidade de exploração e investigação dos suínos. Nesse sentido, sistemas convencionais com pisos sólidos ou ripados são frequentemente associados a ambientes monótonos que inviabilizam a manifestação destes comportamentos.

Na tentativa de proporcionar melhores condições às necessidades comportamentais dos suínos, sem, no entanto, renunciar aos parâmetros produtivos elevados, há um crescente interesse pela adoção de sistemas que venham adotar recursos de ampla manipulação nas baias, como a oferta de palha ou até o uso do sistema de cama sobreposta.

Pisos revestidos por um leito de cama sobreposta são considerados mais benéficos para o bem-estar de suínos em relação aos tradicionais pisos de concreto (Tuttyens 2005), todavia, a adesão de produtores nesse sistema é ainda relativamente baixa e, desta forma, a literatura ainda carece de informações a respeito desse sistema.

Embora estudos indiquem que os produtores/trabalhadores não possuam tempo suficiente para criar relações positivas com os animais, a rotina de manejo em todas as fases de produção propicia interações capazes de impactar na qualidade de vida dos animais e nos seus aspectos produtivos (Boivin *et al* 2012). Estudos relatam que relações humano-animal ruins podem

causar queda na produtividade, no desempenho reprodutivo e na qualidade de carne (Hemsworth & Coleman 1998; Rabaste *et al* 2007; Faucitano & Schaefer 2008).

Além disso, segundo Rocha *et al* (2016), o comportamento animal é influenciado pela interação com os manejadores, desta forma, avaliar as relações humano-animal constituem um importante parâmetro na estimativa do bem-estar animal.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os parâmetros comportamentais e da relação humano animal por meio do protocolo Welfare Quality® para suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.

## **Material e métodos**

A pesquisa foi realizada em granjas comerciais localizadas no Distrito Federal, Brasil. Todos procedimentos adotados foram revistos e aprovados pelo Comitê de Ética de Uso dos Animais da Universidade Estadual de Londrina sob protocolo nº 7003.2017.20

Ao todo, foram avaliados 15 galpões para suínos em fase de crescimento e terminação. Os galpões eram de alvenaria com dimensões médias 100 m de comprimento e 12 m de largura, e 3,5m de pé direito, com capacidade aproximada para 1100 suínos em cada edificação. As unidades dispunham de aberturas laterais, cobertura com telhas de fibrocimento e telas para evitar a entrada de aves e outros animais. A ventilação era realizada de maneira natural, pelas aberturas laterais do galpão, e mecânica, por meio de ventiladores que eram acionados de acordo com a temperatura externa e a necessidade de conforto térmico dos animais.

Todas as edificações avaliadas apresentavam piso revestido por leito de cama composta de casca de arroz, na espessura de 40cm, com exceção da área destinada aos comedouros, que era compacta em concreto. Todos os animais avaliados, anterior ao desmame, foram submetidos aos manejos de desbaste dos dentes e caudectomia e os machos passaram pela castração cirúrgica, realizada aos sete dias de vida. Os animais foram distribuídos em baias com densidade

média de 1.30m<sup>2</sup>/suíno, com máxima de 1.47m<sup>2</sup>/animal e mínima de 0.74m<sup>2</sup>/animal. Cada galpão avaliado abrigava categorias isoladas (machos ou fêmeas) ou mistos.

Foram avaliados, aproximadamente, 16500 animais (linhagem comercial, LWxLA) pelo protocolo Welfare Quality® para suínos em fase de crescimento e terminação (WQ, 2009), em três etapas: fase inicial de crescimento (75 a 85 dias de vida); intermediária de crescimento (86 a 161 dias de vida) e fase final (de 162 dias até a data de saída para o abatedouro). A aplicação do protocolo foi realizada por um único avaliador treinado a fim de padronizar as informações coletadas e minimizar os erros oriundos da subjetividade de algumas medidas. Não foram consideradas na avaliação as baias hospitalares. Neste estudo, foram abordadas as medidas baseadas no princípio do comportamento apropriado: expressão de comportamentos sociais e exploratórios, boa relação humano-animal e estado afetivo positivo (QBA).

### ***Avaliações comportamentais***

Ao chegar no ponto de observação, o avaliador encorajava os suínos a se levantarem e, após adaptação de cinco minutos, iniciava-se a avaliação. Todas as observações foram realizadas na parte externa do galpão, sem contato direto do avaliador com os animais. Cada grupo de suínos, composto de aproximadamente 150 animais, foi examinado por meio de cinco *scans* com intervalado de dois minutos cada. Em cada avaliação, três diferentes grupos de animais por galpão foram avaliados usando este método, totalizando nove avaliações ou 45 *scans* por galpão. Os comportamentos foram classificados conforme a descrição do etograma apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 Descrição dos comportamentos para avaliação comportamental presente no protocolo Welfare Quality® para suínos em fase de crescimento e terminação.**

<b>Comportamento</b>	<b>Descrição</b>
Social negativo (SN)	Comportamento agressivo, incluindo mordidas ou respostas a um estímulo negativo.
Social positivo (SP)	Interações como: farejar, cheirar, lamber sem uma reação agressiva ou fuga do outro indivíduo.
Exploração da baia (EB)	Farejar, cheirar, lamber ou qualquer interação com os componentes da baia.
Exploração do enriquecimento (EE)	Ações direcionadas a interação com a cama ou demais objetos de enriquecimento ambiental.
Demais comportamentos ativos (ACT)	Comer, beber, locomover-se e qualquer comportamento ativo não elencado previamente.
Inativos (INT)	Dormir ou ocioso.

#### ***Avaliação da relação humano-animal (HAR)***

Duas baias por galpão foram selecionadas para a avaliação desta medida, cada baia foi considerada coletivamente. Para esta medida, as baias poderiam ser classificadas em: 0- quando menos de 60% dos animais manifestaram resposta de pânico mediante presença do avaliador; 2- quando mais de 60% dos animais na baia mostram pânico com a presença humana. Como resposta de reação de pânico foram considerados: animais em fuga, de costas para o observador ou amontoados no canto da baia.

#### ***Avaliação do estado afetivo: Qualitative behaviour assessment (QBA)***

Foi utilizada uma escala para classificar os suínos ao nível do grupo com base em 20 termos diferentes: 1- ativos, 2- relaxados, 3- com medo, 4- agitados, 5- calmos, 6- satisfeitos, 7- tensos, 8- desfrutando, 9- frustrado, 10- sociáveis, 11- entediados, 12-. brincalhões 13- positivamente entretidos, 14- apáticos, 15- animados, 16- indiferentes, 17- irritados, 18- desinteressados, 19- felizes e 20- angustiados. Cada adjetivo elencado na escala foi pontuado entre 0 e 125mm, onde zero representava completa ausência e 125mm para característica

dominante no grupo avaliado. A pontuação foi feita dentro desta escala de acordo com o número de animais demonstrando cada um dos termos utilizados e a porcentagem de tempo que os animais foram observados em cada estado.

As observações foram realizadas do lado externo as baias, onde era possível a visão nítida do observador sem, no entanto, possibilitar contato com os animais. Embora as orientações do protocolo sejam de realizar observações em oito pontos distintos, devido a estrutura física dos galpões, foram realizadas observações em dois a quatro, de acordo com as possibilidades.

### ***Análises estatísticas***

Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo software R versão 5.1.1. Os comportamentos identificados foram expressos em proporção ao número total de suínos observados. Posteriormente, foram realizadas análises de regressão logística politômica para dados longitudinais por meio do pacote VGAM. Todas as *odds ratios* foram estimadas com base na ocorrência de comportamentos negativos. Não houve ocorrência de HAR score dois, portanto, não foram realizadas análises estatísticas para esta variável (vide sessão Resultados).

Os dados do QBA foram analisados por meio de análise de componentes principais (PCA) por meio dos pacotes FactoMineR e factoextra. Os dois primeiros componentes principais foram utilizados para a construção de um gráfico de palavras interpretativo bidimensional. Em cada gráfico, os 20 termos descritivos foram plotados em relação aos dois primeiros eixos.

## **Resultados**

### ***Avaliação da interação humano-animal (HAR)***

Ao longo de todo o período experimental não foram constatadas respostas de pânico em nenhum grupo de animais avaliados. Desta forma, não foi registrada nenhuma ocorrência de relação humano-animal negativa que caracterizasse grau 2.

#### ***Avaliação comportamental (scan sampling)***

A média percentual da expressão dos comportamentos elencados no etograma por avaliação e categoria animal estão apresentadas na Tabela 2. As médias de interação com componentes da baía (EB) foram maiores na terceira avaliação em relação às demais. A interação com a cama (EE) decresceu gradualmente ao longo do período experimental e os animais apresentaram mais comportamentos ativos na primeira avaliação. A incidência dos comportamentos sociais positivos, negativos e inativos permaneceram similares no decorrer do experimento.

Houve influência da avaliação e da categoria animal na incidência dos comportamentos elencados no etograma (Tabela 3). Na avaliação 1, machos apresentaram mais chances de apresentar todos comportamentos avaliados no etograma do que comportamentos sociais negativos em relação às fêmeas e aos lotes mistos. Entretanto, esse comportamento foi alterado ao longo do período experimental. Nas demais avaliações, fêmeas apresentaram mais chances de exibir os comportamentos em relação aos negativos. Os lotes mistos permaneceram intermediários em todas as avaliações.

**Tabela 2 Médias (%) da expressão de comportamentos apresentados por suínos em fase de crescimento e terminação, mantidos em sistema de cama sobreposta, de acordo com as diferentes avaliações e categoriais animais.**

Avaliação	Categoria	SP	SN	EB	EE	ACT	INT
1	Fêmeas	8.20	2.63	7.42	25.80	36.28	19.67
	Machos	6.32	1.55	5.31	22.85	37.22	26.75
	Mistos	7.37	1.83	10.07	22.17	32.50	26.07
2	Fêmeas	8.80	2.08	13.18	23.07	28.05	24.82
	Machos	8.45	2.28	15.33	22.15	30.93	20.85
	Mistos	7.40	2.30	12.70	22.43	27.87	27.30
3	Fêmeas	5.70	1.75	23.32	19.62	24.37	25.25
	Machos	9.28	2.95	11.25	20.17	27.95	28.40
	Mistos	6.43	2.80	15.03	21.00	27.33	27.40

SP= social positivo; SN= social negativo; EB= exploração da baia; EE= exploração do enriquecimento; ACT= ativos; INT= inativos

### ***Qualitative behavior assesment (QBA)***

A escala média de pontuação do QBA está apresentada na Tabela 4. Os desvios padrão dos descritores indicaram certa homogeneidade entre as avaliações. Nas análises do QBA os dois eixos principais foram mantidos, representando uma porcentagem acumulada de variabilidade entre as categorias e avaliações de 48.5% (35.7% e 12.7%, respectivamente). Os *eigenvalues* para os dois primeiros eixos foram maiores que um (7.1 e 2.5, respectivamente).

De acordo com as avaliações, a primeira dimensão mostra forte correlação entre os descritores: ‘positivamente entretidos’ (0.84), ‘ativo’ (0.79) ‘amigáveis’ (0.75), ‘brincalhões’ (0.73) e ‘animados’ (0.69). No segundo eixo, os descritores mais representativos foram: ‘frustrados’ (0.76), ‘aflitos’ (0.65), ‘medrosos’ (0.57), ‘irritados’ (0.54) e ‘inquietaos’ (0.47).

A distribuição dos pontos de acordo com as três avaliações indica que nas fases iniciais de alojamento, quando os animais são mais jovens, o estado emocional é mais positivo, mostrando-se mais ativos e positivamente ocupados. Todavia, é também na primeira avaliação

que se observa o maior número de resultados discrepantes. No decorrer das avaliações e com o avançar da idade, os animais gradualmente permanecem mais calmos, inativos e entediados.

**Tabela 3 Modelos de regressão logística politômica para análise de comportamentos de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta.**

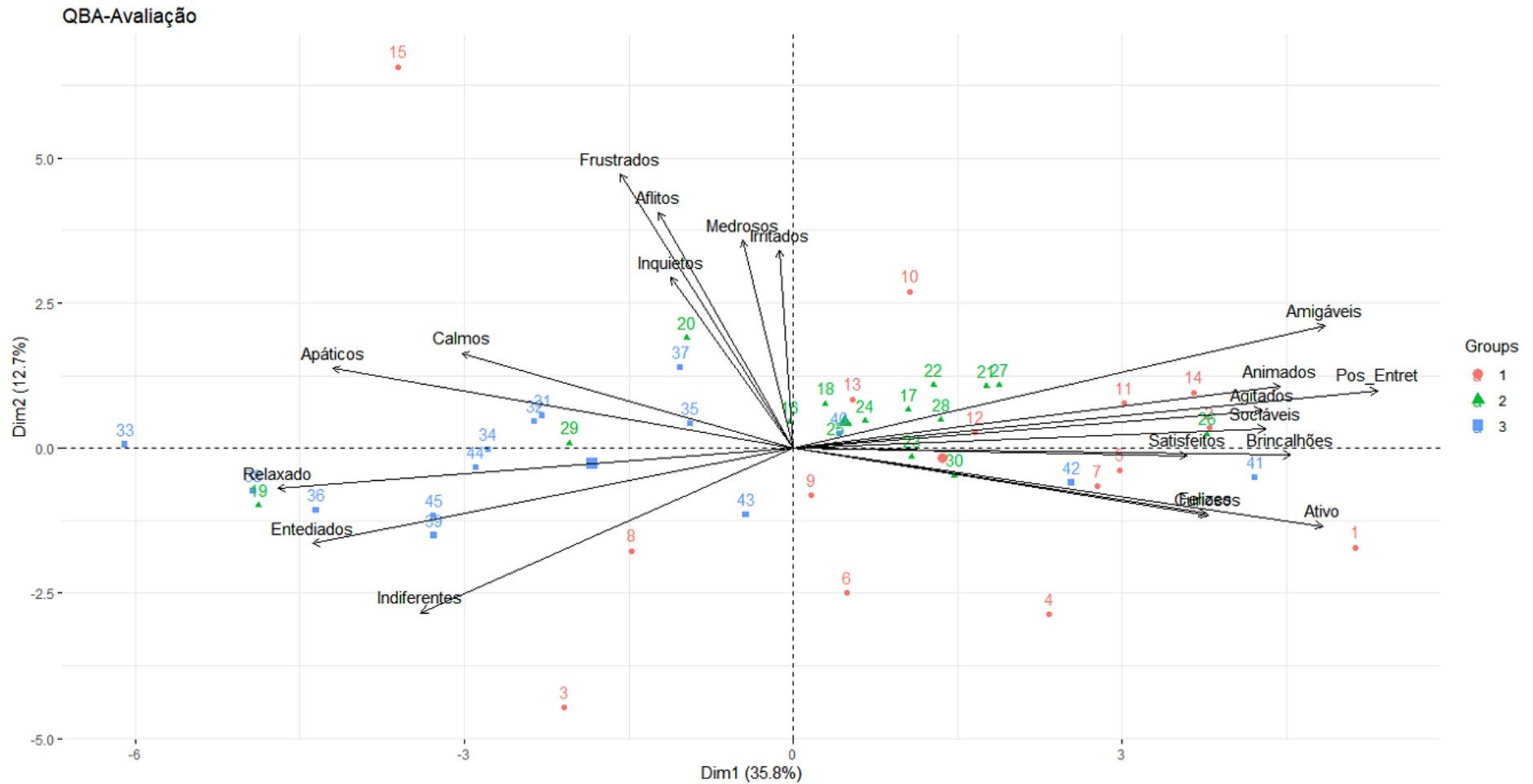
Avaliação	Categoria	SP		EB		EE		ACT		INT	
		OR	CI	OR	CI	OR	CI	OR	CI	OR	CI
1	Fêmea	1		1		1		1		1	
	Macho	2.64	0.69-10.04	4.46	1.11-17.93	2.78	0.52-10.20	4.04	0.41-14.70	5.83	1.59-21.36
	Misto	0.78	0.19-3.20	3.34	0.81-13.67	1.32	0.35-4.91	1.45	0.39-5.33	3.12	0.84-11.51
2	Fêmea	1		1		1		1		1	
	Macho	0.76	0.32-1.81	0.93	0.40-2.12	1.16	0.52-2.60	0.92	0.41-2.06	0.97	0.43-2.16
	Misto	0.44	0.27-3.16	0.34	0.13-0.85	0.73	0.31-1.72	0.67	0.28-1.55	0.59	0.25-1.38
3	Fêmea	1		1		1		1		1	
	Macho	0.94	0.27-3.16	0.47	0.15-1.49	0.49	0.15-1.54	0.60	0.19-1.88	0.36	0.11-1.11
	Misto	0.29	0.08-0.99	0.20	0.06-0.85	0.31	0.10-0.92	0.40	0.13-1.21	0.30	0.10-0.91

OR: Odds ratios; CI: 95% confidence intervals. Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 dias de vida até a data de saída para o abatedouro

**Tabela 4** Análise descritiva para avaliação do QBA, expresso em mm de acordo com as diferentes avaliações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta.

Descritores	Avaliação 1				Avaliação 2				Avaliação 3			
	Média	SD	Max	Min	Média	SD	Max	Min	Média	SD	Max	Min
Agitados	53.2	18.6	86	20	48.2	7.6	62	37	40.8	10.1	58	28
Aflitos	4.1	3.8	15	1	4.0	1.5	8	2	4.1	1.5	7	2
Amigáveis	58.0	16.7	77	13	63.0	12.4	90	37	50.6	14.8	85	25
Animados	56.8	10.5	79	39	56.7	12.7	68	15	51.2	11.7	70	35
Apáticos	14.2	12.9	51	1	25.7	14.6	60	6	38.1	14.1	65	12
Ativos	70.2	12.1	87	45	62.6	9.2	80	50	48.2	12.6	77	35
Brincalhões	45.6	16.8	80	25	36.2	20.3	72	10	21.2	15.6	62	8
Calmos	53.4	14.2	96	33	63.7	15.4	90	34	73.9	10.4	90	48
Curiosos	63.8	26.1	105	12	67.0	16.1	93	40	54.5	19.4	92	16
Entediados	26.2	10.2	48	10	36.2	14.9	72	20	50.6	16.5	79	24
Felizes	63.9	10.4	78	43	61.6	10.6	78	35	61.0	12.3	80	42
Frustrados	4.6	4.8	20	1	5.6	1.9	10	3	4.7	1.6	10	3
Indiferentes	30.3	16.4	77	13	27.0	8.6	50	15	36.8	15.0	70	20
Inquietos	5.5	6.2	22	1	5.4	3.7	16	2	5.8	3.0	16	3
Irritados	7.8	7.7	20	1	11.0	5.0	20	5	7.7	6.5	27	3
Medrosos	14.4	18.6	70	1	16.6	8.1	33	7	11.2	7.4	25	3
Pos. Entret.	69.8	14.2	92	45	68.4	16.0	83	25	58.6	17.6	93	33
Relaxados	52.7	10.7	75	35	57.4	9.6	82	46	65.0	12.8	87	47
Satisfeitos	80.3	9.5	95	56	78.0	13.9	94	35	68.3	10.7	87	51
Sociáveis	49.4	11.9	73	33	50.4	12.6	68	15	50.0	13.7	83	32

Avaliação 1 = 75 a 85 dias de vida; Avaliação 2 = 86 a 161 dias de vida; Avaliação 3 = de 162 dias de vida até a data de saída para o abatedouro.



**Figura 1** Representação gráfica do QBA avaliado, por diferentes avaliações, em suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta. Os eixos representam os autos vetores (*loadings*) de termos descritivos nas duas dimensões principais da análise de componentes principais.

## **Discussão**

A avaliação do comportamento adequado pelo protocolo Welfare Quality® aborda a expressão de comportamentos sociais positivos e exploratórios, relação humano-animal (HAR) e o estado emocional positivo (QBA). Mesmo que os pontos sejam avaliados de maneiras distintas, os resultados observados foram consistentes entre si, demonstrando que sistemas de cama sobreposta são positivos para o comportamento de suínos. Os resultados apresentados são indicativos da capacidade do animal de se adaptar ao ambiente de produção avaliado.

Segundo Scipioni *et al* (2009), é cada vez maior a importância dada ao bem-estar de suínos considerando os seguintes elementos estruturais e de manejos: espaço disponível, subdivisão em áreas funcionais, tipo de piso, acesso aos comedouros, oferta de água, disponibilidade de material para exploração, possibilidade de contatos sociais e manejos que possibilitem a formação de uma hierarquia estável. No presente estudo, o sistema de cama, aliado aos aspectos de manejo, possibilitou o atendimento de grande parte desses quesitos, sobretudo a manifestação de comportamentos de exploração e sociais positivos.

### ***Relação humano animal (HAR)***

Os resultados encontrados neste estudo mostram que não houve nenhuma ocorrência de interações humano-animal prejudicadas. Segundo Waiblinger *et al* (2006), interações homem-animal envolvem as percepções visual, tátil, olfativa e auditiva. Os autores ainda classificam essas interações em: presença visual estacionária, presença com movimentos entre os animais sem contato tátil (com possíveis interações vocais), contato físico, contato de alimentação e manuseio invasivo (podendo ser aversivos).

O medo dos seres humanos é em grande parte mediado pela maneira como as pessoas interagem com os animais. Todavia, o início da vida de um suíno é marcado por interações que geram medo e dor (e.g. castração, caudectomia etc.), o que pode incutir respostas de pânico nas

fases subsequentes. Dessa forma, é importante que os manejadores propiciem relações amistosas com suínos.

Mesmo que os sistemas de produção estejam, cada vez mais, sendo automatizados, a rotina de manejo possibilita interações entre suínos e humanos capazes de impactar no BE dos animais. Segundo Tallet *et al* (2018), ao compartilhar de capacidades sensoriais similares, suínos e humanos têm a possibilidade de criar uma ampla variedade de interações, que constituem pontos relevantes na produção animal. Além dos impactos negativos no BEA, as relações adversas também são importantes fontes de acidentes de trabalho e estresse para os funcionários (Grandin 1999; Des Roches *et al* 2016).

A ausência de respostas de pânico observada neste estudo é reflexo não somente do sistema de cama adotado, que estimula a expressão de comportamentos positivos, mas também, mérito de toda a conduta dos trabalhadores. A qualidade da relação humano-animal pode ser um bom preditor do nível de BEA em uma granja, uma vez que quando a mão de obra é preocupada com interações positivas é provável que também sejam dedicadas às questões de nutrição e sanidade. De fato, comportamentos em resposta ao medo são mais perceptíveis em suínos sem contato contínuo com humanos, como o sistema extensivo (Temple *et al* 2011a).

É válido ressaltar que as atitudes e o comportamento dos manejadores e a reação dos animais à abordagem humana são um laço de vínculos de associação, ou seja, um animal que apresenta respostas de pânico a um humano pode aumentar suas interações negativas com demais animais (Hemsworth & Coleman 2010).

Ao analisar a ocorrência de HAR em sistemas intensivos de produção, Temple *et al* (2011b) constataram alta variação entre os resultados observados, sugerindo que muitas vezes as respostas observadas podem ser consideradas ambíguas devido à falta de oportunidades para refúgios em baias. Todavia, acredita-se que as respostas às relações com humanos dependam mais do histórico de interações com manejadores e da complexidade do ambiente de

alojamento. Evidências também apontam influência da idade animal na qualidade destas relações (Dalmau *et al* 2009).

Os impactos das HAR nos aspectos de produção e na qualidade de carne foram investigados em estudos prévios. O medo excessivo desencadeia não somente problemas de BE, como também de produtividade e qualidade de carne (Waiblinger *et al* 2006), além disso são crescentes as evidências de que as relações influenciam o tamanho e o desenvolvimento das leitegadas (Hemsworth & Coleman 1998; Faucitano & Schaefer 2008). Efeitos mais visíveis da influência das HAR são observados na qualidade de carne, onde a ocorrência de manejos negativos momentos antes do abate tendem a aumentar o número de lesões na carcaça e a incidência de carnes PSE (Rabaste *et al* 2007).

### ***Análise comportamental***

Estudos salientam a importância da expressão de comportamentos sociais positivos e exploratórios (Temple *et al* 2011b; Courboulay *et al* 2009). Courboulay *et al* (2009) observaram frequências de comportamentos sociais positivos e negativos de 12,7% e 2,8%, respectivamente. Temple *et al* (2011b) relataram 12,2% e 5,4% para os mesmos comportamentos, nesta ordem. No presente estudo, a ocorrência de comportamentos sociais positivos e negativos variaram entre 9.28-5.70% para sociais positivos e entre 2.95-1.55% para sociais negativos. É importante frisar que nos estudos citados acima, a porcentagem dos comportamentos foi calculada excluindo os comportamentos inativos. Desta forma, proporcionalmente, as porcentagens citadas são superiores às desta pesquisa. No presente estudo, foi mantido a frequência desse comportamento por considerarmos a ociosidade importante para análise dos resultados. O aumento excessivo da ocorrência de comportamentos ociosos pode ser interpretado como o comprometimento do comportamento adequado, uma vez que suínos são motivados à exploração do ambiente (procura por alimento). Desta forma, ao

manter a motivação pela exploração do ambiente mesmo em confinamento, consideramos a frequência de inatividade importante para a avaliação comportamental, uma vez que, neste cenário, a maior ocorrência de inatividade pode ser um indicativo da frustração do animal nas tentativas de se adaptar ao ambiente.

Nos estudos realizados por Foppa *et al* (2018), Machado *et al* (2017) e Santos *et al* (2016), os autores observaram médias de inatividade superiores a 50% do total dos comportamentos avaliados em ambientes enriquecidos (*point source objects*) e tradicionais, respectivamente. Nossos resultados para esse comportamento variaram entre 19.67 e 28.40%, sugerindo que a presença de cama sobreposta é eficiente no propósito em estimular comportamentos ativos e positivos para o bem-estar de suínos.

Foi baixa a ocorrência de comportamentos sociais negativos, mesmo na fase inicial de alojamento, onde se esperava a maior incidência de agressividade entre suínos. Suínos são animais hierárquicos e a mistura de animais desconhecidos na instalação de crescimento e terminação gera novas disputas pelo domínio do local. A ocorrência elevada de comportamentos sociais negativos, principalmente agressões, pode elevar a prevalência de lesões que podem desencadear claudicação, abscessos, piora dos índices de produção e reprodução e queda da imunocompetência (De Groot *et al* 2001; Marchant-Forde & Marchant-Forde 2005)

A extensão de comportamentos negativos, como agressões, é afetada principalmente pelas medidas de manejo e *design* das instalações, incluindo a mistura de animais desconhecidos, acesso aos recursos (ração, água e EE) e a densidade animal. Nesse estudo, a densidade adotada (média de 1.30m<sup>2</sup>/animal), considerada adequada para suínos em fase de crescimento e terminação, pode ter colaborado para a redução da ocorrência de interações sociais negativas, além da conduta de manejo apropriada e disponibilização de material de enriquecimento.

Foi observada maior ocorrência de comportamentos sociais negativos em baias somente de fêmeas em relação às de machos e mistos. Na condição estudada, os machos foram castrados cirurgicamente aos sete dias de vida, o que pode ter contribuído para esse resultado. Estudos indicam que os comportamentos agressivos são estimulados pelos hormônios esteroides testiculares (Cronin *et al* 2003). Fredriksen *et al* (2008) sugerem que manter grupos mistos nas baias pode ser efetivo para reduzir os problemas com agressividade entre os animais, fato também observado no presente estudo. Nossos resultados corroboram os apresentados por Santos *et al* (2016), que também verificaram menores proporções de comportamentos agressivos em machos castrados em relação às fêmeas.

Embora tenha decrescido ao longo do período experimental, a porcentagem de interação variou entre 19.62% e 25.80%, demonstrando que a cama sobreposta é uma opção interessante de EE, proporcionando entretenimento em todo o ciclo de produção. O sucesso de um objeto de enriquecimento ambiental está atrelado à sua capacidade de atrair a atenção dos suínos pelo maior intervalo de tempo. De fato, a cama sobreposta adotada neste estudo (casca de arroz) pode ser classificada como EE sub-ótimo, de acordo com a legislação europeia, ou seja, apresenta características suficientes para a expressão dos comportamentos de investigação de suínos, entretanto carece de propriedades nutricionais para ser considerada como EE ótimo (EU 2016).

Autores apontam que um dos maiores desafios do EE ambiental é manter o interesse dos suínos nos objetos (Trickett *et al* 2009; Van de Weerd & Day 2009) e, desta forma, promover a expressão de comportamentos de exploração. Todavia, há relatos da perda do interesse logo nos primeiros dias de disponibilização dos objetos, fato frequentemente observado com objetos de interesse marginal (Foppa *et al* 2018).

Em estudo conduzido por Backus *et al* (2017), suínos mantidos em baias sem a presença de objetos de EE mostraram maior motivação à presença de fator novidade em relação aos

mantidos em locais enriquecidos. Esses resultados demonstram que, mesmo impossibilitados de expressão, suínos continuam fortemente motivados a exploração do ambiente. Todavia, é provável que o aumento o grau de curiosidade a um estímulo específico não esteja atrelado somente a um repertório comportamental mais adequado.

### ***Qualitative behavior assesment***

Segundo Temple *et al* (2011b), o QBA é uma metodologia integrativa e complementar que pode orientar a interpretação da avaliação quantitativa dos comportamentos. Os pontos elencados na avaliação QBA compõe uma complexa análise a respeito da qualidade de vida, onde os resultados devem ser interpretados por diferentes ângulos. Assim o QBA é considerado uma ferramenta versátil, de fácil aplicação, que exige poucos recursos (Fleming *et al* 2016) e que permite descobrir o que os animais preferem fazer e se o ambiente possibilita a expressão dessa predileção (Wemelsfelder 2007).

Os gráficos das análises de componentes principais demonstram que o estado afetivo é mais positivo no início da fase de crescimento e terminação. De fato, suínos mais jovens têm mais chances de apresentar comportamentos lúdicos em relação aos mais velhos (Newberry *et al* 1988). Mais próximo da idade de abate, por sua vez, os animais já estão mais pesados e, desta forma, é esperado que esses sejam mais apáticos e permaneçam em repouso. Embora seja possível observar essa tendência de os animais permanecerem mais apáticos próximos ao fim do ciclo, é válido pontuar que estados de aflição e medo não representam nenhum dos dois eixos.

Todavia, ao observar os gráficos, é possível verificar também que é na primeira avaliação que há maior quantidade de pontos discrepantes (outliers). Essa variabilidade é esperada principalmente nos primeiros dias de alojamento. Como resultado da mistura de lotes, há disputa para a formação da nova hierarquia, o que pode desencadear sentimentos de medo e

aflição. Ao mesmo tempo, suínos mais jovens são motivados a explorar o novo ambiente e apresentarem comportamentos mais lúdicos. As novas situações que os leitões são submetidos nos primeiros dias de alojamento (avaliação 1) explicam a variabilidade dos resultados observado.

Segundo Clarke (2015), o QBA é uma ferramenta eficaz na detecção de alterações na expressão comportamental ao longo do tempo e demonstrou ser aplicável em um cenário industrial para comparar sistemas de produção com diferentes características de alojamento. A avaliação do QBA também está relacionada com demais aspectos de BE. De acordo com Camerlink *et al* (2016), 12 dos 20 termos do QBA correlacionaram-se moderadamente com o número de lesões de pele.

Segundo Munsterhjelm *et al* (2015), um dos principais problemas de BE de suínos está relacionado com a falta de substrato de cama, e tais problemas podem ser detectados pelo QBA. Os autores ainda ressaltam que o estado afetivo dos animais não é suficientemente positivo em baias que não possibilitam a expressão de comportamentos exploratórios. Desta forma, é possível que, além da conduta dos trabalhadores ser apropriada (como discutido acima), a presença de cama sobreposta possibilitou a expressão de comportamentos adequados, colaborando para o estado afetivo positivo observado, independentemente da idade dos animais.

Mesmo que o QBA seja uma análise mais subjetiva, os resultados observados são condizentes com as demais avaliações realizadas neste estudo. De fato, não foram observadas respostas de pânico nas análises de relação humano-animal, estado emocional que também não foi verificado no QBA. Da mesma forma, a ocorrência de comportamentos ativos identificados no etograma também reforça ideia do estado afetivo positivo verificado.

## Conclusões

Não foram registradas interações humano-animal negativas e foram baixas as ocorrências de comportamentos sociais negativos. A presença de cama sobreposta proporcionou maior incidência de comportamentos sociais positivos e exploratórios, reduzindo o tempo de inatividade dos suínos, além de contribuir para o estado afetivo positivo. Sistemas de cama sobreposta são benéficos para o comportamento de suínos em fase de crescimento e terminação.

## Animal Welfare Implication

Na busca por sistemas que proporcionem melhores níveis de bem-estar para suínos, a adoção de cama sobreposta está em voga. Entretanto, a adoção deste sistema ainda é baixa e a literatura carece de informações atuais e abrangentes. Os resultados deste estudo identificam padrão comportamental e estado afetivo de suínos mantidos nesse sistema, representando assim uma oportunidade para o aprimoramento e a expansão de sua adoção como um sistema viável para atendimento dos preceitos de bem-estar animal.

## Referências

- Backus BL, Sutherland MA and Brooks TA** 2017 Relationship between environmental enrichment and the response to novelty in laboratory-housed pigs. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 56(6): 735-741
- Boivin X, Bensoussan S, L’Hotellier N, Bignon L, Brives H, Brule A, Godet J, Grannec ML, Hausberger M, Kling-Eveillard F, Tallet C and Courboulay V** 2012 Humans and livestock animals at work: toward a multidisciplinary approach of relational practices. *INRA Productions Animales* 25(2): 159-167

- Camerlink I, Peijnenburg M, Wemelsfelder F and Turner SP** 2016 Emotions after victory or defeat assessed through qualitative behavioural assessment, skin lesions and blood parameters in pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 183: 28-34.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.07.007>
- Clarke T** 2015 Qualitative behavioural assessment of sows under different housing conditions. PhD thesis. *School of Veterinary and Life Sciences*, Murdoch University. 191p
- Clarke T, Pluske JR and Fleming PA** 2016 Are observer ratings influenced by prescription? A comparison of free choice profiling and fixed list methods of qualitative behavioural assessment. *Applied Animal Behaviour Science* 177: 77-83
- Cronin GM, Dunshea FR, Butler KL, McCauley I, Barnett JL and Hemsworth PH** 2003 The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 81(2): 111-126  
[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00256-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00256-3)
- EU- European Union** 2016 Commission Recommendation (EU) 2016/336 of 8 March 2016 on the application of Council Directive 2008/120/EC laying down minimum standards for the protection of pigs as regards measures to reduce the need for tail-docking
- Dalmau A, Fabrega E and Velarde A** 2009 Fear assessment in pigs exposed to a novel object test. *Applied Animal Behaviour Science* 117(4): 173-180.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.12.014>
- De Groot J, Ruis MA, Scholten JW, Koolhaas JM and Boersma WJ** 2001 Long-term effects of social stress on antiviral immunity in pigs. *Physiology & Behavior* 73(2):145-158.  
[https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(01\)00472-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(01)00472-3)
- Des Roches ADB, Veissier I, Boivin X, Gilot-Fromont E and Mounier LA** 2016 A prospective exploration of farm, farmer, and animal characteristics in human-animal

relationships: An epidemiological survey. *Journal of Dairy Science* 99(7): 5573-5585.

<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10633>

**Faucitano L and Schaefer AL** 2008. Welfare of pigs from birth to slaughter, Versailles (FRA), Editions QUAE.

**Fleming PA, Clarke T, Wickham SL, Stockman CA, Barnes AL, Collins T and Miller DW**

2016 The contribution of qualitative behavioral assessment to appraisal of livestock welfare.

*Animal Production Science* 56(10):1569-1578. <https://doi.org/10.1071/AN15101>

**Foppa L, Caldara FR, de Moura R, Machado SP, Nääs IA, Garcia RG and de Oliveira**

**GF** 2018 Pig's behavioral response in nursery and growth phases to environmental enrichment objects. *Spanish Journal Of Agricultural Research* 16(3):1-10

<https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-12303>

**Fredriksen B, Lium BM, Marka CH, Mosveen B and Nafstad O** 2008 Entire male pigs in

farrow-to-finish pens - Effects on animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 110(3-4):258-268 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.04.007>

**Grandin T** 1999 Safe handling of large animals. *Occupational Medicine* 14:195– 212.

**Hemsworth PH and Coleman GJ** 1998 Chapter 3: Human-animal interactions and animal

productivity and welfare. In: Hemsworth, P.H., Coleman, G.J. (Eds.), Human-Livestock Interactions: The Stockperson and the Productivity and Welfare of Intensively Farm Animals. CAB international, Bristol, UK

**Hemsworth, P. H., G. J. and Coleman 2010** Human-Livestock Interactions: The Stockperson

and the Productivity and Welfare of Intensive Farmed Animals, 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK.

**Machado SP, Caldara FR, Foppa L, de Moura R, Gonçalves LMP, Garcia RG and de**

**Oliveira GF** 2017 Behavior of pigs reared in enriched environment: Alternatives to extend pigs attention. *PloS One* 12(1): e0168427. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168427>

- Marchant-Forde JN and Marchant-Forde RM** 2005 Minimizing inter-pig aggression during mixing. *Pig News and Information* 36(3): 63N-71N.
- Munsterhjelm C, Heinonen M and Valros A** 2015 Application of the Welfare Quality® animal welfare assessment system in Finnish pig production, part I: identification of principal components. *Animal Welfare* 24(2):151-160.  
<https://doi.org/10.7120/09627286.24.2.151>
- Newberry RC, Wood-Gush DGM and Hall JW** 1988 Playful behaviour of piglets. *Behavioural Processes* 17(3):205-216. [https://doi.org/10.1016/0376-6357\(88\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0376-6357(88)90004-6)
- Rabaste C, Faucitano L, Saucier L, Mormède P, Correa JA, Giguère A and Bergeron R** 2007 The effects of handling and group size on welfare of pigs in lairage and their influence on stomach weight, carcass microbial contamination and meat quality. *Canadian journal of animal Science* 87(1):3-12. <https://doi.org/10.4141/A06-041>
- Rocha LM, Velarde A, Dalmau A, Saucier L and Faucitano L** 2016 Can the monitoring of animal welfare parameters predict pork meat quality variation through the supply chain (from farm to slaughter)?. *Journal of Animal Science*, 94(1): 359-376.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2015-9176>.
- Santos RKS, Caldara FR, Moi M, Santos LS, Nääs IA, Foppa L and Borquis RRA** 2016 Behavior of immunocastrated pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45(9): 540-545, 2016.  
<http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902016000900006>
- Scipioni R, Martelli G and Volpelli LA** 2009 Assessment of welfare in pigs. *Italian Journal of Animal Science* 8: 117-137. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.117>
- Tallet C, Brajon S, Devillers N, and Lensink J** 2018 Pig–human interactions: Creating a positive perception of humans to ensure pig welfare. In: *Advances in Pig Welfare*. Woodhead Publishing, 2018. p. 381-398.

- Temple D, Manteca X, Velarde A and Dalmau A** 2011a Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 131(2): 29-39, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.01.013>
- Temple D, Dalmau A, de la Torre JLR, Manteca X and Velarde A** 2011b Application of the Welfare Quality® protocol to assess growing pigs kept under intensive conditions in Spain. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 6(2): 138-149, <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2010.10.003>
- Trickett SL, Guy JH and Edwards SA** 2009 The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. *Applied Animal Behaviour Science* 116: 45-51, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.07.007>
- Tuytens FAM** 2005 The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. *Applied Animal Behaviour Science* 92(3): 261-282. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.05.007>
- Van de Weerd HA and Day JE** 2009 A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science* 116: 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.001>
- Welfare Quality (WQ)**. 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs. Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Waiblinger S, Boivin X, Pedersen V, Tosi MV, Janczak AM, Visser EK and Jones RB** 2006 Assessing the human–animal relationship in farmed species: a critical review. *Applied Animal Behaviour Science* 101(4): 185-242. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.02.001>
- Wemelsfelder F** 2007 How animals communicate quality of life: the qualitative assessment of behaviour. *Animal Welfare* 16: 25-31, 2007.

1

## **6 ARTIGO C**

(ARTIGO APRESENTADO NAS NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA)

---

## **Avaliação preliminar da emissão de gases de efeito estufa e amônia em instalações de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta**

**Resumo:** O objetivo com a condução deste trabalho foi avaliar a concentração e emissão de gases de efeito estufa e amônia em instalações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta com diferentes níveis de utilização. Ao todo, foram coletadas amostras gasosas de oito instalações de suínos com diferentes níveis de utilização da cama. Foram considerados quatro edifícios com cama em terceiro nível de utilização, dois galpões com cama de segunda utilização e outros dois com cama de primeiro uso. As amostras de ar foram feitas através de duas coletas semanais, realizadas no período matutino e vespertino para cada edifício de alojamento avaliado. As emissões foram calculadas com base na metodologia simplificada do princípio de cálculo das emissões de gases por meio das relações de concentração. Os dados de emissão de GEEs e amônia foram submetidos à análise de variância e as médias, de acordo com o diferente nível de utilização da cama, foram comparadas pelo teste de Tukey pelo software estatístico R. Maiores emissões de dióxido de carbono (8.78 vs 8.72 vs 8.63 g/suíno/dia) e metano (0.07 vs 0.03 vs 0.01 g/suíno/dia) foram observados em camas de primeira utilização e menores em terceira. Não houve diferença nas emissões de amônia (0.01 vs 0.06 vs 0.06 g/suíno/dia) e óxido nítrico (0.01 vs 0.02 vs 0.02 g/suíno/dia). Em condições de clima tropical, as emissões de gases de efeito estufa e amônia foram consideravelmente baixas.

**Palavras-chave:** amônia, dióxido de carbono, sistema de alojamento, suinocultura.

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate the concentration and emission of greenhouse gases (GHG) and ammonia in swine facilities kept in deep bedding system with different utilization levels. Gaseous samples were collected from eight pig facilities with different levels of litter utilization; four buildings with third-level litter, two sheds with second level and two with first use. Air samples were taken through two weekly samplings, in the morning and afternoon for each housing building evaluated. Emissions were calculated based on the simplified methodology of the principle of calculation of gas emissions by concentration ratios. GHG and ammonia emission data were subjected to analysis of variance and averages, according to the different level of utilization of the litter, were compared by Tukey test by the R statistical software. Highest carbon dioxide emissions (8.78 vs 8.72 vs 8.63 g.pig<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>) and methane (0.07 vs 0.03 vs 0.01 g.pig<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>) were observed in first-use and smaller beds in third. There was no difference in ammonia emissions (0.01 vs 0.06 vs 0.06 g.pig<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>) and nitrous oxide (0.01 vs 0.02 vs 0.02 g<sup>-1</sup>.pig<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>). Under tropical climate conditions, greenhouse gas and ammonia emissions were considerably low.

**Keywords:** ammonia, carbon dioxide, housing system, pig farming.

## Introdução

As ações antrópicas de emissão de gases de efeito estufa (GEE) geram debates polêmicos e controversos a respeito das alterações climáticas observadas ao longo dos últimos anos. As emissões de GEE associadas à produção animal correspondem a 15% do total e a suinocultura é responsável pela liberação de aproximadamente 0,7 CO<sub>2</sub>-eq/ano, o que representa 9% das emissões relacionadas à pecuária, sendo esta considerada a segunda maior contribuinte do setor (Gerber et al., 2013).

Atualmente, as legislações mundiais tendem a impor uma redução de emissões de GEE e, por conseguinte, avaliar o impacto ambiental da produção industrial de suínos representa uma questão crucial a ser considerada para garantir a sustentabilidade do sistema (Sommer e Møller, 2000). Neste contexto, a suinocultura vem sendo frequentemente associada aos encargos ambientais, e ainda há poucas pesquisas que abordem os impactos ambientais dos atuais sistemas de produção, em condições brasileiras.

Dentre os GEE, destacam-se o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e, mesmo não sendo considerada causadora do efeito estufa, a amônia (NH<sub>3</sub>) exerce influência sobre a produção e dissociação dos demais (IPCC, 2006). Na produção de suínos, a maior parte destes gases é proveniente da respiração animal e da degradação biológica dos materiais orgânicos presentes nos dejetos (Steinfeld et al., 2006; Blanes-Vidal et al., 2008). Além de influenciar as emissões, as concentrações destes gases no interior das instalações podem também afetar a saúde dos trabalhadores e dos animais, bem como comprometer o desempenho desses (Mihina et al., 2012).

As emissões de GEE e amônia associadas à suinocultura têm sido estudadas principalmente em sistemas de pisos ripados ou sólidos, todavia a literatura ainda carece de dados a respeito das emissões em sistemas de cama (Philippe et al., 2007), sobretudo em regiões de clima tropical. A literatura reporta que, comparado com o sistema de piso vazado, com a adoção de cama sobreposta há aumento das emissões de CO<sub>2</sub>, redução das emissões de CH<sub>4</sub> e um considerável aumento das emissões de N<sub>2</sub>O, no entanto, os resultados relatados a respeito da NH<sub>3</sub> ainda permanecem controversos (Cabaraux et al., 2009; Philippe e Nicks, 2014). Nesse sistema, as emissões dos gases supracitados podem ser afetadas pelo tipo e quantidade de substrato, densidade animal, manejo, condições climáticas do local e grau de

utilização e reposição do material de leito (Philippe et al., 2011; Guingand e Rugani, 2013; Philippe e Nicks, 2014).

Tendo em vista que atualmente os sistemas de produção animal estão se adaptando às novas demandas do mercado por melhores condições de bem-estar animal, é crescente o interesse na utilização de cama sobreposta (Sommer e Møller, 2000; Tuyttens, 2005). Desta forma, é necessário realizar estudos que forneçam uma visão ampla do sistema, uma vez que bem-estar animal e sustentabilidade são temas indissociáveis.

Diante do exposto, o objetivo com a condução deste trabalho estimar as emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ), em instalações de suínos na fase de crescimento e terminação mantidos em instalações com sistema misto de ventilação e com cama sobreposta, com diferentes níveis de utilização do material de leito.

## **Material e Métodos**

Os procedimentos adotados na condução deste trabalho foram previamente revistos e aprovados pelo comitê de ética de uso com animais da Universidade Estadual de Londrina. O trabalho foi desenvolvido entre os meses de abril e maio de 2017, em granjas comerciais localizadas em Brasília, Distrito Federal, Brasil. A região apresenta, segundo a classificação de Köppen e Geiger, clima tropical “Aw, com inverno seco e verão chuvoso, temperaturas médias anuais de 21,1 °C e pluviosidade de 1668 mm. Ao todo, foram avaliadas oito edificações de suínos em fase de crescimento e terminação, mantidos em sistema de cama sobreposta, com aproximadamente 8055 animais (Agroceres, LD × LW).

### *Características das edificações*

As edificações eram de alvenaria com dimensões de 100 x 13 m, com pé direito de 3,5 m de, e capacidade aproximada para 1100 suínos, em cada alojamento. As edificações apresentavam cobertura de fibrocimento, com sistema de ventilação misto, ou seja, via natural (aberturas laterais), e via mecânica (ventiladores programados para funcionar de acordo com a necessidade fisiológica dos animais e a temperatura externa). O piso era sólido, revestido por um leito de casca de arroz (40 cm de espessura) e

concretado somente na área destinada aos comedouros e bebedouros. As baias apresentavam dimensões distintas, com capacidade variáveis entre 100 a 400 animais. Foram amostrados gases de quatro galpões com material de cama de 3ª utilização, dois edifícios com cama de 2ª utilização e dois com cama de 1ª utilização, não houve reposição do substrato de cama em nenhum galpão ao longo do período de avaliação.

### *Amostragem dos gases*

As amostras de ar (interno e externo) foram feitas através de duas coletas semanais, realizadas no período matutino (7h30–10h30) e vespertino (12h30-15h30) para cada edifício de alojamento avaliado. As coletas foram realizadas com auxílio de um dispositivo composto por uma bomba de sucção (Debflex®) acoplada a um saco coletor (Tedlar® Air Sample Bags).

Para a coleta dos gases dentro do edifício de alojamento o saco *Tedlar* foi posicionado a uma distância de aproximadamente 1 m em relação ao chão e o percurso de coleta foi realizado de forma alternada dentro do edifício de alojamento. A coleta do ar exterior foi realizada de modo contínuo ao longo do edifício de alojamento, a uma distância de cinco metros para evitar contaminação cruzada de gases provenientes do interior das instalações.

Após as coletas, os sacos *Tedlar* foram armazenados em caixas termoisolantes até o momento da leitura. As amostras de ar foram analisadas em um aparelho de gás infravermelho fotoacústico marca INNOVA®, modelo 1412 (Innova Air Tech Instruments 1412 Photoacoustic Multi-gas Monitor), o qual foi conectado ao computador para registro das leituras das concentrações dos GEE e NH<sub>3</sub> (em ppm<sup>-v</sup>). Para tanto, os sacos foram conectados ao analisador por meio de uma válvula, sendo programado para realizar um ciclo de leituras por minuto, durante 20 minutos por amostra. Todavia, as primeiras cinco leituras foram descartadas até estabilização das concentrações a fim de reduzir as variações oriundas de contaminação entre amostras.

A mensuração da velocidade do ar foi realizada em sentido longitudinal em 15 pontos distintos dentro da edificação, bem como no seu exterior. A temperatura interna e externa foi medida com auxílio de um termoanemômetro (Testo 405<sup>®</sup>).

### *Cálculos da emissão dos gases*

Para a determinação das emissões dos gases foi utilizada metodologia simplificada proposta pelo *Institute National de la Recherche Agronomic* (INRA)-França intitulada: Princípio de cálculo das emissões de gases pelo método das relações de concentração (Paillat et al., 2005; Guingand et al., 2010; Robin et al., 2010). Primeiramente, foi realizada a conversão da concentração dos gases em ppm para volume de massa de ar por kg de ar úmido, conforme equação 1.

$$Cm = \frac{Cv \times MM}{Vm, CNTP} \quad (\text{Eq 1})$$

Onde:  $Cm$  = concentração mássica do gás ( $\text{mg gás} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ar seco}$ );

$Cv$  = concentração volumétrica do gás ( $\text{ppm-v}$ ;  $\text{mL gás} \cdot \text{m}^{-3}$ );

$MM$  = massa molecular do gás ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ), em que:  $\text{CO}_2$ :  $44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\text{CH}_4$ :  $16,04 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\text{N}_2\text{O}$ :  $44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\text{NH}_3$ :  $17,03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$Vm, CNTP$  = volume molar do ar em CNTP ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1 \text{ atm}$ ) ( $22,45\text{L}$ )

Posteriormente, as concentrações obtidas de cada gás foram convertidas em C- $\text{CO}_2$ , C- $\text{CH}_4$ , N- $\text{N}_2\text{O}$  e N- $\text{NH}_3$  por meio da multiplicação do fator de correção (FC) de cada um dos respectivos gases. Os FC para os gases são  $12/44$ ,  $12/16$ ,  $28/44$  e  $14/17$ , respectivamente.

As concentrações mássicas convertidas foram utilizadas para o cálculo do gradiente de gás ( $\text{mg gás} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ar seco}$ ), determinado pela diferença das mediana obtida nas leituras de concentração das amostras interna e externa, em cada dia de amostragem (Equação 2). Após a determinação dos gradientes para cada dia de amostragem, foi determinada uma média de todos os dias, representada por  $\bar{G}$ .

$$G = M_{\text{int}} - M_{\text{ext}} \quad (\text{Eq 2})$$

Onde:  $G$  = gradiente de gás ( $\text{mg.gás}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ );

$M_{\text{int}}$  = mediana da concentração interna do gás ( $\text{mg.gás}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ );

$M_{\text{ext}}$  = mediana da concentração externa do gás ( $\text{mg.gás}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ ).

Por fim, a emissão dos gases foi determinada com base no princípio de cálculo das emissões de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  pelo método das relações de concentração exposta nas equações 3, 4, 5 e 6.

Perdas C = Emissão de C- $\text{CO}_2$  + Emissão de C- $\text{CH}_4$

$$\text{Emissão C} - \text{CO}_2 = \text{Perdas C} / [1 + (\bar{G}_{\text{C} - \text{CH}_4} / \bar{G}_{\text{C} - \text{CO}_2})] \quad (\text{Eq 3})$$

$$\text{Emissão C} - \text{CH}_4 = \text{Emissão C} - \text{CO}_2 \cdot (\bar{G}_{\text{C} - \text{CH}_4} / \bar{G}_{\text{C} - \text{CO}_2}) \quad (\text{Eq 4})$$

$$\text{Emissão N} - \text{NH}_3 = \text{Emissão C} - \text{CO}_2 \cdot (\bar{G}_{\text{N} - \text{NH}_3} / \bar{G}_{\text{C} - \text{CO}_2}) \quad (\text{Eq 5})$$

$$\text{Emissão N} - \text{N}_2\text{O} = \text{Emissão C} - \text{CO}_2 \cdot (\bar{G}_{\text{N} - \text{N}_2\text{O}} / \bar{G}_{\text{C} - \text{CO}_2}) \quad (\text{Eq 6})$$

Onde:

Perdas C = perdas de carbono (kg). Para todos os cálculos foi adotado o valor 0,1 para esta variável.

Emissão C- $\text{CO}_2$  = emissão de carbono na forma  $\text{CO}_2$  (g);

Emissão C- $\text{CH}_4$  = emissão de carbono na forma  $\text{CH}_4$  (g);

Emissão N- $\text{NH}_3$  = emissão de nitrogênio na forma  $\text{NH}_3$  (g);

Emissão N- $\text{N}_2\text{O}$  = emissão de nitrogênio na forma  $\text{N}_2\text{O}$  (g);

$\bar{G}_{\text{CO}_2}$ : gradiente médio de carbono na forma  $\text{CO}_2$  ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ );

$\bar{G}_{\text{CH}_4}$ : gradiente médio de carbono na forma  $\text{CH}_4$  ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ );

$\bar{G}_{\text{NH}_3}$ : gradiente médio de nitrogênio na forma  $\text{NH}_3$  ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ );

$\bar{G}_{\text{N}_2\text{O}}$ : gradiente médio de nitrogênio na forma  $\text{N}_2\text{O}$  ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ar seco}$ ).

Os dados obtidos foram computados em planilhas digitais e os cálculos de emissões de gases, de acordo com o grau de utilização foram realizados com auxílio do programa Microsoft Excel<sup>®</sup>. Os dados

de emissão de GEEs e amônia foram submetidos à análise de variância e as médias, de acordo com o diferente nível de utilização da cama, foram comparadas pelo teste de Tukey pelo software estatística R versão 3.5.

## Resultados e Discussão

Os valores médios, máximos e mínimos da temperatura e velocidade do ar obtidos no desenvolvimento do experimento de campo são apresentados na Tabela 1. As características da estrutura das edificações, a densidade animal e a velocidade do ar podem alterar as concentrações dos gases emitidos. Segundo informações disponibilizadas na literatura, observa-se uma relação direta entre a concentração de gases e as taxas de fluxos do ar e fatores como temperatura, taxas de ventilação geometria, número de animais alojados, técnicas de manejo de animais e de dejetos (Takai et al, 1998; Banhazi et al., 2008).

Apesar de impactar diretamente na concentração e emissão de gases, o uso de condições climáticas para modular a liberação de GEEs é questionável, uma vez que os parâmetros ambientais devem prioritariamente respeitar as necessidades fisiológicas dos animais (Phillipe et al., 2011).

**Tabela 1** Valores médios, máximos e mínimos da temperatura e velocidade do ar observado nas instalações monitoradas no experimento.

	T. Interna(°C)	T. Externa (°C)	Velocidade Interna (m/s)	Velocidade Externa (m/s)
Média	26.95 ± 2,61	29.31 ± 3,07	0.68 ± 0,52	0.81 ± 0,76
Máxima	31.00	31.10	3.21	4.04
Mínima	22.30	24.40	0.02	0.08

Os resultados médios das concentrações de gases, de acordo com o nível de utilização da cama, estão apresentados na Tabela 2. Maiores concentrações foram observadas em camas no seu terceiro ciclo de utilização, devido a maior quantidade de matéria orgânica em decomposição que originam os gases.

**Tabela 2** Concentrações de gases ( $\pm$ DP), em ppm, obtidos nos em edifícios de alojamento de suínos em sistema de cama sobreposta com diferentes níveis de utilização.

Gás	Qualidade da Cama			CV (%)
	1ª Utilização	2ª Utilização	3ª Utilização	
CO <sub>2</sub>	680.68 $\pm$ 112.64	597.35 $\pm$ 59.10	665.46 $\pm$ 101.69	14.79
CH <sub>4</sub>	14.65 $\pm$ 3.83	10.84 $\pm$ 7.08	17.04 $\pm$ 6.07	39.06
NH <sub>3</sub>	3.71 $\pm$ 0.38	4.68 $\pm$ 0.65	6.39 $\pm$ 2.33	32.84
N <sub>2</sub> O	0.65 $\pm$ 0.18	0.53 $\pm$ 0.05	0.67 $\pm$ 0.18	23.43

DP = desvio padrão. Diferentes letras nas linhas diferem as médias pelo teste de Tukey  $p < 0.05$

A nível de concentração, o metano e o óxido nitroso não são preocupantes, pois não alcançam valores considerados tóxicos à saúde animal e humana. Os valores de concentrações de dióxido de carbono situam-se abaixo do recomendado para que não atinja concentrações consideradas nocivas para animais e seres humanos (3000 ppm) (Robin et al., 2006), respeitando também o estabelecido pela normativa brasileira NR-15 que preconiza níveis inferiores a 3900 ppm (Brasil, 1978).

Na presente pesquisa, os valores observados de NH<sub>3</sub> no interior das edificações não ultrapassam 6,39 ppm, encontrando-se abaixo daquele recomendado por pesquisadores da área (20 ppm) (Cigir, 2002).

A concentração média de amônia encontrada neste estudo é superior a encontrada por Paulo et al. (2009) que, ao avaliarem as concentrações deste gás em sistema de produção de suínos sobre leito de de casca de arroz, observaram médias de 2,98 ppm, entretanto com picos de 15 ppm. Ao avaliar a concentração de CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> em edificações de produção de suínos, Sousa et al. (2014) observaram médias de 2,88 ppm para amônia e 1280 ppm para CO<sub>2</sub> em sistemas com leito de maravalha. Os autores constataram também que as maiores concentrações dos gases foram observadas nos horários mais quentes do dia.

As emissões médias de gases oriunda de instalações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta estão apresentadas na Tabela 3. Não houve diferença nas emissões de NH<sub>3</sub> e N<sub>2</sub>O de acordo com o tipo de cama utilizado e os valores observados são considerados extremamente baixos. Seguindo a lógica inversa das concentrações, as emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> foram superiores em camas de primeira utilização e inferiores nas de terceira.

Embora sejam dependentes das concentrações gasosas, os fluxos de emissão são fortemente influenciados por demais fatores que compõe o sistema. As emissões de GEEs na suinocultura apresentam um padrão diurno em decorrência dos efeitos da temperatura, taxas de ventilação e atividade animal (Philippe e Nicks, 2014).

De acordo com Philippe et al. (2014), o sistema de cama sobreposta as emissões de NH<sub>3</sub> são fortemente influenciadas pelo tipo do substrato, a quantidade e a frequência de fornecimento, o tratamento da cama e a estratégia de remoção.

**Tabela 3-** Valores médios ( $\pm$ DP) de emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> e N<sub>2</sub>O em instalações de suínos em fase de crescimento e terminação mantidos em sistema de cama sobreposta com diferentes níveis de utilização da cama.

Emissão de Gás	Qualidade da Cama			CV (%)
	1ª Utilização	2ª Utilização	3ª Utilização	
CO <sub>2</sub> (g·suíno <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	8.78 $\pm$ 0.01a	8.72 $\pm$ 0.03ab	8.63 $\pm$ 0.05b	0.49
CH <sub>4</sub> (g·suíno <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	0.07 $\pm$ 0.00a	0.03 $\pm$ 0.01ab	0.01 $\pm$ 0.01b	37.57
NH <sub>3</sub> (g·suíno <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	0.01 $\pm$ 0.00	0.06 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.02	41.53
N <sub>2</sub> O (g·suíno <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> )	0.01 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.01	59.38

DP = desvio padrão. Diferentes letras nas linhas diferem as médias pelo teste de Tukey p<0.05

As emissões gasosas são variáveis entre pesquisas e até mesmo dentro de uma mesma instalação. Em estudo realizado por Philippe et al. (2007), as emissões de gases oriunda de instalações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta (maravalha) foram: 13,1 g/suíno/dia NH<sub>3</sub>; 1,11 g/suíno/dia de N<sub>2</sub>O; 16,0 g/suíno/dia para CH<sub>4</sub> e 1970 g/suíno/dia para CO<sub>2</sub>. Já Cabaraux et al. (2009) observaram

emissões médias de 0,61 g/suíno/dia  $\text{NH}_3$ ; 0,3 g/suíno/dia para  $\text{N}_2\text{O}$ ; 0,75 g/suíno/dia para  $\text{CH}_4$  e 334 g/suíno/dia para  $\text{CO}_2$ , em instalações de suínos com cama de maravalha. Neste mesmo estudo, em uma das amostragens não foi observada a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Não houve diferença nas taxas de emissão da amônia de acordo com os diferentes níveis de utilização da cama. Temperaturas elevadas favorecem as concentrações de amônia, contribuindo diretamente para com os mecanismos de hidrólise da ureia, dissociação e volatilização da  $\text{NH}_3$  a partir dos dejetos (Guingand et al., 2010). Preservado o consenso a respeito dos padrões sazonais e diurnos nas emissões de  $\text{NH}_3$ , pesquisadores apontam que, até o momento, a quantidade de estudos de campo realizados é insuficiente para explicar as variações dinâmicas das emissões de  $\text{NH}_3$  em sistemas de produção (Ni et al., 2018).

Com a presença de cama sobreposta, os dejetos são absorvidos pela cama e transformados em nitrogênio orgânico por meio da atividade microbiana. Essas reações sugerem que o potencial para perdas de nitrogênio via volatilização de  $\text{NH}_3$  de sistemas de cama sobreposta são menores devido à imobilização de nitrogênio amoniacal (Sommer et al., 2006; Gerber et al., 2013).

As taxas de  $\text{N}_2\text{O}$  em instalações de suínos são oriundas da degradação da matéria orgânica presente nos dejetos, entretanto podem ser maiores em locais próximos ao cultivo de grãos (MacLeod et al., 2013). Em edificações onde há predominância de condições anaeróbicas, os processos de nitrificação de  $\text{NH}_4^+$  são reduzidos e, como resultado, é provável que ocorram poucas ou nenhuma emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  nesses edifícios (Chadwick et al., 2011).

Autores estimam que a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  seja cinco vezes maior em sistemas de cama sobreposta em relação a instalações com pisos ripados (Kupper, 2017). Contudo, devido a interação dos fatores que influenciam os processos, as emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  exibem um grau alto de variabilidade espacial e temporal. O  $\text{N}_2\text{O}$  é produzido durante os processos de nitrificação e desnitrificação que normalmente convertem  $\text{NH}_3$  em gás  $\text{N}_2$  inerte (Cabaraux et al., 2009). A nitrificação ocorre em condições aeróbicas e a desnitrificação, por sua vez, requer condições anaeróbicas (Monteny et al., 2006) e ambas situações ocorrem em sistemas de cama sobreposta. Sob condições anaeróbicas, a reação de desnitrificação é incompleta, resultando na produção de  $\text{NO}$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . Além da falta de disponibilidade de oxigênio, a

desnitrificação também é favorecida pela presença carbono e temperaturas mais elevadas (Santonja et al., 2017) e frequentemente, há interações negativas entre  $\text{NH}_3$  e  $\text{N}_2\text{O}$  (Petersen e Sommer, 2011).

De forma similar à  $\text{NH}_3$ , segundo Ngwabie et al. (2011) as emissões de  $\text{CH}_4$  aumentam quando a temperatura interna em uma unidade de suínos em fase de terminação também aumenta. As emissões de  $\text{CH}_4$  observadas neste estudo foram consideravelmente mais baixas que a observada na literatura. Nicks et al. (2004) observaram médias de  $7,39 \text{ g suíno}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  em três ciclos de produção utilizando a mesma cama. Por outro lado, Cabaraux et al. (2009) relataram médias de  $0,75$  e  $0,52 \text{ g CH}_4 \text{ suíno}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  em leitos de palha e serragem, respectivamente. A quantidade de  $\text{CH}_4$  gerada é afetada pela condição anaeróbica, altas temperaturas e fontes de carboidratos degradáveis que iniciam e mantêm a atividade microbiana (Amon et al., 2006; Santonja et al., 2017). Sua produção é inibida por condições aeróbias e pela alta concentração de  $\text{NH}_3$  (Philippe e Nicks, 2014). De fato, na condição estudada, características da instalação favoreciam a circulação de ar e, conseqüentemente, o aumento das condições aeróbias, o que pode ter contribuído para a redução das emissões deste gás, independente da qualidade de cama adotada.

Em sistemas de manejo de dejetos sólido, como cama sobreposta, a principal via de formação de  $\text{CO}_2$  é a degradação aeróbica da matéria orgânica (Philippe e Nicks 2014) favorecidas por baixas temperaturas ( $15^\circ\text{C}$ ) (Møller et al., 2004). De forma similar aos demais gases, as emissões de  $\text{CO}_2$  são influenciadas por fatores, como temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio, degradabilidade dos compostos de carbono, pH da cama e estrutura física do material orgânico (Jeppsson, 2000; Paillat et al., 2005).

Diferentes sistemas de ventilação, natural ou forçada, também podem afetar a emissão de gases. Gallmann et al. (2003) relataram um aumento de 47% nas emissões de  $\text{NH}_3$  nos edifícios com ventilação natural e pisos ripados, em relação aos sistemas de ventilação mecânica. Além disso, variações podem ser observadas dependendo do teor de matéria seca do leito, da temperatura da cama e da quantidade de água ingerida pelos animais (NICKS, 2004).

As características químicas do substrato, bem como a quantidade e a frequência de fornecimento e sua estratégia de remoção podem diferir de um sistema para outro com impacto significativo sobre a

produção e emissão dos gases (PHILLIPE E NICKS, 2014; PHILLIPE et al., 2011). Neste sentido, estudos foram conduzidos a fim de detectar as diferenças de emissões entre os substratos utilizados para a confecção do leito, geralmente com serragem e maravalha (NICKS et al., 2003; NICKS, 2004), mas não com casca de arroz. Segundo Sommer e Moller (2000), o aumento da permeabilidade do material da cama pode contribuir para a redução de emissão dos gases durante os processos de compostagem, o que pode explicar os níveis reduzidos deste trabalho, uma vez que a casca de arroz é um substrato bastante permeável. Além disso, os mesmos autores sugerem que emissões apresentam uma relação inversa com a espessura (densidade) da cama.

Em estudos europeus, frequentemente, a espessura da cama é inferior a adotada nesta pesquisa. Em estudo de Cabaraux et al. (2009), os autores adotaram como espessura de cama 30 cm de palha e 20 cm quando o material de cama utilizado foi a maravalhada. Também é preciso pontuar que, além da quantidade de leito, as densidades animal adotadas na europa são maiores que as brasileiras, o que pode favorecer o acúmulo de gases e condições favoráveis a suas emissões.

A frequência de aplicação pode também alterar o fluxo de emissão dos GEE. Guingand e Rugani (2013) observaram aumento considerável nas emissões de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  quando o material de cama foi repostado toda semana quando comparados a frequência de aplicação a cada duas semanas. Por outro lado, com a redução da quantidade do material de cama observou-se um aumento na quantidade de amônia. No presente estudo, não houve reposição do material de cama, diminuindo a quantidade de carboidratos degradáveis para a produção de gases por bactérias, contribuindo também para a redução dos níveis de emissão de gases, principalmente do metano e óxido nitroso.

Além disso, atualmente na literatura, há diferentes fórmulas que abrangem variáveis distintas o que pode gerar divergência nos resultados encontrados. Ao utilizar a metodologia simplificada semelhante a adotada nesse estudo, Guingand et al. (2011) apontam uma redução de até 20% os erros de estimativas, além de facilitar sua aplicação em condições comerciais.

Na presente pesquisa, a composição química e física do substrato utilizado como cama, ausência do suprimento deste ao longo do ciclo produtivo aliada as frequentes condições aeróbicas favorecidas pela atividade animal e o sistema de ventilação misto, as condições climáticas, as estruturas físicas das

edificações, sistemas de ventilação, práticas de manejo, método de medição de gases e diferenças na genética dos animais podem explicar a discrepância da emissão de gases em relação aos encontrados na literatura. Para Blanes-Vidal et al. (2008), os fatores que mais explicam a diferença das emissões de GEE em granjas de suínos são o tipo de material de cama, atividade animal e fluxo de ventilação.

Os resultados encontrados no presente estudo diferem consideravelmente aos relatados na literatura, entretanto é preciso considerar que a maior parte dos estudos envolvendo emissões de GEEs e amônia em sistema de cama sobreposta são realizados na Europa, em condições distintas as dessa pesquisa. Devido as condições climáticas deste continente, as instalações para suínos possuem laterais totalmente fechadas e o sistema de ventilação é mecânico, fatores que exercem forte influência sobre a produção e emissão dos gases.

Os vários componentes do sistema afetam de formas distintas as taxas de emissões dos GEEs e, embora tenham sido discutidos separadamente, na prática atuam de forma sinérgica, influenciando uns nos outros. Os resultados encontrados nesse estudo sugerem que a emissão de GEEs e amônia em edificações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta e ventilação mista, independente da qualidade da cama, sob clima tropical, são baixas. Todavia, sugere-se que mais estudos sejam realizados abrangendo mais ciclos de produção bem como a determinação composição química da casca de arroz a fim de aumentar a acurácias das informações. Pesquisas adicionais também são necessárias para elucidar os processos das emissões sob a influência conjunta de fatores externos, como os fluxos de ar, temperatura e umidade, características de instalação e tipos de piso.

## **Conclusões**

Todas as concentrações encontram-se abaixo dos níveis considerados tóxicos para saúde animal e humana. Em avaliação preliminar, as emissões de gases oriundas de instalações de suínos mantidos em sistema de cama sobreposta composto de casca de arroz não foram expressivas.

## **Referências**

Amon, B; Kryvoruchko, V.; Amon, T.; Zechmeister-Boltenstern, S. 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry

- treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112(2): 153-162. doi: 10.1016/j.agee.2005.08.030
- Banhazi, T. M.; Seedorf, J.; Rutley, D. L.; Pitchford, W. S. 2008. Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries: Part 1. Study justification and design. *Journal of Agricultural Safety and Health* 14(1): 5-20. doi: 10.13031/2013.24120
- Basset-Mens, C.; Van Der Werf, H.M.G. 2005. Scenario-based environmental assessment of farming systems: the case of pig production in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105(2): 127-144. doi: 10.1016/j.agee.2004.05.007
- Blanes-Vidal, V.; Hansen, M. N.; Pedersen, S.; Rom, H. B. 2008. Emissions of ammonia, methane and nitrous oxide from pig houses and slurry: Effects of rooting material, animal activity and ventilation flow. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 124 (3): 237-244. doi: 10.1016/j.agee.2007.10.002
- Brasil. 1978. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho - NR-15: Atividades e operações insalubres. Brasília. <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_15.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf)>. 25 Mar 2019.
- Cabaraux, J. F.; Philippe, F. X.; Laitat, M.; Canart, B.; Vandenheede, M.; Nicks, B. 2009. Gaseous emissions from weaned pigs raised on different floor systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130 (3):86-92. doi: 10.1016/j.agee.2008.11.016.
- Chadwick, D.; Sommer, S.; Thorman, R.; Fanguero, D.; Cardenas, L.; Amon, B.; Misselbrook, T. 2011. Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. *Animal Feed Science and Technology* 166: 514-531. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.04.036
- CIGR- Commission Internationale du Génie Rural. Climatization of animal houses. 2002. Heat and moisture production at animal and house levels. Horsens: Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences. 45p.
- Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Gallmann, E.; Hartung, E.; Jungbluth, T. 2003. Longterm study regarding the emission rates of ammonia and greenhouse gases from different housing systems for fattening pigs – final results. In: International Symposium On Gaseous And Odour Emissions From Animal Production Facilities, Horsens.
- Guingand, N.; Rugani, A. 2013. Incidence de la réduction de la quantité de paille et de la fréquence des apports sur les émissions d'ammoniac: de GES et d'odeurs chez les porcs en engraissement. *Journées Rech. Porcine* 45: 141–142.
- Guingand, N.; Lagadec, S.; Robin, P. ; Hassouna, M. 2011. Mise au point d'une méthode de mesure simplifiée des émissions d'ammoniac et des gaz à effet de serre des bâtiments d'élevage de porcs en engraissement. In: Journées de la recherche porcine, Paris.

- IPCC- Intergovernmental Panel On Climate Change. 2006. Emissions from livestock and manure management: IPPC Guidelines for national greenhouse gas inventories. In: Institute for Global Environmental Strategies, Hayama.
- Jeppsson, K.-H. 2000. Structure and environment: carbon dioxide emission and water evaporation from deep litter systems. *Journal of Agricultural Engineering Research* 77(4): 429-440. doi: 10.1006/jaer.2000.0612
- Kiefer, C.; Moura, M. S. D.; Silva, E. A. D.; Santos, A. P. D.; Silva, C. M.; Luz, M. F. D.; Nantes, C. L. 2010. Respostas de suínos em terminação mantidos em diferentes ambientes térmicos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 11:496-504.
- Kupper, T. 2017. Integration of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and diatomic nitrogen (N<sub>2</sub>) emissions into N-flow models for the determination of ammonia emissions Evaluation based on a literature review. Bern University of Applied Sciences, School of Agricultural, Forest and Food Sciences. Disponível em: < <https://agrammon.ch/assets/Downloads/Bericht-N2O-NO-N2-in-Emissionsmodell-incl.-app.-subm-20170303.pdf>> Acesso em 20 março 2019
- Macleod, M.; Gerber, P.; Mottet, A.; Tempio, G.; Falcucci, A.; Opio, C.; Vellinga, T.; Henderson, B.; Steinfeld, H. 2013. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains – A global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Mihina, Š.; Sauter, M.; Palkovičová, Z.; Karandušovská, I.; Brouček, J. 2012. Concentration of harmful gases in poultry and pig houses. *Animal Science Papers and Reports* 30 (4): 395-406.
- Møller, H.B.; Sommer, S.G.; Ahring, B.K. 2004. Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality* 33 (1): 27-36. doi: 10.2134/jeq2004.0027
- Monteny, G.J.; Bannink, A.; Chadwick, D. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112 (2): 163-170. doi: 10.1016/j.agee.2005.08.015
- Ngwabie, N.M.; Jeppsson, K.H.; Nimmermark, S.; Gustafsson, G. 2011. Effects of animal and climate parameters on gas emissions from a barn for fattening pigs. *Applied Engineering in Agriculture* 27(6): 1027-1037.
- Ni, J.-Q.; Heber, A. J.; Lim, T.-T. 2018. Ammonia and hydrogen sulfide in swine production. In: *Air Quality and Livestock Production*. 1<sup>st</sup> Ed. Hartung (Ed). London.
- Nicks, B.; Laitat, M.; Vandenheede, M.; Désiron, A., Verhaeghe, C.; Canart, B. 2003. Emissions of ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide and water vapor in the raising of weaned pigs on straw-based and sawdustbased deep litters. *Animal Research* 52(3): 299-308. doi: 10.1051/animres:2003017
- Nicks, B. 2004. Technical characteristics and environmental aspects of breeding fattening pigs and weaned piglets on accumulated litters. *Annales de médecine vétérinaire* 148(1):31-38.

- Nicks, B.; Laitat, M.; Farnir, F.; Vandenheede, M.; Desiron, A.; Verhaeghe, C.; Canart, B. 2004. Gaseous emissions from deep-litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. *Animal Science* 78(1): 99-107.
- NIOSH – National Institute of Occupational Safety and Health. 1996. Safety in swine production systems. North Carolina: Cooperative Extension Service Publications.
- Paillat, J. M.; Robin, P.; Hassouna, M.; Leterme, P. 2005. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon and nitrogen biodegradability during animal waste composting. *Atmospheric Environment* 39(36): 6833-6842. doi: 10.1016/j.atmosenv.2005.07.045
- Paulo, R. M.; Tinôco, I. F. F.; Oliveira, P. A. V.; Souza, C. F.; Baêta, F. C.; Cecon, P. R. 2009. Avaliação da amônia emitida de camas sobrepostas e piso concretado utilizados na criação de suínos. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental* 13: 210- 213. doi:10.1590/S1415-43662009000200016
- Petersen, S.O.; Sommer, S.G. 2011. Ammonia and nitrous oxide interactions: Roles of manure organic matter management. *Animal Feed Science and Technology* 166, 503-513. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.04.077
- Philippe, F.-X.; Nicks, B. 2014. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199: 10-25. doi: 10.1016/j.agee.2014.08.015
- Philippe, F. X.; Laitat, M.; Nicks, B.; Cabaraux, J. F. 2012. Ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs kept on two types of straw floor. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 150: 45-53. doi: 10.1016/j.agee.2012.01.006
- Philippe, F.X.; Cabaraux, J.F.; Nicks, B. 2011. Ammonia emissions from pig houses: influencing factors and mitigation techniques. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 141(3-4): 245-260. doi: 10.1016/j.agee.2011.03.012
- Philippe, F. X.; Laitat, M.; Canart, B.; Vandenheede, M.; Nicks, B. 2007. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. *Livestock Science*, 111(1-2): 144-152. doi: 10.1016/j.livsci.2006.12.012
- Robin, P.; Amand, G.; Aubert, C.; Babela, N.; Brachet, A.; Berckmans, D.; Dong, H. 2010. Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and stores of animal manure. Final Report, ADEME, Paris, France, 2010, 260p.
- Santonja, G. G.; Georgitzikis, K.; Scalet, B. M.; Montobbio, P.; Roudier, S.; Sancho, L. D. 2017. Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs. European Commission doi:10.2760/020485
- Sommer, S. G.; Zhang, G. Q.; Bannink, A.; Chadwick, D.; Misselbrook, T.; Harrison, R.; Oenema, O. 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy* 89: 261-335. doi: 10.1016/S0065-2113(05)89006-6

- Sommer, S.G.; Moller, H.B. 2000. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production – effect of straw content. *The Journal of Agricultural Science* 134(3): 327-335. doi: 10.1017/S0021859699007625
- Sousa, F. A.; Campos, A. T.; Amaral, P. I. S.; Castro, J. O.; Junior, T. Y.; Veloso, A. V.; Cecchin, D. 2014. Ambiência aérea e temperatura da cama sobreposta em instalação para suínos. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 2(4): 109-116. doi: 10.14269/2318-1265/jabb.v2n4p109-116
- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M.; De Haan, C. 2006. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Takai, H.; Pedersen, S.; Johnsen, J. O.; Metz, J. H. M.; Koerkamp, P. G.; Uenk, G. H.; White, R. P. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70(1): 59-77. doi: 10.1006/jaer.1997.0280
- Tuytens, F.A.M. 2005. The importance of straw for pig and cattle welfare: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 92(3), 261-282. doi: 10.1016/j.applanim.2005.05.007