**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Efeitos do transporte e descanso pré-abate no nível de lesões na pele de
suínos terminados**

Vivian Schwaab Sobral

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2021**

Vivian Schwaab Sobral
Médica Veterinária

**Efeitos do transporte e descanso pré-abate no nível de lesões na pele de suínos
terminados**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **IRAN JOSÉ OLIVEIRA DA SILVA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Sobral, Vivian Schwaab

Efeitos do transporte e descanso pré-abate no nível de lesões na pele de suínos terminados / Vivian Schwaab Sobral. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2021.

115 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Bem-estar animal 2. Transporte 3. Enriquecimento ambiental 4. Lesões na pele 5. Suínos I. Título

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela direção e por todas as oportunidades e conquistas.

À minha família, especialmente minha mãe Helena, pelo amor, dedicação, exemplo, suporte e incentivo fornecidos por toda a minha vida.

Ao meu noivo Roberto pelo amor, carinho, companheirismo, paciência e compreensão durante todo o período do mestrado. Sem a sua imensa ajuda não teria sido possível concluir com sucesso a etapa prática do projeto.

Ao meu orientador Prof. Dr. Iran por ter me recebido abertamente no Nupea e ter tornado possível a concretização desse importante ciclo através de seus direcionamentos e ensinamentos.

Aos amigos Giovane, Alessandra, Karen, Serginho e Renata; ao Prof. Dr. Cristian e a equipe do abatedouro e suas granjas. Vocês foram fundamentais para o planejamento, execução e conclusão desse experimento.

À toda equipe do Nupea (líder, pós-graduandos, estagiários, funcionários e todos que tiveram uma passagem pelo grupo), que durante todo o período do mestrado proporcionou momentos de aprendizado, de trocas de conhecimento, de parceria, de alegria, de risadas e de estresse de preocupação também, pois ser desafiada e sair da zona de conforto é essencial para o crescimento pessoal e profissional.

À Esalq e a Piracicaba, que me inspiraram em diversos momentos, dentro e fora do ciclo acadêmico, e que tenho um carinho muito especial.

Às verdadeiras amigas que tive a sorte de conquistar, as quais proporcionam estrutura e leveza para os caminhos da vida.

Às minhas doguinhas pela pureza, amor e companheirismo.

“Não sabendo que era impossível, foi lá e fez”.

Jean Cocteau

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
Referências	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Bem-estar animal.....	13
2.2. Indicadores de bem-estar animal	14
2.2.1. Lesões como indicadores de bem-estar animal	14
2.3. Operações pré-abate	18
2.3.1. Embarque e desembarque.....	20
2.3.2. Transporte.....	23
2.3.2.1. Distância e duração do transporte	25
2.3.2.2. Variáveis bioclimáticas do transporte	27
2.3.2.3. Modelo do veículo.....	30
2.3.2.4. Densidade	34
2.3.3. Descanso pré-abate.....	37
2.4. Enriquecimento ambiental.....	40
2.5. Perdas pré-abate e medidas mitigadoras.....	43
Referências	51
3. TRANSPORT UNDER TROPICAL CONDITIONS: CAUSES OF SKIN DAMAGE IN FINISHING PIGS	61
RESUMO	61
ABSTRACT	61
3.1. Introduction	62
3.2. Material and methods	65
3.2.1. Animals and housing	65
3.2.2. Loading and transport conditions	66
3.2.3. Unloading and handling procedures at the slaughterhouse	67
3.2.4. Data collection.....	68
3.2.4.1. Skin lesion assessment	68
3.2.4.2. Microclimatic and vibration data record during transport.....	69

3.2.4.3. Transport distance and duration.....	70
3.2.5. Statistical analysis.....	70
3.3. Results.....	69
3.3.1. Skin lesions.....	71
3.3.2. Microclimatic and vibration data from transport.....	74
3.4. Discussion.....	77
3.5. Conclusion.....	81
References.....	82
4. THE USE OF ENVIRONMENTAL ENRICHMENT DURING LAIRAGE AND ITS REFLECTS ON BEHAVIOR AND SKIN LESIONS IN FINISHING PIGS.....	89
RESUMO.....	89
ABSTRACT.....	89
4.1. Introduction.....	90
4.2. Material and methods.....	91
4.2.1. Animal housing and transport.....	91
4.2.2. Unloading and handling at the slaughterhouse.....	92
4.2.3. Data collection.....	94
4.2.3.1. Skin lesion assessment in pigs.....	94
4.2.3.2. Skin lesion assessment in carcasses.....	95
4.2.3.3. Behavioral observations during lairage.....	96
4.2.3. Statistical analysis.....	97
4.3. Results.....	98
4.3.1. Skin lesions: scoring scheme and classification.....	98
4.3.2. Behavior.....	103
4.4. Discussion.....	105
4.5. Conclusion.....	108
References.....	109
5. CONCLUSÃO GERAL.....	113
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115

RESUMO

Efeitos do transporte e descanso pré-abate no nível de lesões na pele de suínos terminados

A suinocultura brasileira possui uma relevante colocação mundial a nível de produção de proteína animal, ressaltando consigo uma crescente demanda por transparências nos processos envolvidos pelos consumidores globais. O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos das operações pré-abate comerciais na incidência de lesões na pele de suínos terminados, considerando as condições do transporte - distância curta, média e longa; temperatura e umidade relativas do ar e vibração - e o uso do enriquecimento ambiental com correntes de ferro no descanso pré-abate. Foram avaliados no total 649 suínos terminados, de ambos os sexos, nos quais foram feitas avaliações no nível de lesões de pele, em 5 partes distintas da lateral esquerda do corpo, antes do embarque nas fazendas, após o desembarque no abatedouro e após o abate com o auxílio de um escore de 0 a 4 (0= nenhuma lesão; 4= ≥ 16 lesões superficiais ou >10 lesões profundas). Após o abate, uma segunda avaliação das lesões foi feita nas carcaças a fim de classificar a origem das mesmas com o auxílio de uma escala fotográfica. Durante o descanso pré-abate os animais foram subdivididos aleatoriamente em 2 grupos nas baias, com e sem enriquecimento ambiental, os quais tiveram seus comportamentos monitorados durante um período de 4 horas. Os escores de lesões tiveram sua interação e efeitos isolados avaliados pela análise de probabilidades proporcionais; as variáveis do transporte pelo teste de Kruskal-Wallis; e os tratamentos no descanso e suas influências no comportamento e número de lesões pelo modelo linear misto para dados longitudinais e pelo teste não paramétrico de Wilcoxon. Todos os dados foram processados no *software* R, versão 4.0.3. Observou-se que o transporte aumenta significativamente o nível de lesões nas partes do corpo dos suínos enquanto que a distância e as demais variáveis do transporte podem contribuir para um aumento de lesões, porém não atuar significativamente. O uso do enriquecimento ambiental no descanso pré-abate não influencia significativamente no nível de lesões e no comportamento dos suínos, porém pode participar de uma redução de interações negativas entre os mesmos nas 2 primeiras horas do descanso. As lesões detectadas na linha de abate são causadas principalmente por atributos ao manejo dos animais e o período de descanso no abatedouro aumenta o número de lesões. Conclui-se que as operações comerciais pré-abate participam ativamente na formação de lesões na pele de suínos terminados, as quais podem comprometer o bem-estar animal. O enriquecimento ambiental durante o descanso pode atuar como um benefício aos animais, porém requer mais investigações.

Palavras-chave: Bem-estar animal, Transporte, Enriquecimento ambiental, Lesões na pele; Suínos

ABSTRACT

Effects of transport and lairage on skin damage in finishing pigs

Brazilian swine production chain has a relevant worldwide position in terms of animal protein production, demanding an increase for transparency in the processes involved by global consumers. The aim of this study was to evaluate the preslaughter effects on the incidence of skin lesions in finishing pigs, considering transport conditions – short, intermediate and long distance; relative temperature and humidity and levels of vibration – and lairage with metallic hanging chains for environmental enrichment. A total of 649 finishing pigs of both sexes were assessed in 5 different parts of the body before loading, after unloading and after slaughter with a lesion scoring scheme (0= none to 4 = ≥ 16 superficial lesions or >10 deep lesions). After slaughter, with a photographic scale, a second evaluation of the carcasses was made to classify the origin of lesions. At lairage, animals were alleatorily subdivided into 2 groups, with and without environmental enrichment, and had their behaviour monitored during 4 hours. Skin lesions scores were analyzed with proportional odds model test; transport variables with Kruskal-Wallis test; and lairage treatments and its influence on behavior and skin lesion with mixed linear model for longitudinal data and non-parametric Wilcoxon signed rank test. All data were statistically analyzed on R software, version 4.0.3. Transport significantly increases skin lesion level on different parts of the pigs' body whereas distance and the other transport variables may contribute for an increase, but not significantly. Skin lesion level and behavior were not significantly affected by enriched lairage, although it might reduce negative interaction between pigs during the first 2 hours of lairage. Handling are the main skin lesion formation cause as detected on slaughterline and lairage increases the number of skin lesions. It can be concluded that commercial pre-slaughter operations causes skin damages in finishing pigs, compromising their welfare. Enriched lairage might be positive to animals, but requires further investigations.

Keywords: Animal welfare, Transport, Environmental enrichment, Skin lesions, Pigs

1. INTRODUÇÃO GERAL

A perspectiva para o crescimento da população mundial evidencia uma maior demanda de produção de carne para suprir a segurança alimentar, a qual precisará expandir em mais de 200 milhões de toneladas (FAO, 2017). Para um cenário recente no Brasil, estima-se um aumento em 31,3% no consumo da carne suína ao avaliar o período compreendido entre 2016 e 2026, projetando uma produção aproximada de 5 milhões de toneladas de carne suína (MAPA, 2016). Ainda, ao avaliar a evolução do consumo *per capita* do brasileiro em relação a carne suína, nota-se um aumento de aproximadamente 7 (DE CARVALHO, 2007) para 15,3kg/ano entre os anos de 1996 e 2020 (ABPA, 2020).

Devido a uma maior demanda pela população por hábitos saudáveis, inicialmente pela qualidade de vida e pela alimentação de produtos oriundos de animais também saudáveis, tem-se intensificado mundialmente as exigências em relação ao atendimento do bem-estar animal, refletindo na garantia da qualidade de produtos cárneos. Essas condições atuais visam satisfazer os consumidores, os quais correspondem ao principal alvo da cadeia produtiva de alimentos. Nesse contexto, destaca-se a sustentabilidade e a rastreabilidade dos sistemas de produção por demandas dos consumidores, cada vez mais conscientizados e preocupados com a qualidade da carne, o manejo dos animais que a origina e o impacto no meio ambiente.

No sistema de manejo utilizado na suinocultura existem vários gargalos que culminam com o comprometimento das ações focadas no bem-estar dos animais a fim de mitigar, também, as perdas produtivas ao longo dos processos, considerando as operações internas e externas às granjas, envolvendo as operações pré-abate (embarque, transporte, desembarque e descanso pré-abate). Desse modo, destacam-se as lesões na pele dos animais, as quais podem ter diferentes causas e ocasionar diversos problemas.

As lesões nos suínos representam um problema no bem-estar animal e possuem um efeito negativo na qualidade da carne e na classificação de carcaças, proporcionando, assim, prejuízos econômicos. Uma maior quantidade de lesões está associada a situações de estresse e comportamentos agonísticos e, assim, determinam o comprometimento do bem-estar animal (GISPERT et al., 2000). Desse modo, as lesões podem ser relacionadas a diversos fatores da cadeia produtiva e empregadas como um indicador de bem-estar animal.

O transporte é um importante fator de contribuição para a formação de lesões e está atrelado a sérios problemas econômicos e importantes questões de bem-estar animal. Isto se deve às condições dos veículos, das estradas, do estilo de condução dos motoristas bem como do tempo e da distância, as quais vão variar de acordo com a localização geográfica e situação econômica do local. Embora haja diversos estudos avaliando seus impactos, poucos são os que consideram a realidade brasileira, a qual também apresenta heterogeneidade em relação às condições de transporte, reafirmando a necessidade de um maior número de investigações.

Deve-se destacar também que após o transporte, o descanso ao qual os animais são submetidos após chegarem no estabelecimento de abate, tem por finalidade a recuperação do estresse oriundo das atividades prévias (embarque, transporte e desembarque), visando promover uma redução de danos e, conseqüentemente, uma melhor qualidade da carne (GARCÍA-CELDRÁN et al., 2012). Entretanto, para que esse objetivo seja alcançado, é de fundamental importância que as necessidades dos animais sejam respeitadas a fim de se obter um manejo ideal. Assim como o transporte, há pouca informação na literatura brasileira que avalia sua relação com o nível de lesões e comportamento dos suínos, deixando lacunas nos conceitos relacionados.

De um modo geral, importantes recursos são utilizados na suinocultura pelo emprego de materiais que possam promover o enriquecimento ambiental de baias em diferentes etapas da produção. Esses materiais têm a finalidade de promover o bem-estar, aumentando o entretenimento dos animais e, dessa forma, influenciam na redução do estresse, da incidência de estereotípias e afecções patológicas (SCHAEFER et al., 1990; BOLHUIS et al., 2005; GUY et al., 2012; CHOU et al., 2018; MKWANAZI et al., 2019). Todavia, nenhum estudo brasileiro considerou até o momento a interação entre o enriquecimento ambiental e o comportamento dos suínos e seus reflexos durante o descanso pré abate.

Com base nas considerações efetuadas sobre a intensificação na produção de carne suína com maiores exigências quanto ao atendimento dos princípios de bem-estar animal, sustentabilidade e rastreabilidade e a escassa relação de dados sobre as operações envolvidas na obtenção da carne suína, o objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar os efeitos das operações pré-abate comerciais na incidência de lesões na pele de suínos terminados. Os objetivos específicos foram:

- avaliar a influência do transporte sob condições tropicais nas lesões na pele dos suínos terminados;

- avaliar o uso do enriquecimento ambiental no descanso pré-abate e seus reflexos no comportamento e nas lesões na pele dos suínos.

Tais objetivos foram abordados na forma de artigos para publicação em revista científica, representados pelos itens 3 e 4, respectivamente.

Referências

- ABPA. Relatório anual: 2020. Disponível em: <http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf>. Acesso em 15 de ago. 2020.
- BOLHUIS, J. E. et al. Behavioural development of pigs with different coping characteristics in barren and substrate-enriched housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 93, n. 3–4, p. 213–228, 2005.
- CHOU, J. Y. et al. Use of different wood types as environmental enrichment to manage tail biting in docked pigs in a commercial fully-slatted system. *Livestock Science*, v. 213, n. April, p. 19–27, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.004>>.
- FAO. FAO no Brasil: Notícias. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/901168/>>. Acesso em 20 jul. 2020.
- GARCÍA-CELDRÁN, M. et al. Reduction of transport-induced stress on finishing pigs by increasing lairage time at the slaughter house. *Journal of Swine Health and Production*, v. 20, n. 3, p. 118–122, 2012.
- GISPERT, M. et al. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*, v. 55, n. 1, p. 97–106, 2000.
- GUY, J. H. et al. The effect of combining different environmental enrichment materials on enrichment use by growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 144, p. 102–107, 2013.
- MAPA. Projeções do agronegócio: Brasil 2015/16 a 2025/2026. Projeções de longo prazo. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj_agronegocio2016.pdf>. Acesso em 05 ago. 2019.
- MKWANAZI et al., 2019. Effects of environmental enrichment on behaviour, physiology and performance of pigs - A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 32(1), 1–13. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0138>
- SCHAEFER, A. L. et al. The effect of environment enrichment on aggression in newly weaned pigs. v. 27, n. 618, p. 41–52, 1990.
- THIAGO BERNARDINO DE CARVALHO. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Estudo da elasticidade-renda da demanda de carne bovina, suína e de frango no Brasil Thiago Bernardino de Carvalho Piracicaba Thiago Bernardino

de Carvalho Piracicaba. p. 89, 2007.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bem-estar animal

A trajetória da ciência do bem-estar animal tem como um importante marco o relatório do Comitê de Brambell, em 1965, através do qual foram estabelecidas as cinco liberdades como conceito de bem-estar, baseadas nas necessidades dos animais (BRAMBELL, 1965). Desde então, diversas definições foram propostas abrangendo diferentes conceitos na tentativa de definir o termo de forma mais precisa, considerando determinados parâmetros para melhores avaliações e mensurações (DUNCAN; DAWKINS, 1983; FRASER; DUNCAN, 1998). Com isso, o bem-estar animal tem sido estudado por amplas perspectivas da biologia animal (DUNCAN; FRASER, 1997), apresentando caráter multidisciplinar por mais de três décadas de existência acadêmica (BROOM, 2005).

O conceito das cinco liberdades, desenvolvido para definir os requisitos de um bem-estar, em um determinado momento, e melhorá-lo por meio de uma estrutura lógica, abrangente e compreensiva. O conceito é aplicado para análise em qualquer sistema, seja na unidade produtiva, no transporte, nos estabelecimentos de abate ou em estruturas de comércio, dessa forma, as condições de bem-estar animal na cadeia produtiva, aborda os seguintes princípios: liberdade de sede, fome e desnutrição; de desconforto; de dor, injúria ou doença; de medo e estresse e para expressar o comportamento natural (FAWC, 1993). Entretanto, limitações foram percebidas posteriormente devido à incapacidade de refletir as causas e consequências do estresse que ocasiona problemas crônicos, à representatividade de uma situação pontual e breve (WEBSTER, 2016), ao fato de não permitir uma graduação da severidade dos problemas (MELLOR; REID, 1994) e por não contemplarem o conceito de um bem-estar positivo (MELLOR, 2016).

Assim, com o intuito de suprir as lacunas formadas pelo conceito das cinco liberdades, foi criado o conceito dos cinco domínios, os quais incorporam quatro domínios predominantemente físicos e funcionais de “nutrição”, “ambiente”, “saúde” e “comportamento”, e um quinto domínio “mental” (MELLOR, 2016; MELLOR; REID, 1994). Através desse conceito, pode-se graduar o impacto de um comprometimento aos animais utilizando indicadores e conceituar o aprimoramento do bem-estar (MELLOR; BEAUSOLEIL, 2015; MELLOR; REID, 1994). Tais conceitos possuem diferentes objetivos, porém, as ideias são complementares (WEBSTER, 2016).

O conceito de bem-estar tem como base o quão bem um indivíduo está passando por uma determinada fase de sua vida, variando de muito bom a muito ruim. Tal mensuração deve ser feita independente de questões éticas e sob conhecimento da biologia do animal a ser avaliado, na qual devem ser feitas tentativas de se medir os sentimentos inerentes ao estado do indivíduo (BROOM; MOLENTO, 2004).

Uma outra definição para o termo contempla o envolvimento com os sentimentos e as experiências vividas pelos animais, por meio da ausência de sentimentos negativos, tais como sofrimento, e provavelmente pela presença de sentimentos positivos, como, por exemplo, o prazer (DUNCAN, 2005). Desse modo, diversas pesquisas baseiam-se amplamente no comportamento animal (GEVERINK et al., 1996; FOX et al., 2014), no estresse fisiológico (Broom & Johnson, 1993), no manejo animal (GUISE; PENNY, 1989; GRANDIN, 1997; GOSÁLVEZ et al., 2006; LUDTKE et al., 2012; DALLA COSTA et al., 2016a), dentre outros.

Na ciência do bem-estar animal, diferentemente da ciência animal convencional, trata-se do bem-estar de um indivíduo como uma importância primária, proporcionando benefícios secundários, como melhoras na produtividade e eficiência. Tal importância foi definida inicialmente para resolver problemas nos sistemas de produção intensiva, de confinamento, entretanto, diversos achados puderam ser incorporados em circunstâncias mais amplas da cadeia produtiva de animais (FRASER et al., 2013), dado esse extremamente relevante considerando a colocação mundial do Brasil entre os grandes produtores nas perspectivas da suinocultura (ABPA, 2018).

Dada a crescente relevância do assunto, com o objetivo de guiar o desenvolvimento de padrões específicos para diversas espécies animais, a Organização Mundial para a Saúde Animal (OIE) adotou em 2012 dez “Princípios Gerais para o Bem-estar Animal no Sistema de Produção Animal”, os quais englobam diretrizes para as unidades produtoras, de transporte, de abate e questões sanitárias, sendo o Brasil um dos países signatários.

2.2. Indicadores de bem-estar animal

Quando um animal é submetido a uma mudança ambiental, sua adaptação ao novo ambiente ou nova condição envolvem diversas respostas tanto fisiológicas quanto comportamentais com o objetivo de restabelecer a homeostasia (MOURA ROCHA, 2016). A ciência do bem-estar animal é uma vasta área, uma vez que contempla todos os fatores que

podem afetar o estado físico e emocional de um animal, a sua habilidade de lidar com essas alterações e sua qualidade de vida (WEBSTER, 2016).

Embora diversas definições para o conceito de bem-estar animal contemplem uma mensuração de sentimentos, torna-se difícil tal avaliação uma vez que são subjetivos e não podem ser identificados diretamente (DUNCAN, 2005). Para Fraser (2009), ainda que não haja um comportamento específico que acompanhe um estado afetivo, é possível utilizar alterações gerais tanto no comportamento quanto na fisiologia animal como indicadores indiretos do bem-estar animal. Esses aspectos podem ser evidenciados por alterações na frequência cardíaca, na atividade da adrenal, resposta imunológica reduzida após um desafio (BROOM; MOLENTO, 2004), frequência respiratória, temperatura corporal (NANNI COSTA et al., 2002), dosagem de parâmetros sanguíneos (CORREA, 2011; EDWARDS et al., 2011; REY-SALGUEIRO et al., 2018a), comportamento (CORREA, 2011; MOURA ROCHA, 2016) e alterações *post mortem* nas carcaças (MOURA ROCHA, 2016).

Além dos parâmetros diretamente aferidos nos animais, podem ser utilizados como indicadores indiretos na suinocultura as condições estruturais das instalações, o manejo sanitário – incluindo a limpeza dos locais – a densidade das pocilgas, iluminação, ventilação, temperatura, ausência de superfícies cortantes, dentre outros (WHAY et al., 2007) ainda que não sejam totalmente fidedignos, pois há diferentes respostas individuais, temperamento, genética e as experiências vividas pelos animais (BOLHUIS et al., 2010). A reduzida qualidade da carne quando ocasionada por brigas pode ser empregada também como um fator retrospectivo das condições de bem-estar (WEEKS, 2008).

Embora haja limitações, problemas com bem-estar animal que ocorreram na unidade produtiva ou durante o transporte são mais facilmente detectados nos estabelecimentos de abate uma vez que a logística de avaliação dos animais que ingressam nos abatedouros oferece vantagem quando comparada às extensas visitas que seriam necessárias para suprir a avaliação dos animais nas granjas (GRANDIN, 2017). De acordo com Grandin (2017) e Dalla Costa et al. (2019), lesões externas correspondem a um importante fator a ser avaliado nos frigoríficos para obter informações referentes ao bem-estar nas etapas de produção e transporte.

2.2.1. Lesões como indicadores de bem-estar animal

A maioria das lesões percebidas nos abatedouros são decorrentes de traumas (BOTTACINI et al., 2018). Essas lesões traumáticas são ocasionadas por comportamentos agressivos ou aversivos e influenciadas por diversos fatores, tais como o carregamento e descarregamento, duração do transporte, condições climáticas (umidade e temperatura), localização dos animais nos compartimentos do caminhão (BARTON GADE et al., 1996; DALLA COSTA et al., 2007), condições das rodovias, tipo do piso do caminhão, privação de água e alimento (DALLA COSTA et al., 2016b), mistura de animais provenientes de diferentes lotes (GOSÁLVEZ et al., 2006; BARTON GADE, 2008a; BRANDT; AASLYNG, 2015; STAJKOVIĆ et al., 2017; BOTTACINI et al., 2018), tamanho e tipo de piso das pocilgas, densidade (RABASTE et al., 2007; ČOBANOVIĆ et al., 2016b, 2016a; STAJKOVIĆ et al., 2017), descanso pré-abate (GUÀRDIA et al., 2009; ČOBANOVIĆ et al., 2016a, 2016b; DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020a) e condução à insensibilização (FAUCITANO, 2001).

As mesmas podem ser avaliadas tanto nos animais vivos (BECERRIL-HERRERA et al., 2007; COSTA et al., 2009; PEREIRA, 2014; VAN STAAVEREN et al., 2015; DALLA COSTA; LOPES; DALLA COSTA, 2017) quanto nas carcaças (GISPERT et al., 2000; DALLA COSTA et al., 2007b; LUDTKE, 2008; GUÀRDIA et al., 2009; WESCHENFELDER et al., 2013a; CARROLL et al., 2015; VAN STAAVEREN et al., 2015; ČOBANOVIĆ et al., 2016b, 2016a; ARDUINI et al., 2017; DALLA COSTA et al., 2019a); consistindo em marcadores de bem-estar animal (CARROLL et al., 2015, 2018; BOTTACINI et al., 2018) e alvo de estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Métodos de avaliação e efeitos das variáveis do transporte no índice de lesões em suínos em nível mundial.

Autor(es)*	País	Método avaliação de lesões em animais vivos	Método de avaliação de lesões em carcaças	Resultados referentes à influência nas lesões
Driessen, Beirendonck & Buyse (2020a)	Bélgica	-	Barton Gade et al., 1996	Condutor, condução e localização no veículo influenciaram no nível de lesões.
Dalla Costa, Lopes & Dalla Costa (2017)	Brasil	Quantificação no lado esquerdo do corpo	Escala fotográfica (ITP, 1996)	Aumento de 33% decorrentes do transporte. Maior número de lesões referente ao caminhão com suspensão a molas.
Čobanović et al. (2016a)	Sérvia	-	Protocolo Welfare Quality®(2009)	Menores densidades de transporte proporcionaram os maiores níveis de lesões.
Soares (2016)	Brasil	-	Escala fotográfica (MLC, 1985)	Influência significativa somente em um maior número de feridas no dorso após 8h de transporte.

Pereira (2014)	Brasil	Escala fotográfica (MLC, 1985)	-	Densidade no transporte não influenciou significativamente. Maior nível em machos castrados vs. fêmeas.
Correa et al. (2013)	Canadá	-	Escalas fotográficas (MLC, 1985; ITP, 1996)	O modelo do veículo influenciou somente as lesões oriundas de outras causas diferentes de briga e monta, tais como arranhões e lacerações, apresentando maiores proporções no caminhão <i>double decked</i> .
Scheeren et al. (2014)	Canadá	-	Escala fotográfica (MLC, 1985; ITP, 1996)	Duração do transporte e compartimento do caminhão não influenciaram significativamente.
Weschenfelder et al. (2013)	Canadá	-	Escalas fotográficas (MLC, 1985; ITP, 1996)	Não houve efeito do modelo do veículo no nível de lesões. <i>Triple decked flat trailer</i> apresentou um maior número de lesões provenientes de monta.
Dalla Costa et al. (2009)	Brasil	Quantificação no lado esquerdo do corpo	Escala fotográfica (ITP, 1996)	Aumento médio de 15,1%, do embarque ao fim do descanso pré-abate. Maior número de lesões em suínos transportados nos compartimentos posteriores e médios.
Lutdke (2008)	Brasil	-	Escala fotográfica (Barton Gade et al., 1996)	Não houve diferença significativa entre os dois modelos de veículos, porém o caminhão com piso fixo apresentou maiores valores médios de escore.
Becerril-Herrera et al. (2007)	México	Metodologia de Gallo et al. (2001)	-	Densidade e duração do transporte não influenciaram significativamente. Variações somente numéricas.
Mota-Rojas et al. (2006)	México	Metodologia de Gallo et al. (2000)	-	Duração do transporte afetou significativamente três categorias de hematomas, em uma escala de quatro; com o aumento da extensão do transporte, maior foi o percentual de hematomas.
Barton Gade & Christensen (1998)	Dinamarca	-	Escala fotográfica (Barton Gade et al., 1996)	Piores níveis observados em 0,42m ² /100kg. Alta frequência de lesões na região da paleta em 0,39m ² /100kg. Menores níveis em 0,35 e 0,50m ² /100kg. Houve variação de resultados entre as densidades e os dias de transporte.

Ainda, além do momento de avaliação, diferentes técnicas podem ser aplicadas. O protocolo europeu Welfare Quality® (2009) fornece diretrizes para a avaliação de lesões na pele de suínos, o qual contempla um tópico específico para esse quesito. Igualmente, o protocolo americano de auditoria para indústrias de suínos (NATIONAL PORK BOARD, 2019) confere um escore de lesões próprio. Escalas comerciais fotográficas configuram também uma ferramenta de avaliação de lesões em carcaças (ITP, 1996; MLC, 1985) as quais podem ser adaptadas para o estudo em animais vivos (PEREIRA, 2014). Contudo, outras técnicas não comerciais podem ser empregadas para tal fim, tais como a quantificação de lesões na superfície corporal dos suínos (COSTA et al., 2009) bem como a adaptação de técnicas já estabelecidas de modo a incorporar as necessidades específicas de uma pesquisa específica (MOTA-ROJAS et al., 2006; BECERRIL-HERRERA et al., 2007; CASTRO, 2016).

2.3. Operações pré-abate

2.3.1. Embarque e desembarque

A mobilização dos animais das pocilgas para a área de embarque corresponde ao primeiro momento em que os mesmos são submetidos a uma situação de estresse com necessário esforço físico para deslocamento durante o processo de transporte (GERRITZEN et al., 2013). Os principais fatores envolvidos no desencadeamento de respostas fisiológicas ao estresse (CORREA et al., 2013) são a segregação de animais com consequente mistura de lotes, a distância a ser percorrida na fazenda até o embarque, o tamanho do grupo a ser manejado, o desenho das instalações, a interação com os indivíduos responsáveis pelo manejo (NANNI COSTA et al., 2002), os estímulos luminosos e sonoros, a estrutura da rampa de embarque (FAUCITANO; GOUMON, 2018) e a possível fome ocasionada pelo jejum (BRANDT; AASLYNG, 2015).

O embarque é considerado uma etapa crítica do transporte, no qual podem ser observadas elevadas frequências cardíacas nos suínos (CORREA et al., 2013; GERRITZEN et al., 2013) quando comparados aos animais em repouso, bem como de outros marcadores sanguíneos de estresse, influenciando no comportamento dos mesmos durante o manejo nas demais etapas pré-abate (RITTER et al., 2009; CORREA et al., 2010; EDWARDS et al., 2011; GOUMON et al., 2013). Quando o estresse inicial provocado durante o embarque é reduzido, tem-se uma consequente redução do estresse durante o transporte, repercutindo em menores perdas nas carcaças (GOSÁLVEZ et al., 2006).

O manejo fornecido nessa etapa é determinante para o bem-estar dos animais, requerendo equipe devidamente capacitada para exercer tal função (NANNI COSTA et al., 2002; FAUCITANO; GOUMON, 2018; DALLA COSTA et al., 2019a), uma vez que a facilidade ou dificuldade de manejo a ser empregada no frigorífico possui estreita relação com o manejo fornecido nas granjas (GEVERINK et al., 1999; GRANDIN, 2017). O emprego de bastões elétricos para conduzir os animais apresenta influência no comportamento destes, proporcionando um maior índice de suínos fadigados e com maiores proporções de lesões na pele (FAUCITANO, 2010; STAJKOVIĆ et al., 2017).

De acordo com Dalla Costa et al. (2007a), Fitzgerald et al. (2009) e Dalla Costa et al. (2019), os efeitos das operações de carregamento de animais nas fazendas são importantes contribuintes para as perdas durante o transporte, para a resposta às situações de estresse e para a variação na qualidade da carcaça e da carne. A mortalidade dos animais e as perdas nas carcaças podem ser influenciadas inclusive pelo número de embarques efetuados em um mesmo caminhão, apresentando menores índices quando os mesmos são carregados em uma única propriedade em relação a duas ou mais granjas (GOSÁLVEZ et al., 2006), embora haja divergência na literatura quanto a relação entre carregamento de animais em diferentes propriedades e o risco de mortalidade, uma vez que essas informações podem ter sido mascaradas devido a pequena amostragem (AVERÓS et al., 2008).

Além dessas considerações, durante o manejo pré-abate os animais podem apresentar lesões e hematomas bem como sofrer fraturas devido a brigas, colisão entre animais e entre as estruturas das instalações e pelas ferramentas de manejo empregadas. As dimensões dos corredores e portões bem como a localização da rampa de embarque participam ativamente na determinação do índice de tais lesões (DALLA COSTA et al., 2019a). O contato entre animais de diferentes baias de terminação durante o carregamento representa uma importante relevância no nível de lesões, hematomas, estresse e mortalidade (GOSÁLVEZ et al., 2006; BARTON GADE, 2008a; AASLYNG; BRANDT; BLAABJERG, 2013) devido ao estabelecimento de uma hierarquia, repercutindo em um comportamento agressivo entre os animais do novo grupo, embora Guàrdia et al. (2009) tenha obtido uma associação contrária, de modo que a mistura de animais desconhecidos reduziu em 2,4% o risco de formação de lesões na pele. O manejo por sua vez, juntamente com fatores externos, tais como chuva, ventos ou raios solares, podem comprometer potencialmente o bem-estar animal (BRANDT; AASLYNG, 2015), o qual pode ser responsável por uma situação de estresse não recuperado pelos suínos

transportados por curtas distâncias (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009; DALLA COSTA et al., 2019a).

A incidência luminosa é outro fator importante, pois quando insuficiente (BROOM, 2000) ou excessiva (BRANDT; AASLYNG, 2015) pode representar uma dificuldade durante o embarque dos animais (MOURA ROCHA, 2016), uma vez que suínos apresentam resistência para se deslocarem de um local bem iluminado para um outro local mais escuro por se assustarem com alterações no gradiente luminoso (BROOM, 2010).

A duração e o sistema de embarque podem, ainda, afetar o nível de lesões e a qualidade da carne. Embarques mais prolongados apresentam maiores riscos de formação de lesões (GUÀRDIA et al., 2009) e menores riscos de obtenção de carne pálida, flácida e exsudativa (PSE) assim como o uso de plataformas hidráulicas também pode reduzir o risco de carne PSE ao invés do emprego de rampas (GUÀRDIA et al., 2004). Períodos prolongados de embarque inferem um maior tempo de contato entre os suínos, os quais são expostos a maiores oportunidades para estabelecer interações negativas entre si (GUÀRDIA et al., 2009). Em se tratando da qualidade da carne, embarques mais curtos podem influenciar negativamente a qualidade da mesma por apresentarem um manejo mais deficiente e, assim, propiciarem maiores níveis de estresse aos suínos ou devido às condições das instalações e das ferramentas de manejo aplicadas, as quais podem não favorecer um rápido acesso ao veículo de transporte sem induzir mais estresse (GUÀRDIA et al., 2004).

As rampas de embarque e desembarque consistem em um importante objeto de estudo, pois maiores inclinações ($>20^\circ$) foram correlacionadas a uma maior dificuldade de manejo, devido ao desafio e resistência de subi-las e descê-las (LAMBOOIJ, 2014; DALLA COSTA et al., 2019) com um consequente aumento no número de lesões ocasionadas por manejo e elevadas frequências cardíacas (DALLA COSTA et al., 2007a; GOUMON et al., 2013; DALLA COSTA et al., 2019a), principalmente sob temperaturas climáticas elevadas (GARCIA; MCGLONE, 2015), embora Dalla Costa et al. (2016) e Ludtke (2008) não tenham observado influência significativa nas relações entre o tipo de rampa utilizado no carregamento e o nível de lesões.

Com base na duração do descarregamento, dados não apontam efeito entre o tempo despendido e a qualidade da carne (DRIESSEN; BEIRENDONCK; BUYSE, 2020b), enquanto que a intensidade dos ruídos, expressa em decibéis, e a incidência de suínos com frequência respiratória aumentada determinam uma importante participação na mesma (VAN DE PERRE

et al., 2010). A redução na angulação da rampa de desembarque fornece uma expressiva melhoria na redução das perdas pré-abate ao comparar angulações de $>20^\circ$ e $\leq 20^\circ$ (DALLA COSTA et al., 2019a). Na legislação brasileira recentemente foi reconhecida tal necessidade, sendo publicada uma instrução normativa que define a angulação máxima de rampas para embarque nas granjas (25°), entretanto, ainda não há estabelecido um parâmetro para os estabelecimentos de abate, proporcionando uma lacuna entre os mesmos (Portaria 711, 1995; Instrução Normativa 113, 2020).

2.3.2. Transporte

O transporte engloba complexas operações que fazem com que os animais vivenciem diversas experiências estressoras (WARRISS, 1998; NANNI COSTA et al., 2002; MCGLONE et al., 2014b), tais como extremos de temperatura, vibração e alternâncias de aceleração, estímulos sonoros, confinamento e aglomeração (WARRISS, 1998), os quais representam uma nova experiência aos suínos, fator esse agravante para o estresse dos mesmos (GARCIA et al., 2019). Pode ocorrer em mais de um estágio do ciclo produtivo de suínos (FAUCITANO; GOUMON, 2018) e, juntamente com as etapas de carregamento e descarregamento, representa um importante evento de estresse na vida dos mesmos (MARCHANT-FORDE; MARCHANT-FORDE, 2008; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2012; MCGLONE et al., 2014; NEWMAN et al., 2014), influenciando também no índice de mortalidade (DALLA COSTA et al., 2019a).

As perdas provenientes de transporte de suínos das granjas aos abatedouros são um problema antigo e possuem causas multifatoriais, estando envolvidas com fatores individuais dos animais; pessoas e manejo, tanto da granja (BARTON GADE, 2008b) quanto do abatedouro (LAMMENS et al., 2007); *design* das estruturas, transporte propriamente dito, estabelecimento processador, condições ambientais (RITTER et al., 2009), mistura de animais (GUISE; PENNY, 1989a), má ventilação e privação de água e alimento (MCGLONE et al., 2014b). Além disso, o modelo do veículo; a vibração, duração, a densidade e o motorista compõem outros determinantes que comprometem o bem-estar animal (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2012; BRANDT; AASLYNG, 2015).

Em geral, as perdas econômicas ocasionadas aos produtores correspondem à desvalorização total da carcaça quando o animal ingressa morto no estabelecimento e a consideráveis descontos quando injuriados e incapacitados de se locomoverem pelos próprios

meios (RITTER et al., 2009). Averós et al. (2008) detectaram correlação significativa entre a porcentagem de suínos injuriados e mortos durante o transporte, o que sugere que ambos os problemas possuem origem similar, a qual pode ser relacionada a inadequações de manejo durante o carregamento ou na viagem e a brigas entre os animais.

Dados similares foram obtidos em um estudo na região sul do Brasil ao considerar os riscos de perdas durante as etapas pré-abate, no qual foi detectada uma perda de 0,76% referente ao transporte, correspondendo a aproximadamente um suíno morto ou recebido incapacitado de se locomover e/ou de se manter em grupo por jornada ao abatedouro. Tais prejuízos podem ser reduzidos quando reduzida a distância percorrida entre as granjas e o frigorífico (<160km), propiciando uma menor probabilidade de hematomas (DALLA COSTA et al., 2019a). Quanto ao nível de lesões na pele, este pode sofrer um aumento em sua proporção geral de 29 a 62% como um efeito da interação entre carregamento, transporte, descarregamento e descanso pré-abate (DALLA COSTA; LOPES; DALLA COSTA, 2017).

Características como o sistema de carregamento (rampas ou equipamentos hidráulicos), controle microclimático e tipo do piso influem diretamente no bem-estar dos animais durante o transporte (FAUCITANO; GOUMON, 2018), assim como a localização dos animais nos compartimentos do caminhão (BARTON GADE et al., 1996; DALLA COSTA et al., 2007a). Uma ventilação ineficiente associada ao esforço físico exercido pelos animais na tentativa de se manterem em pé diante de um maior desafio oferecido pela vibração durante o transporte em determinados compartimentos do caminhão (GUISE; PENNY, 1989a; BARTON GADE et al., 1996; DALLA COSTA et al., 2009) conferem maiores níveis de desidratação e lesões na pele (BARTON GADE et al., 1996), os quais influenciam diretamente na qualidade da carne, proporcionando carne pálida, flácida e exsudativa ou dura, firme e seca (do inglês, *pale, soft and exudative*, PSE; *dark, firm and dry*, DFD; respectivamente) (FAUCITANO; GOUMON, 2018).

Existem grandes divergências entre os dados referentes aos compartimentos responsáveis pelos maiores índices de lesões durante o transporte dos animais. Mota-Rojas et al. (2006) e Correa et al. (2013) não observaram correlações significativas entre os mesmos, enquanto que Barton-Gade et al. (1996) observaram maiores índices de lesões em animais transportados nos pisos inferiores de carretas de dois andares e Dalla Costa et al. (2007b) obtiveram maiores níveis de lesões em animais transportados nos compartimentos anteriores e posteriores quando comparados aos centrais.

2.3.2.1. Distância e duração do transporte

A distância a ser percorrida entre as granjas e o abatedouro frigorífico pode contribuir negativamente nos índices de mortalidade (GADE et al., 2007) e rendimento de peso vivo à medida que é estendida, podendo também comprometer o bem-estar dos animais (GOSÁLVEZ et al., 2006). Essa situação pode ser justificada por uma maior exposição às condições sub-ótimas e a uma provável maior duração do carregamento devido a maiores cargas (GADE et al., 2007). Contudo, outros estudos apontam uma relação inversamente proporcional, a qual expressa uma redução das perdas referentes ao transporte com base no aumento da distância percorrida (HALEY et al., 2008), uma vez que em jornadas de curta distância os suínos não conseguem descansar e se recompor das etapas precedentes, as quais exigem uma elevada atividade muscular, implicando, desse modo, em reduzidas condições de bem-estar (BRACKE et al., 2020). Assim, quando apresentam frequências cardíacas reduzidas no momento do desembarque, o risco de mortalidade também é reduzido (HALEY et al., 2008).

Estudos realizados nos Estados Unidos mostram uma influência da duração do transporte no percentual de animais mortos, injuriados e fadigados, de modo que o número de animais mortos no transporte aumenta conforme a jornada se estende de trinta minutos a quatro horas. Contrariamente, esse número tende a diminuir para viagens mais longas, de cinco a dez horas (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009). Dados similares foram observados no estudo de Haley et al. (2008), no qual estima-se uma redução na mortalidade de 0,81 vezes para cada aumento de 50km no trajeto da granja ao abatedouro. A extensão da viagem possui efeito também sobre o percentual de animais injuriados no veículo, demonstrando maiores valores para viagens acima de três horas e meia em comparação às de duração inferior à uma hora, diferentemente da incidência de animais fadigados, a qual tende a diminuir com o prolongamento da duração, considerando uma faixa de trinta minutos a doze horas de transporte (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009).

A necessidade dos suínos se deitarem e se recompor durante a viagem depende não somente da distância do trajeto, mas também da idade, da saúde e das condições físicas dos mesmos (VISSER, 2014). A motivação para se deitarem é influenciada pela duração e condições de transporte; pela maior disponibilidade de espaço, esta relacionada à densidade (GERRITZEN et al., 2013); pelo modo de condução do veículo (BRACKE et al., 2020); pelas condições das rodovias e pelas características da suspensão dos veículos. Em um determinado

momento da viagem, a fim de evitar quadros de fadiga e exaustão, faz-se necessário que os animais descansem (VISSER, 2014).

A velocidade do veículo durante o transporte (DALLA COSTA et al., 2019a) e a distância do trajeto (VECEREK et al., 2006) podem influenciar nas perdas pré-abate. Entretanto, o fato da velocidade estar reduzida pode não representar contribuições positivas, conforme observado por Dalla Costa et al. (2019), os quais detectaram maiores probabilidades de perdas sob deslocamentos com velocidades inferiores a 60km/h, dados esses que podem não expressar necessariamente uma condução mais cautelosa, mas sim uma pior condição das vias de transporte. A distância, por sua vez, quando representada por valores de até 50km demonstram menores índices de mortalidade quando comparadas a valores acima de 300km (VECEREK et al., 2006). Contudo, o estilo de direção do condutor pode também determinar um maior nível de lesões na pele de suínos (DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020a).

Quando avaliada a qualidade da carne, pode-se obter menores proporções de parâmetros dentro dos padrões de normalidade sob transportes de longa duração (GISPERT et al., 2000). Entretanto, tais achados apresentam situações contraditórias na literatura, conforme observado por Pérez et al. (2002), os quais observaram maiores tendências de obter carne PSE sob transportes de suínos de curta duração, quando comparadas jornadas de 15 minutos e 3 horas.

As condições das estradas e rodovias e a orientação da postura dos animais determinam os níveis de vibração sentidos, assim como ocorre a transmissão da vibração do chassi do veículo para o piso em que os animais estão acondicionados, de modo que os níveis sejam percebidos sob diferentes direções (GEBRESENBET et al., 2011). O movimento do veículo possui participação no bem-estar animal, o qual ocasiona estresse, enjoo aos animais (SANTURTUN; PHILLIPS, 2015), efeitos nas respostas emocionais dos suínos, como o medo (PERREMANS et al., 2001), e um caráter aversivo aos animais devido a vibração (STEPHENS et al., 1985). A adaptação dos animais em relação à vibração pode ser otimizada sob menores acelerações e ausência de freadas bruscas antecedidas de elevadas taxas de aceleração, assim como a devida suspensão dos veículos combinada com a capacitação de condutores pode propiciar melhores condições de bem-estar aos animais e, conseqüentemente, uma carne de melhor qualidade (PERREMANS et al., 2001; PEETERS et al., 2008). Desse modo, tornam-se relevantes mais estudos envolvendo as taxas de vibração sob diferentes condições a fim de otimizar o bem-estar durante o transporte (FAUCITANO, 2018).

2.3.2.2. Variáveis bioclimáticas do transporte

No Brasil, a suinocultura é realizada sob clima sub-tropical e tropical, com a combinação de elevadas temperaturas e umidade relativa do ar (SILVA et al., 2009). De acordo com a literatura, Dalla Costa et al. (2007a) observaram maiores índices de lesões em suínos transportados durante o inverno na região sul do país, dados esses suportados pela influência da temperatura média durante o transporte no risco de condenação de carcaças obtida por Dalla Costa et al. (2019), uma vez que ocorrem expressivas oscilações de temperatura durante o trajeto (ZURBRIGG et al., 2017).

A combinação entre elevadas temperaturas e umidades durante o transporte podem resultar em severas consequências de estresse (MOURA ROCHA, 2016), uma vez que os suínos possuem dificuldade de estabelecer a termorregulação através da transpiração (DUKES, 2006; MCGLONE et al., 2014a) e, assim, necessitam de outros meios, tais como mudança de postura, chafurdação ou afastar-se da fonte produtora de calor, tornando-os vulneráveis a situações de estresse pelo calor (DUKES, 2006). Há relatos de correlação positiva entre o aumento da temperatura na carroceria e o aumento do número de animais recebidos mortos nos abatedouros (HALEY et al., 2008; SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009; FAUCITANO; GOUMON, 2018), embora Ritter et al., (2006) não tenham obtido relação entre a temperatura e o número de animais mortos ou incapacitados de locomoção.

Ao considerar o efeito da estação do ano, nota-se uma maior prevalência de mortalidade nos períodos mais quentes do ano, ou seja, no verão (CHRISTENSEN; JONSSON, 2007; VITALI et al., 2014), as quais foram correlacionadas com a localização nos compartimentos que alcançaram as maiores temperaturas (BRACKE et al., 2020), embora haja estudos que não apontam relação entre a incidência de animais mortos e as estações do ano (GOSÁLVEZ et al., 2006). Ainda, Gosálvez et al. (2006) não detectaram influência pela estação do ano na perda de peso vivo e rendimento de peso vivo e carcaça resfriada, enquanto no outono e inverno foram observadas maiores taxas significativas de toaleta de carcaças. Esses dados corroboram os achados de Guàrdia et al. (2005), os quais reportaram uma maior probabilidade de carne firme, seca e escura (DFD) no inverno quando comparado ao verão, refletindo uma maior tendência de depleção de glicogênio muscular por meio da termogênese com tremor pelos suínos. O frio também pode ser responsável por um maior agrupamento dos animais, o que aumenta as chances de ocorrências de brigas e, consequentemente, de lesões e hematomas nas carcaças (GOSÁLVEZ et al., 2006), bem como pode aumentar a

porcentagem de animais incapacitados de locomoverem a temperaturas iguais ou inferiores a 5°C (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009).

Com isso, um equilíbrio entre temperatura e umidade dentro dos compartimentos deve ser mantido a fim de prevenir flutuações e, consequentemente, o comprometimento do bem-estar animal (MOURA ROCHA, 2016). Em estudos na América do Norte, a variação na temperatura entre os compartimentos foi justificada pela diferença nos padrões de perfurações laterais da carreta para ventilação em relação aos modelos “*pot belly*” e “*flat deck*”, tanto com o caminhão em movimento quanto parado (WESCHENFELDER et al., 2013b). Paralelamente, maiores temperaturas foram registradas nos compartimentos anteriores dos pisos médio e inferior no caminhão “*pot belly*” devido à ventilação reduzida enquanto menores temperaturas foram observadas em compartimentos superiores devido a menor incidência solar (BROWN et al., 2011). Similarmente, maiores temperaturas foram registradas nos compartimentos anteriores em relação aos demais, justificadas pelas dimensões dos mesmos, pelo fluxo do ar e pela dinâmica da ventilação nestes locais, fatores esses que contribuem com a elevação da temperatura (LENKAITIS et al., 2008; MACHADO et al., 2021). Tais achados corroboram a justificativa de uma maior incidência de carne de menor qualidade proveniente de suínos transportados nesses compartimentos conforme observado por CORREA et al (2013).

As paradas durante o transporte conferem grande importância por se tratarem de uma fonte de mortalidade de suínos em veículos desprovidos de ventilação mecânica devido a um aumento na temperatura na carroceria (CHRISTENSEN; BLAABJERG; HARTUNG, 2007; FAUCITANO; GOUMON, 2018). Quando em movimento, há ventilação natural no caminhão (WARRIS et al., 2006), apresentando menores temperaturas quando comparadas com o veículo parado devido ao efeito convectivo das trocas de calor (LENKAITIS et al., 2008; LEWIS et al., 2010; HARMON et al., 2017), o que auxilia na termorregulação dos animais. Entretanto, quando estacionado, a temperatura ambiente eleva-se (XIONG; GREEN; GATES, 2015) bem como a umidade relativa do ar (GESING et al., 2011), e a ventilação é reduzida, afetando as condições ideais de conforto e o bem-estar animal (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009; LEWIS et al., 2010; BRANDT; AASLYNG, 2015; MOURA ROCHA, 2016). Assim, devido a ampla faixa de variação térmica entre o interior dos compartimentos e o meio externo (variações entre 1 a 7,8°C), não se deve utilizar a temperatura ambiente externa como

indicador para estipular as condições térmicas no interior do veículo (CHRISTENSEN; JONSSON, 2007).

As operações de embarque e desembarque, conforme previamente exposto, são importantes etapas que também merecem destaque no controle microclimático, similarmente ao observado nos momentos de paradas dos veículos durante o transporte, uma vez que proporcionam um expressivo aumento na temperatura interna da carroceria, assim como o período de espera para saída da granja e para o desembarque no abatedouro frigorífico (LENKAITIS et al., 2008; WESCHENFELDER et al., 2012; HARMON et al., 2017).

O emprego de ventilação artificial no veículo consiste em uma técnica estudada com o propósito de auxiliar no conforto térmico e bem-estar de suínos, embora resultados favoráveis não tenham sido encontrados por Warriss et al. (2006), os quais perceberam efeito negativo pelo uso da ventilação forçada considerando as condições climáticas ambientais do estudo (17,0-17,4°C). Em contrapartida, Christensen, Blaabjerg & Hartung (2007) recomendam o uso de ventilação a partir de 20°C associada à umidificação (molhamento) quando em temperaturas acima de 24°C por um curto período de tempo em segundos com o objetivo de proporcionar um sistema de resfriamento em climas quentes e, assim, criar um microclima dentro da carreta nos limites das condições ideais. Similarmente, dados evidenciam uma melhora no conforto térmico de suínos e uma menor desidratação decorrente de um sistema de ventilação forçada por 30 minutos associado à umidificação por 10 minutos prévios ao descarregamento no abatedouro, com sistemas de climatização instalados na área de espera no desembarque (PEREIRA et al., 2016).

A ventilação é reconhecida como um recurso benéfico aos suínos pela União Europeia, a qual é preconizada em veículos transportadores cujo trajeto tenha duração superior a oito horas (EC 1, 2005), com capacidade de operação mínima de quatro horas. Ainda, a faixa de temperatura prevista para o microclima interno durante o percurso da viagem é de 5-30°C, com uma tolerância de $\pm 5^\circ\text{C}$. Porém, durante o transporte, esses parâmetros podem apresentar oscilações, uma vez que os suínos possuem menores oportunidades para dissipar calor em relação a uma condição estacionária (BRACKE et al., 2020). A fim de se estimar o conforto térmico de suínos terminados durante o transporte, pode-se considerar uma faixa ideal de temperatura entre 10 e 25°C (SCAHAW, 2002).

Há relatos positivos sobre o efeito de aspersão de água (molhamento) em um caminhão estacionário, imediatamente após o embarque e antes do desembarque, sob

condições de temperatura ambiente superior a 20°C, pela melhora nas condições de conforto térmico dos animais no abatedouro (FOX et al., 2014; NANNONI et al., 2014), uma vez que durante o período de espera para o desembarque tem-se a elevação da temperatura no interior do veículo (LENKAITIS et al., 2008). Outros estudos apontam uma condição de termoneutralidade para suínos sob uma faixa de temperatura de 10 a 30°C, quando associada à ventilação mecânica e nebulização (SCAHAW, 2002). Em relação ao *lay-out* de distribuição dos nebulizadores, há recomendações para que os mesmos sejam concentrados nos compartimentos posteriores do veículo, considerando a obtenção de maiores temperaturas superficiais na pele de suínos nessa região (XIONG; GREEN; GATES, 2015). Entretanto, o uso desses sistemas e manejos ainda não estão bem definidos e, assim, necessitam de mais estudos (BRACKE et al., 2020).

Além de considerar a temperatura durante o transporte para avaliar o conforto térmico dos suínos, atenção maior deve ser dada à umidade relativa do ar e a velocidade do vento, uma vez que a capacidade termorregulatória dos mesmos, especialmente sob clima quente, é influenciada por essas variáveis microclimáticas (SCAHAW, 2002), podendo influenciar na mortalidade quando temperaturas superiores a 20°C são alcançadas (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009). Outros recursos podem ser empregados a fim de indicar a condição térmica a qual os animais são submetidos, caracterizados pelos índices de conforto térmico. Existem diversos estudos que utilizam índices como sinalizadores, dentre eles a entalpia (DIESEL, 2016; DALLA COSTA et al., 2019a), o índice de Temperatura e Umidade (THI) (WESCHENFELDER et al., 2013b; MCGLONE et al., 2014a; VITALI et al., 2014; XIONG; GREEN; GATES, 2015; PEREIRA et al., 2018; DRIESSEN; BEIRENDONCK; BUYSE, 2020a; DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020b), índice de Globo Negro e Umidade (BGHI) (DA SILVA TAVARES et al., 2000; ORLANDO et al., 2007) e a Carga Térmica Radiante (MÓS et al., 2020).

2.3.2.3. Modelo do veículo

O modelo de veículo pode variar amplamente, conforme observado na Fig. 1A-D, desde carrocerias de três andares a um único e longo andar (FAUCITANO; GOUMON, 2018), e influenciar no tempo de transporte e em outros fatores pertinentes ao bem-estar animal durante o pré-abate (BRANDT; AASLYNG, 2015). Dentre os fatores, pode-se incluir também a mortalidade e incidência de injúrias (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009). O modelo

do veículo influencia também nas condições microclimáticas (temperatura e umidade relativa do ar) no interior da carroceria, entre os compartimentos (MCGLONE et al., 2014a; XIONG; GREEN; GATES, 2015), dessa forma, a escolha do modelo apresenta expressiva importância na etapa do transporte (RIOJA-LANG et al., 2019).

Na América do Norte emprega-se comumente um modelo denominado “*pot belly*”, o qual possui dois andares superiores e um inferior, menor, situado entre os pneus dianteiros e traseiros do caminhão. O mesmo possui capacidade para transportar uma grande quantidade de animais, podendo apresentar dupla aptidão, transportando tanto suínos quanto bovinos. Entretanto, como características desfavoráveis, apresenta diversas rampas com consideráveis inclinações (acima de 40°) e curvas de 180°, o que dificulta o manejo no embarque e propicia um maior uso de bastão elétrico durante o carregamento dos animais (TORREY et al., 2013). Nos Estados Unidos, além do modelo “*pot belly*”, emprega-se usualmente o modelo “*straight-deck*” – ou “*flat deck*” – nos transportes comerciais, conforme as Figuras 2A e 2B, os quais são tipicamente construídos em alumínio. Este segundo possibilita o carregamento dos animais com uma rampa ajustável, mas possui menos peso e um menor centro de gravidade em relação ao primeiro, proporcionando menor estabilidade em estradas sinuosas (GARCIA et al., 2019).

Figura 1. - Modelos de veículos utilizados para transportar suínos de acordo com Faucitano & Goumon (2018); (A) caminhão *single deck*, modelo brasileiro; (B) caminhão *pot belly*, modelo norte-americano; (C) caminhão *flat deck*; (D) caminhão com sistema de elevação hidráulico da porta traseira.

Na União Europeia, os veículos costumam ser mais sofisticados, com a disponibilidade de manejo das aberturas laterais e acionamento de ventilação mecânica, por meio de ventiladores, e mais pesados. Podem apresentar também um elevador com a finalidade de facilitar as etapas de embarque e desembarque sem depender de rampas (Figura 1D). Tais características propiciam um menor número de animais transportados por carga e um consequente maior custo de transporte (GARCIA et al., 2019). Na Dinamarca, Holanda e Bélgica os transportes são comumente realizados com caminhões “*triple deck*” (carroceria de três andares). Nos demais países da Europa, utiliza-se usualmente os caminhões “*double deck*” (carroceria de dois andares) (BRANDT; AASLYNG, 2015).

Contrariamente, na América Latina, os veículos comumente apresentam carrocerias com um eixo traseiro. Países subdesenvolvidos, devido às condições das estradas, tendem a apresentar caminhões com um único piso, menor comprimento e uma carroceria fixa, os quais proporcionam maior estabilidade em estradas menos desenvolvidas (GARCIA et al., 2019).

Com base na literatura brasileira, os modelos mais utilizados consistem no de três, dois e um andar (*“triple deck”, “double deck” e “single deck”*, respectivamente) (DALLA COSTA et al., 2007b, 2007a; LUDTKE, 2008; COSTA et al., 2009; PEREIRA, 2014; SOARES, 2016).

Na Ásia, a tipologia do veículo é mais simples e sua estrutura é usualmente de ferro, não apresentando limitações para seu peso. As carrocerias são maiores, podem apresentar quatro andares ou mais e possuem as laterais abertas em relação aos modelos observados na América do Norte (Figura 2). Devido ao seu grande número de andares, dificuldades no carregamento e descarregamento podem ser enfrentadas em razão da incongruência entre a angulação das rampas e os níveis da carroceria, desse modo, os suínos precisam ser movimentados para entrarem ou saírem de cada nível (GARCIA et al., 2019).

Figura 2. Veículo utilizado para transportar suínos na China, com quatro andares (*four-deck*). Os suínos do piso superior são retidos por uma rede (Garcia et al., 2019).

Weschenfelder et al. (2013) ao compararem o transporte efetuado no Canadá com dois comuns modelos de caminhão de três andares com distintas conformações de compartimentos (*“pot belly” vs. “flat deck”*) não obtiveram efeito significativo no nível de lesões e na qualidade da carne suína. Igualmente, Arduini et al. (2017) também não observaram efeito entre os pisos do caminhão de carroceria dupla tipo *“Romeu e Julieta”* e o nível de lesões em suínos pesados (~170kg) quando transportados a uma curta distância (~15km) na Itália.

Contrariamente, Correa et al. (2013) detectaram uma maior proporção de arranhões e lacerações em carcaças de suínos transportados em veículo com uma carroceria de dois andares quando comparado às condições de transporte no veículo “*pot belly*”. Tais achados foram justificados pelas piores condições de manejo empregadas pelos funcionários da granja, os quais se apresentavam cansados após o embarque dos animais no “*pot belly*”, sendo este o primeiro em ordem de carregamento.

No Brasil, estudos evidenciaram maiores proporções de lesões durante o descarregamento em suínos transportados em caminhões single deck quando comparados ao “*double deck*”, os quais foram representados em maior quantidade por lesões provenientes de manejo e briga, justificados pelo diferente número de animais transportados por compartimento (11 vs. 6 suínos, respectivamente) (DALLA COSTA et al., 2007a). Paralelamente, ao comparar o embarque e desembarque em dois tipos de piso de carroceria (fixo vs. móvel), Ludtke (2008) obteve valores médios de lesões superiores sob o tratamento com piso fixo, embora não tenham diferido significativamente. Assim, torna-se importante considerar no contexto das carrocerias dos caminhões, além dos aspectos relacionados ao número de andares, o tempo de viagem, as condições das estradas, dentre outras, ressaltando-se a necessidade do estudo multifatorial envolvendo o transporte de suínos.

2.3.2.4. Densidade

Devido a pressões comerciais exercidas em relação à quantidade de animais transportados em uma viagem, maior atenção deve ser dada ao bem-estar animal, pois quanto mais animais carregados, menor é o custo do transporte (WARRISS, 1998; WARRISS et al., 1998; DALLA COSTA et al., 2019a). Maiores densidades podem reduzir as chances de os animais se colidirem contra a carreta pela movimentação do veículo enquanto que menores densidades proporcionam um maior espaço para os suínos deitarem e regularem a temperatura corporal através das adaptações comportamentais (GADE; CHRISTENSEN, 1998; WARRISS et al., 1998; ČOBANOVIĆ et al., 2016a), embora possam proporcionar também maior frequência de brigas e confrontos devido ao maior espaço disponível (GUÀRDIA et al., 2004).

No Brasil, não há limites regulamentares estabelecidos para a densidade de animais no transporte pelo Conselho Nacional de Trânsito (Resolução Contran 791, 2020). Igualmente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento não preconiza uma faixa de valores para densidade, considerando a área disponível do veículo e o peso vivo dos animais (Decreto 9013,

2017; Portaria 711, 1995). A Organização Mundial da Saúde Animal (OIE, 2019), em seu Código Sanitário para Animais Terrestres, define que é necessário haver espaço suficiente para os suínos permanecerem deitados e possam adotar uma postura normal, sem amontoamentos, de forma que consigam promover a termorregulação natural quando necessária. A Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS, 2016), com base nos parâmetros preconizados na Europa (EC 1, 2005), recomenda um máximo de 235kg/m^2 , o que corresponde a $0,43\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo ou $0,47\text{m}^2/\text{suíno}$ quando estabelecido 110kg como peso médio para um suíno de terminação de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2021), com uma variação tolerável de 20% ($184\text{-}276\text{kg/m}^2$ ou $0,60\text{-}0,40\text{m}^2/\text{suíno}$, respectivamente), considerando as condições climáticas e a duração do transporte.

Elevadas densidades estão associadas a maiores estresses físicos (WARRISS et al., 1998; PILCHER et al., 2011) e podem influenciar na taxa de mortalidade durante o transporte (WARRISS, 1998), diferentemente dos achados de Averós et al. (2008). Embora a ventilação afete a condição térmica dos animais durante a jornada, a densidade possui maior efeito nas condições de bem-estar e na qualidade da carne (LAMBOOY; ENGEL, 1991), de modo que um espaço excessivo disponível aos suínos pode ocasionar uma maior quantidade de injúrias provocadas pela movimentação inesperada do veículo (GADE; CHRISTENSEN, 1998) e oferecer maiores riscos de obtenção carne DFD (GUÀRDIA et al., 2005) e PSE, estando este último associado a curtos trajetos (GUÀRDIA et al., 2004).

A interação entre densidade e duração do transporte pode influenciar na qualidade da carne suína (Tabela 2). Quanto maior a densidade ($0,25\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo), menor é o efeito da duração da viagem no risco de obtenção de carne PSE. Entretanto, sob baixas densidades ($0,50\text{m}^2/100\text{kg}$), eleva-se o risco em 6%, considerando um intervalo de viagem de uma a sete horas. Desse modo, a maior probabilidade de obter carne PSE ocorre em transportes curtos com baixa densidade (GUÀRDIA et al., 2004). Em se tratando de carne DFD, por meio de uma redução $0,5$ a $0,37\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo durante uma viagem média de 2,7 horas pode-se reduzir em 11% seu risco de obtenção (GUÀRDIA et al., 2005). Entretanto, sob outro ponto de vista, o efeito da duração e da densidade do transporte na ocorrência de carne PSE apresenta uma correlação entre altas densidades ($0,1$ a $0,5\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo) e intermediários (1 a 2,9 horas) a longos períodos (≥ 3 horas) de transporte à uma menor qualidade da carne (GAJANA et al., 2013).

Em uma comparação entre transportes de suínos efetuados de duas granjas distintas a um abatedouro na Itália, duas densidades foram estudadas ($<0,4$ e $>0,6\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo). Ao final das avaliações, foram detectadas diferentes tendências de formação de hematomas entre as granjas em relação às partes da carcaça, sendo mais evidente em uma das granjas uma maior propensão de injúrias nas partes dianteiras e médias das carcaças referentes a maiores densidades de transporte ($<0,4\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo). Contudo, em se tratando da mesma propriedade, uma maior tendência de lesão na pele foi observada no pernil em relação a menores densidades ($>0,6\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo). Porém, pouco foi o efeito significativo exercido entre a alta densidade e o nível de lesões nas carcaças e na qualidade da carne suína (NANNI COSTA et al., 1999).

Outra interação reportada na literatura relaciona densidade e estação do ano, na qual maiores probabilidades de lesões foram atreladas a maiores densidades ($0,25\text{m}^2/100\text{kg}$ de peso vivo) no inverno. Porém, ao dobrar o espaço disponível ($0,3$ a $0,6\text{m}^2/100\text{kg}$), diminui-se o risco de danos à carcaça em aproximadamente dez vezes ($31,1$ a $3,4\%$), enquanto que no verão maiores densidades foram relacionadas à uma menor probabilidade de lesão na carcaça, a qual pode aumentar com mais espaço disponível para os animais nos compartimentos do veículo (GUÀRDIA et al., 2009).

Existem poucos estudos que abordam o efeito da densidade no transporte de suínos no Brasil, cujo tema apresenta uma grande relevância, considerando as condições microclimáticas do ambiente e os extensos percursos entre as unidades produtivas e os estabelecimentos processadores. Ao compilar dados de transporte de 60 fazendas e três abatedouros frigoríficos na região sul do país, Dalla Costa et al. (2019) observaram um efeito negativo do aumento da densidade na probabilidade de fraturas de membros posteriores, de modo que esse risco aumenta aproximadamente quatro vezes a cada suíno alojado por m^2 na carroceria do veículo quando considerada uma densidade inicial de $0,43\text{m}^2/\text{suíno}$ ou 283kg de peso vivo/ m^2 . Em um outro estudo, efetuado na região centro-oeste do Brasil, ao avaliar três densidades ($0,49$, $0,43$ e $0,38\text{m}^2/\text{suíno}$ de 110kg) durante o transporte de suínos, houve relato de maiores valores médios de lesões e maiores concentrações de indicadores sanguíneos de estresse sob menor densidade, com a provável justificativa de uma maior instabilidade durante o trajeto por haver mais espaço disponível para os animais (PEREIRA, 2014).

2.3.3. Descanso pré-abate

O período de descanso pré-abate compreende uma etapa regulamentar e de tempo definido (Portaria 711, 1995) a qual consiste em proporcionar aos animais uma oportunidade para se recuperarem do estresse da viagem e do descarregamento e regenerarem as fontes metabólicas (FAUCITANO, 2001; FORTIN, 2002; GUÀRDIA et al., 2005, 2009; HOFFMAN; FISHER, 2010). Há vários estudos que pesquisam a influência do tempo permanecido nas pocilgas do abatedouro previamente ao abate em relação ao comportamento (GEVERINK et al., 1996), ao nível de lesões (GEVERINK et al., 1996; SANTOS et al., 1997; FORTIN, 2002; NANNI COSTA et al., 2002; GUÀRDIA et al., 2009; DOKMANOVIĆ et al., 2014; ČOBANOVIĆ et al., 2016a, 2016b; DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020), aos constituintes sanguíneos (GISPERT et al., 2000; EDWARDS et al., 2011; DOKMANOVIĆ et al., 2014; DALLA COSTA et al., 2019a) e à qualidade da carne (SANTOS et al., 1997; GISPERT et al., 2000; NANNI COSTA et al., 2002; FORTIN, 2002; GUÀRDIA et al., 2004, 2005; VAN DE PERRE et al., 2010; GAJANA et al., 2013; DOKMANOVIĆ et al., 2014; ČOBANOVIĆ et al., 2016a, 2016b; DALLA COSTA et al., 2019; DRIESSEN; BEIRENDONCK; BUYSE, 2020b), o qual pode influenciar no bem-estar animal e na qualidade da carcaça e da carne suína. Essas informações estão sintetizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Influências da duração e densidade no transporte e do descanso pré-abate na qualidade da carne e no nível de lesões a nível mundial.

Autor	País	Influência no aumento (↑) ou diminuição (↓) da ocorrência em função das variáveis		
		Carne PSE	Carne DFD	Nº Lesões
Driessen, Beirendonck & Buyse (2020a)	Bélgica	-	-	↑ (↑descanso pré-abate)
Dalla Costa et al. (2018)	Brasil	descanso pré-abate não significativo	descanso pré-abate não significativo	↑ (↑descanso pré-abate)
Čobanović et al. (2016a)	Sérvia	↑ (↑densidade transporte)	↑ (↓densidade no transporte) ↑ (↑descanso pré-abate)	↑ (↓densidade no transporte) ↑ (↑descanso pré-abate)
Dokmanović et al. (2014)	Sérvia	↑ (↓descanso pré-abate)	-	↑ (↑descanso pré-abate)
Pereira (2014)	Brasil	Densidade no transporte não significativa	-	↑ (↓e↑ densidade no transporte)

Pilcher et al. (2011)	USA	-	-	-
Guàrdia et al. (2009)	Espanha	↑ (↑n° lesões)	↑ (↑n° lesões)	↑ (↑descanso pré-abate)
Guàrdia et al. (2005)	Espanha	-	↑ (↓densidade no transporte) ↑ (↓duração do transporte) e ↑ (↑descanso pré-abate)	-
Guàrdia et al. (2004)	Espanha	↑ (↓duração do transporte) ↑ (↓densidade no transporte) ↑ (↑descanso pré-abate)	-	-
Fortin (2002)	Canadá	↓ (↑duração transporte no verão) ↓ (↑duração transporte no inverno) descanso pré-abate não significativo no verão ↓ (↑descanso pré-abate no-inverno)	↑ (↑duração do transporte)	-
Nanni Costa et al. (2002)	Itália	↓ (↑descanso pré-abate)	↑ (↑descanso pré-abate)	↑ (↑descanso pré-abate)
Santos et al. (1997)	Portugal	↑ (↓descanso pré-abate)	↑ (↑descanso pré-abate)	duração transporte e descanso pré-abate não significativos

O nível de lesões tende a aumentar de acordo com o tempo despendido nas pocilgas do abatedouro (GEVERINK et al., 1996; FRAQUEZA et al., 1998; NANNI COSTA et al., 2002; WARRISS, 2003; WEEKS, 2008; GUÀRDIA et al., 2009; DOKMANOVIĆ et al., 2014; ČOBANOVIĆ

et al., 2016b), embora possa não apresentar influência (PANELLA-RIERA et al., 2012). De acordo com a literatura, o tempo suficiente para proporcionar o devido repouso e recuperação do estresse corresponde a um período compreendido entre duas a quatro horas (SANTOS et al., 1997; GISPERT et al., 2000; FORTIN, 2002; NANNI COSTA et al., 2002; GUÀRDIA et al., 2005, 2009; ZHEN et al., 2013; DOKMANOVIĆ et al., 2014), entretanto, tal período deve ser reduzido ao mínimo quando em climas quentes a fim de reduzir os níveis de estresse (SANTOS et al., 1997; FRAQUEZA et al., 1998) uma vez que a estação do ano e a duração do transporte contribuem com a extensão da resposta dos indivíduos durante o descanso pré-abate (FORTIN, 2002; HOFFMAN; FISHER, 2010). Por outro lado, na literatura brasileira, períodos de descanso de 1,3 e 6h durante o verão não influenciaram significativamente no nível de lesões ocasionadas por briga, enquanto que no inverno melhores resultados foram obtidos durante uma menor permanência nas pocilgas de abate (DALLA COSTA et al., 2019a).

Embora existam resultados contraditórios na literatura, o descanso pré-abate é considerado uma etapa de baixo a médio risco ao bem-estar dos animais e à qualidade da carne, o qual pode propiciar curtas situações de estresse, porém intensas aos suínos. A elevação de parâmetros fisiológicos, como a concentração de marcadores sanguíneos de estresse e a frequência cardíaca, podem evidenciar tais condições (HARTUNG; NOWAK; SPRINGORUM, 2009). Outro relevante fator para a influência do período de descanso na qualidade da carne consiste na densidade animal (LAMMENS et al., 2007), na temperatura da água aspergida nas baias do abatedouro frigorífico, podendo contribuir com maiores níveis de estresse aos suínos (VAN DE PERRE et al., 2010) e no maior risco de obter carne DFD conforme o prolongamento do referido período (WARRISS, 2003; GUÀRDIA et al., 2005; ČOBANOVIĆ et al., 2016b), o qual pode suprimir aspectos benéficos proporcionados em prévias etapas pré-abate (NANNI COSTA et al., 2002). Ainda, maiores incidências de carne PSE podem ser observadas após curtos períodos de descanso pré-abate (WARRISS, 2003; DOKMANOVIĆ et al., 2014). Por outro lado, atributos de qualidade da carne não foram alterados significativamente pela duração do descanso, considerando um intervalo entre 0 (abate dos animais 15 minutos após o desembarque) e 24 horas, com exceção do pH aferido 24 horas *post mortem* (SALMI et al., 2012).

A condução dos animais das baias de descanso para a insensibilização pode comprometer os benefícios proporcionados pelo período de descanso pré-abate à qualidade da carne (WARRISS, 2003; RABASTE et al., 2007; VAN DE PERRE et al., 2010), o qual deve ser

efetuado com cautela pela equipe do abatedouro-frigorífico (LAMMENS et al., 2007; HOFFMAN; FISHER, 2010), uma vez que um manejo com poucas interferências pode contribuir para a estabilização do nível de lesões (PANELLA-RIERA et al., 2012) e reduzir os impactos negativos na qualidade da carne (HOFFMAN; FISHER, 2010) pelo fato de ser menos estressante (WARRISS, 2003). Do mesmo modo, um manejo agressivo pode atrelar-se a maiores níveis de lesões (FRAQUEZA et al., 1998; RABASTE et al., 2007); elevadas concentrações de marcadores sanguíneos de estresse e contribuir negativamente para a qualidade da carne (DOKMANOVIĆ et al., 2014).

Fatores relacionados ao manejo proporcionado nas granjas e a mistura de animais de diferentes baias durante as etapas pré-abate apresentam influência no comportamento (DE JONG et al., 2000; WARRISS, 2003; BARTON GADE, 2008b, 2008a) e no nível de lesões na pele de suínos durante o descanso pré-abate, embora grupos de animais socializados desde a granja possam apresentar também interações negativas (BARTON GADE, 2008a). O estilo de criação nas unidades produtivas pode propiciar aos animais diferentes formas de reagir aos estímulos no abatedouro, apresentando distintos níveis de agressividade entre os animais, os quais podem comprometer o período de efetivo descanso dos mesmos, conforme observado mediante comparações entre os animais de sistemas de produção alternativos e convencional (DE JONG et al., 2000; BARTON GADE, 2008b, 2008a). Ainda que não sejam recomendadas as práticas de misturas de animais, torna-se difícil sua exequibilidade sob condições comerciais (WARRISS, 2003).

Ainda, há evidências do efeito da extensão do período de descanso em relação à duração do transporte e à estação do ano. Suínos submetidos a um menor período de descanso (3h) apresentaram níveis de cortisol superiores aos animais descansados por um período superior (6h) quando submetidos a um transporte de seis horas de duração em comparação a um transporte cujo tempo decorrido correspondeu à metade do primeiro, indicando maiores níveis de estresse. Tais dados indicam que animais submetidos a períodos de transporte mais prolongados demandam consequentemente maiores intervalos de descanso para o abate. Do mesmo modo, animais submetidos a períodos de seis horas de descanso no verão apresentaram maiores concentrações de cortisol em relação aos animais que permaneceram por três horas enquanto que no inverno, outono e primavera o contrário foi observado, sugerindo maiores níveis de estresse em um descanso mais curto (3h) (NEWMAN et al., 2014).

Além do nível de estresse, a mortalidade dos suínos nas baias do abatedouro pode também ser influenciada pelas condições climáticas, com base nas estações do ano, a qual apresenta maior risco nos meses mais quentes, no verão, enquanto que em meses com temperaturas mais amenas, menores riscos são observados. Igualmente, as condições oferecidas pelos estabelecimentos para proporcionar trocas de calor durante o descanso pré-abate podem influenciar no risco de morte dos animais, ocasionado pela interação entre a densidade e os recursos disponíveis para a climatização do ambiente, estes associados à estrutura e aos equipamentos utilizados (VITALI et al., 2014). Deve-se considerar que o período de descanso pode exceder 24 horas nas práticas comerciais, propiciando, inclusive, perdas econômicas pela redução do rendimento da carcaça (WARRISS, 2003). As condições microclimáticas podem alterar também as frequências de lesões na pele de suínos, reduzindo suas incidências nas partes da carcaça conforme o aumento da temperatura ambiente de 20 para 35°C, justificado por um menor comportamento de monta entre os animais e um maior distanciamento entre os mesmos (FRAQUEZA et al., 1998).

A densidade empregada nas baias de descanso do abatedouro frigorífico não deve ser avaliada isoladamente para considerar seu efeito no bem-estar animal. Do mesmo modo que menores densidades propiciam uma maior chance de brigas entre animais desconhecidos, oferecem maiores oportunidades para a fuga de animais submissos de brigas iniciadas pelos dominantes e fornecem espaço suficiente para todos os suínos deitarem e, assim, descansarem. Contrariamente, baixas densidades associadas a baias ventiladas e com pouca radiação solar podem provocar estresse pelo frio nos suínos, à medida que elevadas densidades podem proporcionar potencializado estresse pelo calor sob altas temperaturas associadas a elevadas taxas de umidade relativa do ar. Ainda, o tamanho do lote alojado e a conformação estrutural da baia influenciam também na incidência de interações negativas (WEEKS, 2008).

A otimização das condições ambientais a fim de amenizar o estresse pelo calor podem ser empregadas por meio de diversas técnicas (NIENABER; HAHN, 2007). Melhor ventilação e mais espaço entre os animais devem ser oferecidos sob temperaturas ambientais elevadas para melhorar a circulação de ar e otimizar as trocas de gases poluentes (WEEKS, 2008) e de calor corporal dos suínos com o piso pelo método condutivo, respectivamente, pela maior expressão do comportamento de deitar (WARRISS, 2003). Além disso, maiores taxas de ventilação são requeridas para a remoção do calor e da umidade excessivos no ambiente,

especialmente em climas quentes (WEEKS, 2008). Do mesmo modo, a aspersão de água nas baias de descanso sob temperaturas superiores a 10°C podem oferecer também benefícios aos suínos em relação à melhora da sensação térmica, com devida atenção à umidade relativa do ar, de modo a não elevá-la a níveis que possam dificultar as trocas de calor pela evaporação (WARRISS, 2003), compreendidos em valores acima de 80% (SILVA, 1999). A observação do comportamento dos animais frente ao emprego de tais recursos permite uma avaliação do bem-estar dos mesmos (WEEKS, 2008).

Embora ainda pouco estudado, o enriquecimento ambiental durante o descanso pré-abate pode reduzir a incidência de brigas entre os suínos, através do fornecimento de brinquedos como cordas e bolas, além de reduzir as concentrações de marcadores sanguíneos de estresse, como o cortisol e o lactato, sendo, assim, uma interessante alternativa a ser melhor investigada (PEETERS; GEERS, 2006).

2.4. Enriquecimento ambiental

Há uma crescente demanda global pela inclusão de políticas de bem-estar animal e sustentabilidade nas missões de empresas alimentícias, principalmente do segmento animal, das quais se espera um manejo humanizado e sistemas de produção com alto nível de bem-estar através de aprofundamentos da base científica do enriquecimento ambiental e, assim, da disseminação de conteúdo e capacitação de envolvidos (VAN DE WEEERD; ISON, 2019). Os incentivos exercidos pelas organizações não governamentais agregam também uma maior participação das empresas em tais políticas, firmando iniciativas que promovam e sustentem o bem-estar animal (HSI, 2019), além das pressões exercidas pelos consumidores.

Diferentes recursos podem ser implementados para melhorar as condições de bem-estar animal por meio do enriquecimento ambiental. Este pode ser empregado tanto dentro das instalações de produção quanto fora, pela acessibilidade dos animais a áreas externas às baias, configurando os sistemas alternativos. A implementação dos mesmos poderá ser direcionada pelos recursos disponíveis, uma vez que nessa segunda o custo de investimento é maior (KLONT et al., 2001). O termo “enriquecimento ambiental” pode ser utilizado para designar qualquer ferramenta que foi adicionada a um sistema de confinamento (VAN DE WEEERD; ISON, 2019). Porém, para uma definição mais apropriada, tal termo deve ser associado a melhores condições de saúde, aumento do tempo de vida reprodutivo ou aumento da aptidão dos animais decorrente de modificações ambientais (NEWBERRY, 1995).

Na União Europeia, a qual corresponde a segunda maior participação mundial na produção de carne suína (ABPA, 2020), os suínos estão amparados legalmente para o acesso ao enriquecimento ambiental, o qual deve ser disponibilizado a todos os animais e a todas as fases produtivas (EC 120, 2008 – Pig Directive), embora, na prática, apresente falhas por parte dos produtores (VAN DE WEERD; ISON, 2019). Na China, a maior potência mundial produtora de carne suína (ABPA, 2020), há pouco desenvolvimento e embasamento legal na área de bem-estar, a qual apresenta maiores investimentos em segurança dos alimentos (VAN DE WEERD; ISON, 2019), enquanto que nos Estados Unidos, terceiro maior produtor (ABPA, 2020), a ciência do bem-estar encontra-se em desenvolvimento e algumas normas estaduais contemplam restrições no ciclo produtivo, mas ainda não abordam o bem-estar durante a recria. Finalmente, no Brasil já há diretrizes legais que especifiquem e dimensionem as práticas de bem-estar e determinem o uso do enriquecimento ambiental nas granjas comerciais de suínos (IN 113, 2020). Ainda, iniciativas privadas demonstram a preocupação e o interesse em atender as novas demandas globais de consumo, uma vez que o Brasil apresenta destaque mundial como quarto maior produtor (ABPA, 2020).

O enriquecimento ambiental pode propiciar benefícios aos suínos em relação ao bem-estar (KLONT et al., 2001; MKWANAZI et al., 2019), comportamento (VAN DE WEERD et al., 2003), índices produtivos (VANHEUKELOM et al., 2011) e rendimento de carcaça (BEATTIE; O'CONNELL; MOSS, 2000) embora também haja relatos de não influenciar em ganhos significativos econômicos e/ou de bem-estar animal (HILL et al., 1998; SCOTT et al., 2006; VAN DE WEERD; DAY, 2009; CHOU et al., 2019). Entretanto, poucos estudos abordaram o efeito do enriquecimento durante as etapas pré-abate, as quais merecem destaque devido a sua importante influência no nível de lesões, conforme previamente exposto. Peeters & Geers (2006) reportaram menor incidência de lesões na região da paleta em suínos que obtiveram acesso a bolas preenchidas com milho e brinquedos de borracha durante o transporte e descanso pré-abate em comparação aos que não tiveram acesso a algum tipo de enriquecimento ambiental (28,9, 31,1 e 51,1%, respectivamente). Além disso, o fornecimento de bolas proporcionou menores alterações nos constituintes sanguíneos relacionados ao estresse e um menor declínio de pH *post mortem*.

Ainda, há estudos que avaliam o efeito do enriquecimento ambiental nas unidades produtivas a fim de investigar os reflexos comportamentais e fisiológicos durante a produção (HILL et al., 1998; BEATTIE et al., 2000; BEATTIE; O'CONNELL; MOSS, 2000; MELOTTI et al.,

2011; TÖNEPÖHL et al., 2012; CHOU et al., 2019) e nas etapas pré-abate, de modo a averiguar se há benefícios nas referidas etapas (DE JONG et al., 2000; FOURY et al., 2011), considerando, também o efeito na qualidade da carne (HILL et al., 1998; BEATTIE; O'CONNELL; MOSS, 2000; KLONT et al., 2001). Dados indicam de que o enriquecimento ambiental reduz a agressividade dos animais quando comparados às condições normais de criação intensiva e propicia uma maior facilidade para lidar com situações desconhecidas devido ao maior contato com objetos novos (MELOTTI et al., 2011; TÖNEPÖHL et al., 2012). Entretanto, dependendo da fase produtiva, o enriquecimento pode apresentar efeitos negativos, influenciando em uma maior agressividade nos leitões, quantitativa e qualitativamente, quando empregado na fase de pré-desmame (MELOTTI et al., 2011).

Suíños criados com enriquecimento ambiental demonstram menores elevações na concentração de cortisol durante as etapas de manejo, transporte e descanso pré-abate em relação a suínos criados sob o método convencional (GEVERINK et al., 1999; KLONT et al., 2001). Do mesmo modo, podem apresentar menores expressões de comportamentos agressivos previamente ao transporte e durante o descanso pré-abate bem como permanecer deitados por mais tempo durante o transporte mediante a mistura de animais dos dois tipos de criação, enquanto que suínos sem acesso ao enriquecimento demonstram maiores interações táteis entre indivíduos no transporte e maiores índices de brigas nas baias do abatedouro (DE JONG et al., 2000). Todavia, o enriquecimento pode não propiciar benefícios significativos no comportamento dos animais durante o transporte - quando mantidos separados os grupos das diferentes criações - e na qualidade da carne, como pode ocasionar animais mais resistentes para a condução ao veículo nas granjas devido a uma provável familiaridade com o acesso a ambientes externos às baias, prolongando o tempo de manejo (GEVERINK et al., 1999).

Os achados de Beattie, O'Connell e Moss (2000) corroboram os apontamentos efetuados a respeito do maior tempo investido em interações entre indivíduos por animais que não são submetidos a algum substrato de enriquecimento ambiental e a uma maior inatividade dos mesmos nas baias (BEATTIE et al., 2000). Suínos criados com enriquecimento ambiental investem mais de 25% do seu tempo em explorações do mesmo e demonstram menos agressividade (BEATTIE; O'CONNELL; MOSS, 2000) e menor comportamento relacionado a medo frente a situações agudas de estresse (BEATTIE et al., 2000), melhorando, assim, suas condições de bem-estar. O nível de lesões pode igualmente sofrer influências pelo

comportamento dos animais referentes aos diferentes sistemas de criação, de modo que suínos criados sob o método convencional apresentam maiores índices de lesões na pele em comparação aos que tiveram acesso a áreas externas às baias de produção (FOURY et al., 2011).

Embora existam evidências dos benefícios proporcionados pelo enriquecimento ambiental, na prática, o emprego de tais ferramentas pode não ser tão simples de conduzir devido a determinados fatores (VAN DE WEERD; ISON, 2019), tais como a manutenção da limpeza e higiene bem como os custos de implementação e manutenção, estes associados a maiores investimentos de produção; as características do enriquecimento que será utilizado, bem como a sua apresentação e sua localização (CHOU et al., 2019). Animais que foram expostos a prolongados períodos de enriquecimento ambiental demonstram uma maior sensibilidade na redução deste em relação a animais que foram expostos a menores períodos (DOUGLAS et al., 2012), tornando, assim, importante a sua devida manutenção quando implementado. Desse modo, recursos alternativos para o enriquecimento ambiental devem ser avaliados de forma integrada, considerando os impactos ambientais, o bem-estar animal, os custos, as técnicas e a gestão dos novos sistemas (VAN DE WEERD; DAY, 2009; CHOU et al., 2019).

2.5. Perdas pré-abate e medidas mitigadoras

Conforme demonstrado, o período pré-abate compreende uma complexa e importante etapa no bem-estar dos suínos, o qual está sujeito a perdas devido aos processos envolvidos, tanto qualitativas quanto quantitativas (ADZITEY, 2011; DOS REIS et al., 2015; FAUCITANO, 2018). As perdas decorrentes do transporte são representadas por animais mortos no desembarque (DOA) e por animais que possuem incapacidade de se locomoverem devido a injúrias (NAI) ou outras causas associadas, como o estresse, por exemplo (NANI) (PILCHER et al., 2011). Em relação às perdas qualitativas, a qualidade da carne pode ser comprometida pelas condições do manejo, transporte e descanso pré-abate, ocasionando também prejuízos econômicos (GUÀRDIA et al., 2009; ZHEN et al., 2013; ČOBANOVIĆ et al., 2016a). As perdas quantitativas podem englobar a mortalidade no transporte; suínos fadigados, incapacitados de se locomoverem no desembarque; as condenações de carcaças efetuadas nas linhas de abate decorrentes de traumas e lesões ocorridos nas referidas etapas e a diminuição no rendimento de carcaça (ADZITEY, 2011; DIESEL, 2016).

Vários são os estudos que abordam as perdas referentes a diversas etapas do processo pré-abate, considerando também a interação entre as mesmas (HALEY et al., 2008; SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009; JOHNSON et al., 2010; GESING et al., 2011; PILCHER et al., 2011; GARCIA-DIEZ; COELHO, 2014; VITALI et al., 2014; DIESEL, 2016; MACHADO et al., 2016), das quais destaca-se extrema importância para a cadeia econômica da carne suína, uma vez que determinadas condutas podem acarretar em efeitos deletérios irreversíveis na carcaça e na qualidade da carne (FAUCITANO, 2018; DALLA COSTA et al., 2019b). Dentre as causas envolvidas, pode-se destacar a genética dos animais, a nutrição, o manejo sanitário, o tempo de jejum pré-abate, a condução e o agrupamento dos animais, as instalações – tanto da granja quanto do abatedouro –, as condições climáticas, a densidade no transporte, o modelo do veículo; a distância, a duração e as condições de direção do transporte e os procedimentos de embarque e desembarque (JOHNSON et al., 2010; FAUCITANO; GOUMON, 2018). O prejuízo referente a tais causas pode ser distribuído entre os produtores e o abatedouro ou, inclusive, entre os transportadores, quando esses fazem parte de sistemas de integração (FAUCITANO, 2018).

Poucos são os estudos que abordam as perdas referentes ao transporte e as demais etapas pré-abate no Brasil. Ao avaliar as perdas decorrentes na região sul do país, considerando um total aproximado de 38.000 animais e três abatedouros frigoríficos, foi observado que 0,66% das perdas são provenientes do transporte e 0,20%, do abatedouro, considerando o número de animais DOA, NAI e NANI. Os animais NAI e NANI configuraram as principais causas de perdas em ambas as etapas, totalizando 0,76% (0,39 e 0,37%, respectivamente), seguidos dos animais recebidos mortos (0,09%). Das carcaças desviadas ao departamento de inspeção final do serviço de inspeção federal (10,04%), 1,58% foi devido a hematomas e 5,39%, a fraturas, das quais houve condenação parcial (3,9 e 12,69%, respectivamente) e condenação total (1,56 e 7,79%, respectivamente (DALLA COSTA et al., 2019b). Ainda, contemplando transportes de 37.962 suínos em três estados representativos na suinocultura brasileira pertencentes à região sul e centro-oeste (Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul), foram registrados 0,66% de perdas embasadas em animais DOA (0,08%), NAI (0,21%) e NANI (0,37%). Destaca-se também a correlação positiva obtida entre a incidência de animais NAI e NANI com as carcaças condenadas por fraturas pela inspeção *post mortem* (DIESEL, 2016).

Ao considerar as perdas referentes às distâncias do transporte (67 a 716km) de aproximadamente 68.600 animais a um abatedouro na região centro-oeste do Brasil, foi constatado que os prejuízos podem alcançar até 12% da perda de peso vivo (0 a 13,42kg), justificados pelo estresse ambiental ocasionado aos suínos, pelo aumento da distância percorrida, de modo que as maiores perdas provieram dos trajetos mais extensos, os quais apresentaram também maiores velocidades médias de deslocamento. O tempo de jejum pré-abate, avaliado juntamente com a duração do transporte, conferiu reduções de peso vivo a partir de nove horas (~2,24kg) cujo valor praticamente dobrou em um período de 15 horas (~4,24kg). Nesse estudo, foi contabilizada uma perda de 196,16t de peso vivo, representando um valor proporcional mensal de 39,23t e anual de 470,78t (MACHADO et al., 2016). Similarmente, na mesma região do país, ao considerar transportes de 8.000 animais a cinco abatedouros distintos, prejuízos decorrentes das etapas pré-abate corresponderam a 3,08t de peso vivo por mês, ou 36,96t por ano (DOS REIS et al., 2015).

Os dados de Gosálvez et al. (2006) corroboram os achados de maiores perdas no transporte frente à maiores distâncias de percurso avaliados a um abatedouro na Espanha, os quais calcularam uma perda de 1,36kg de peso vivo por suíno em distâncias superiores a 100km, enquanto que em percursos inferiores a 50km, essa perda foi reduzida para 1,06kg por suíno. Uma possível justificativa provém da interação entre a estação do ano e a distância do transporte bem como de perdas por processos excretórios. Por outro lado, no mesmo estudo, a distância não demonstrou influência nas perdas nas carcaças, ocasionadas por toaletes e condenações, assim como no estudo de Garcia-Diez e Coelho (2014) a estação do ano, o ano de estudo e a certificação ou não de condutor habilitado para transporte de animais também não influenciaram as perdas nas carcaças de 161.001 suínos avaliados em Portugal, caracterizadas pelas operações *post-mortem*. Ainda, em estudo retrospectivo na Itália com aproximadamente 3.677.000 suínos, foi evidenciado um maior risco de taxa mortalidade no transporte à medida que a duração é estendida, aumentando a taxa de 0,77 sob viagens com duração inferior a uma hora para 3,09 sob viagens de três a quatro horas, correspondendo a percentuais de 0,02 e 0,1%, respectivamente (VITALI et al., 2014).

Em um estudo nos Estados Unidos, cujo objetivo foi avaliar a influência do número de animais alojados nas baias da granja na resposta ao estresse e no percentual de perdas durante o transporte, não foi detectado efeito pelo tamanho do grupo de animais (pequeno e grande, sendo 36 e 324 animais por baia, respectivamente, ambos submetidos às mesmas

condições de densidade animal) no número de animais recebidos mortos e incapacitados de se locomoverem na chegada ao abatedouro (GESING et al., 2011). Em contrapartida, a mistura prévia de animais no dia do carregamento associada a um maior número de animais alojados nas baias da unidade produtiva apresentou uma redução de 0.66% nas perdas totais durante o transporte, contemplando os animais fadigados, injuriados e recebidos mortos no abatedouro (JOHNSON et al., 2010), além de reduzir os sinais indicativos de estresse, do qual não foi possível estabelecer um efeito isolado de ambas as variáveis, sustentando a necessidade de mais pesquisas referentes ao assunto.

(SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009), após efetuarem um estudo durante o período de um ano referente ao transporte de, aproximadamente, 2.750.000 suínos a uma planta de abate nos Estados Unidos, não detectaram o mesmo impacto no bem-estar dos suínos nas etapas pré-abate pelas condições microclimáticas, duração do transporte, tempo de espera para o desembarque no abatedouro e a mistura dos gêneros dos animais em relação ao percentual de animais NANI e DOA. Porém, um maior percentual de DOA foi observada com o aumento da temperatura, equivalente a valores aproximados de 0,21% ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) e 0,26% ($\geq 25^{\circ}\text{C}$) vs. 0,13% ($< 0^{\circ}\text{C}$) e 0,17% (10°C). Na compilação de dados de três transportadoras efetuados no Canadá durante um período de três meses, no transporte de 21.834 suínos, também foi constatado uma elevação na mortalidade conforme o aumento da temperatura interna do veículo. A taxa média de mortalidade triplica seu valor com o aumento da faixa de temperatura de 8,6 a 23,3°C para a faixa de 23,4 a 26,1°C, embora as perdas (0,12% DOA) tenham envolvido somente 6% dos produtores contemplados no estudo, o equivalente a 26 suínos mortos provenientes de 21 dos 371 produtores (HALEY et al., 2008).

Dados similares foram obtidos por Pilcher et al. (2011), os quais registraram um percentual médio de perdas decorrentes do transporte – considerando DOA, NANI e NAI – de 0,24%, do qual não houve efeito pela duração nem pela densidade do transporte, embora tais variáveis tenham influenciado no total de animais NANI e NAI. Por meio de achados, conclui-se que transportes de curta duração, inferior ou igual a 40 minutos, proporciona uma maior incidência de sinais indicativos de estresse e um maior percentual de perdas em relação aos de três horas, aproximadamente.

Ao considerar o percentual total de perdas no transporte, Ritter e colaboradores obtiveram valores de 1,08% e 1,5% em dois anos consecutivos (2006 e 2007), valores esses superiores aos dados registrados nos estudos conduzidos por Pilcher et al. (2011) e Haley et

al. (2008), representados por 0,24 e 0,12%, respectivamente. Por outro lado, seus valores são mais condizentes com os resultados de Dalla Costa et al. (2019b), cuja perda total foi de 0,92%. Através compilação de diversos estudos efetuados nos Estados Unidos, documentou-se uma média de 0,69% de perdas totais (RITTER et al., 2009). Na mesma síntese de dados, percentuais totais de perdas no transporte em diversos países foram reportados, variando de 0,02 a 0,12% na Dinamarca; 0,07 a 0,08% na França; 0,10 a 0,50% na Alemanha; 0,15 a 0,52% na Holanda; 0,05 a 0,27 no Reino Unido; 0,30% na Bélgica e 0,13% na Suécia (RITTER et al., 2009), conforme ilustrado na Tabela 3. Em relação ao percentual de animais DOA, Vitali et al. (2014) e Kephart, Harper e Raines (2010) obtiveram valores consideravelmente baixos, atingindo 0,03 e 0,06%, respectivamente, e Garcia-Diez & Coelho (2014) e Dalla Costa et al. (2019) reportaram 0,09%, enquanto que Gosálvez et al. (2006) relataram uma maior mortalidade (0,99%) dos 90.336 suínos envolvidos na pesquisa.

Tabela 3 – Percentual de perdas totais no transporte de suínos, considerando animais mortos (DOA); incapacitados de locomoção, injuriados (NAI) e incapacitados de locomoção, não injuriados (NANI) a nível mundial.

Autor	País	Percentual de perdas totais decorrentes do transporte
Dalla Costa et al., 2019	Brasil	0,92%
Diesel, 2016	Brasil	0,66%
Garcia-Diez & Coelho, 2014	Portugal	0,09%*
Pilcher et al., 2011	EUA	0,24%
Ritter et al., 2009	EUA	0,69%
	Alemanha	0,10 a 0,50%
	Bélgica	0,30%
	Dinamarca	0,02 a 0,12%
	França	0,07 a 0,08%
	Holanda	0,15 a 0,52%
	Reino Unido	0,05 a 0,27%
	Suécia	0,13%
Haley et al., 2008	Canadá	0,12%
Ritter et al., 2007	EUA	1,50%
Ritter et al., 2006	EUA	1,08%

* percentual referente a animais DOA.

Devido à inexistência de recomendações e normatizações referentes às perdas decorrentes do transporte no Brasil, um controle insuficiente pode ser efetuado em tais operações pelos envolvidos. Embora diversas pesquisas apontem baixas incidências de perdas totais nas operações pré-abate em diversos países, conforme exposto, devida atenção deve ser dada uma vez que essas consideráveis pequenas perdas representam expressivos impactos econômicos (RITTER et al., 2009; DOS REIS et al., 2015; DIESEL, 2016). Outro fator de relevância consiste nas insatisfatórias condições de bem-estar oferecidas aos suínos em condições atuais de transporte de longa duração em situações extremas de temperatura (VOSLAROVA et al., 2017). Estimam-se prejuízos aproximados para a indústria de 46 milhões de dólares nos Estados Unidos (RITTER et al., 2009) e 11 milhões de dólares no Brasil (DIESEL, 2016) por ano. No Canadá, o condutor do veículo pode ser autuado caso no trajeto estejam envolvidos 3 a 4 suínos mortos em sua carga. A penalização pode ser estimada em 24 mil reais (FAUCITANO; GOUMON, 2018). Através da redução das perdas, consequentes melhorias no bem-estar dos animais e maiores ganhos para a cadeia da carne suína são proporcionados (GARCIA et al., 2019). Desse modo, trata-se de uma responsabilidade compartilhada entre produtores, transportadores ou motoristas autônomos e abatedouros frigoríficos (DIESEL, 2016).

Diversas medidas podem ser implementadas em distintos pontos da cadeia industrial suína a fim de reduzir as perdas, tais como o devido uso de cama, ajustado às necessidades dos suínos de acordo com as condições climáticas (estações do ano); ventilação, tanto pela gestão das aberturas de entrada de ar na carroceria para permitir um fluxo de ar desejado como pela ativação de ventilação mecânica; sistemas de nebulização e aspersão, os quais podem ser combinados com a ventilação mecânica para otimizar as trocas de calor, bem como a adequação da disponibilidade de espaço no veículo durante o transporte (VITALI et al., 2014; RIOJA-LANG et al., 2019). As melhorias nas instalações da granja (JOHNSON et al., 2010), o planejamento das operações de transporte (GOSÁLVEZ et al., 2006), a redução do tempo de viagem (RITTER et al., 2006, 2007), o treinamento da equipe responsável pelo manejo de animais e condutores de veículos (FAUCITANO, 2018; DALLA COSTA et al., 2019b), a compulsoriedade de certificação e habilitação de veículos e condutores (GARCIA-DIEZ; COELHO, 2014), o jejum alimentar dos animais precedente ao transporte (AVERÓS et al., 2008), um controle ambiental das condições de descanso pré-abate, etapa essa que participa da recuperação do estresse pelos animais de momentos prévios (FAUCITANO, 2018), inclusive

a disponibilização de enriquecimento ambiental durante a mesma bem como o transporte (PEETERS; GEERS, 2006), podem conferir também um menor percentual de perdas.

Referências

- AASLYNG, M. D.; BRANDT, P.; BLAABJERG, L. Assessment and Incidence of Skin Damage in Slaughter Pigs. n. August, p. 18–21, 2013.
- ABCS. Bem-estar animal na produção de suínos: Transporte. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/-01_Cartilha2_bloq.pdf>. Acesso em 29 jul. 2019.
- ABPA. Relatório anual: 2020. Disponível em: <http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf>. Acesso em 15 de ago. 2020.
- ADZITEY, F. Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *International Food Research Journal*, v. 18, n. 2, p. 485–491, 2011.
- ARDUINI, A. et al. Relationship between deck level, body surface temperature and carcass damages in Italian heavy pigs after short journeys at different unloading environmental conditions. *Animals*, v. 7, n. 2, p. 0–8, 2017.
- AVERÓS, X. et al. Factors affecting the mortality of pigs being transported to slaughter. *Veterinary Record*, v. 163, n. 13, p. 386–390, 2008.
- BARTON GADE, P.A.; WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; LAMBOOIJ, B. Methods of improving pig welfare and quality by reducing stress and discomfort before slaughter. In *Proc EU Seminar: New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling, transport and lairage conditions*. Germany, v. 166, p. 23-34, 1996.
- BARTON GADE, P. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of outdoor and conventionally raised pigs. *Animal*, v. 2, n. 6, p. 902–911, 2008a.
- BARTON GADE, P. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of free range and conventionally raised pigs. *Animal*, v. 2, n. 8, p. 1238–1246, 2008b.
- BEATTIE, V. E. et al. Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Animal Science*, v. 70, n. 3, p. 443–450, 2000.
- BEATTIE, V. E.; O’CONNELL, N. E.; MOSS, B. W. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science*, v. 65, n. 1–2, p. 71–79, 2000.
- BOLHUIS, J. E. et al. Behavioural development of pigs with different coping characteristics in barren and substrate-enriched housing conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 93, n. 3–4, p. 213–228, 2005.
- BOTTACINI, M. et al. Skin lesion monitoring at slaughter on heavy pigs (170 kg): Welfare indicators and ham defects. *PLoS ONE*, v. 13, n. 11, p. 1–16, 2018.
- BOZZO, G. et al. Pilot study of the relationship between deck level and journey duration on plasma cortisol, epinephrine and norepinephrine levels in Italian heavy pigs. *Animals*, v. 10, n. 9, p. 1–13, 2020.
- 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. 1–19, 2019.
- BRACKE, M. et al. Review of climate control and space allowance during transport of pigs.

- Review of climate control and space allowance, EURCAW-Pigs, v. 1, 2020.
- BRAMBELL, F.W.R. Report of the Technical Committee of Enquiry into the Welfare of Livestock Kept under Intensive Conditions; HMSO: London, UK, 1965.
- BRANDT, P. et al. Development of an index for the assessment of welfare of finishing pigs from farm to slaughter based on expert opinion. *Livestock Science*, v. 198, n. February, p. 65–71, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.008>>.
- BRANDT, P.; AASLYNG, M. D. Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review. *Meat Science*, v. 103, p. 13–23, 2015.
- BROOM, D.M. Welfare assessment and problem areas during handling and transport. *Livestock Handling*, 2nd edition, ed. T. Grandin, p. 43-61, Wallingford: C.A.B.I., 2000.
- BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Animal welfare: concept and related issues – Review. *Archives of Veterinary Science*, 9, 2, 1-11, 2004.
- BROOM, D.M. Animal welfare education: development ad prospects. *Journal of Veterinary Medical Education*. Toronto, v. 32, n.4, p. 438-441, 2005.
- BROOM, D. M. Cognitive ability and awareness in domestic animals and decisions about obligations to animals. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 126, n. 1–2, p. 1–11, 2010.
- CARROLL, G. A. et al. Effects of scalding and dehairing of pig carcasses at abattoirs on the visibility of welfare-related lesions. *Animal*, v. 10, n. 3, p. 460–467, 2015.
- CARROLL, G. A. et al. What can carcass-based assessments tell us about the lifetime welfare status of pigs? *Livestock Science*, v. 214, n. April, p. 98–105, 2018.
- CASTRO, A. C. De. Comportamento e desempenho sexual de suínos reprodutores criados em ambientes enriquecidos. p. 153, 2016.
- CERVANTES, M. et al. Effect of feed intake level on the body temperature of pigs exposed to heat stress conditions. *Journal of Thermal Biology*, v. 76, n. May, p. 1–7, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.010>>.
- CHOU, J. Y. et al. Use of different wood types as environmental enrichment to manage tail biting in docked pigs in a commercial fully-slatted system. *Livestock Science*, v. 213, n. April, p. 19–27, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.004>>.
- CHOU, J. Y. et al. Rearing undocked pigs on fully slatted floors using multiple types and variations of enrichment. *Animals*, v. 9, n. 4, p. 1–17, 2019.
- CHRISTENSEN, L.; BLAABJERG, L.; HARTUNG, J. Investigation of pig transports for more than 8 hours in cold and warm weather conditions and of the requirements for ventilation during the transport. n. July, 2007.
- CHRISTENSEN, L.; JONSSON, K. Optimization of transport conditions in relation to transport mortality. n. April, p. 1–32, 2007.
- CHULAYO, A. Y.; MUCHENJE, V. A balanced perspective on animal welfare for improved meat and meat products. *South African Journal of Animal Sciences*, v. 45, n. 5, p. 452–469, 2015.
- ČOBANOVIĆ, N. et al. Effects of various pre-slaughter conditions on pig carcasses and meat quality in a low-input slaughter facility. *South African Journal of Animal Sciences*, v. 46, n. 4, p. 380–390, 2016a.
- ČOBANOVIĆ, N. et al. The influence of pre-mortem conditions on pale, Soft and Exudative (PSE) and Dark firm and dry (DFD) pork meat. *Acta Veterinaria*, v. 66, n. 2, p. 172–186, 2016b.
- ČOBANOVIĆ, N. et al. The interactive effects of transportation and lairage time on welfare indicators, carcass and meat quality traits in slaughter pigs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 85, n. 1, 2017.

- CORNALÉ, P. et al. 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*, v. 10, n. 6, p. 569–576, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jveb.2015.05.002>>.
- CORREA, J. A. et al. Effects of different moving devices at loading on stress response and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science*, v. 88, n. 12, p. 4086–4093, 2010.
- CORREA, J. A. Effect of farm handling and transport on physiological response, losses and meat quality of commercial pigs. *Adv. Pork. Prod.*, v. 22, p. 249–256, 2011.
- CORREA, J. A. et al. Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for two hours using two vehicle types during two seasons of the year. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 93, n. 1, p. 43–55, 2013.
- COSTA, O. A. D. et al. Efeito Do Jejum Na Granja E Condições De Transporte Sobre O Comportamento Dos Suínos De Abate Nas Baías De Descanso E Lesões Na Pele. *Ciência Animal Brasileira*, v. 10, n. 1, p. 48–58, 2009.
- DA SILVA TAVARES, S. L. et al. Influência da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho e os Parâmetros Fisiológicos de Suínos Machos Castrados dos 30 aos 60 kg 1. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 1, p. 199–205, 2000.
- DALLA COSTA, F. A. et al. Effects of applying preslaughter feed withdrawal at the abattoir on behaviour, blood parameters and meat quality in pigs. *Meat Science*, v. 119, p. 89–94, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.033>>.
- DALLA COSTA, F. A. et al. How do season, on-farm fasting interval and lairage period affect swine welfare, carcass and meat quality traits? *International Journal of Biometeorology*, v. 63, n. 11, p. 1497–1505, 2019a.
- DALLA COSTA, F. A.; LOPES, L. S.; DALLA COSTA, O. A. Effects of the truck suspension system on animal welfare, carcass and meat quality traits in pigs. *Animals*, v. 7, n. 1, p. 4–6, 2017.
- DALLA COSTA, O. A. et al. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. *Livestock Science*, v. 107, n. 1, p. 29–36, 2007a.
- DALLA COSTA, O. A. et al. Modelo de carroceria e seu impacto sobre o bem-estar e a qualidade da carne dos suínos. *Ciência Rural*, v. 37, n. 5, p. 1418–1422, 2007b.
- DALLA COSTA, O. A. et al. Risk factors associated with pig pre-slaughtering losses. *Meat Science*, v. 155, n. November 2018, p. 61–68, 2019b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.020>>.
- DALMAU, A. et al. Application of the Welfare Quality® protocol in pig slaughterhouses of five countries. *Livestock Science*, v. 193, n. September, p. 78–87, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.10.001>>.
- DE JONG, I. C. et al. Effects of rearing conditions on behavioural and physiological responses of pigs to preslaughter handling and mixing at transport. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 80, n. 3, p. 451–458, 2000.
- DECRETO Nº 9013. Dispõe sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitário de produtos de origem animal. *Diário Oficial [da] República Federativa, Brasília, DF*, 30 de março de 2017.
- DIESEL, T. A. Quantitativas E Econômicas Ocorridas No Manejo Pré-Abate De Suínos Manejo Pré-Abate De Suínos. 2016.
- DOKMANOVIC, M. et al. Correlations among stress parameters, meat and carcass quality parameters in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 28, n. 3, p. 435–441, 2015.

- DOKMANOVIĆ, M. 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.
- DOS REIS, J. G. M. et al. Financial losses in pork supply chain: A study of the pre-slaughter handling impacts. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 1, p. 163–170, 2015.
- DOUGLAS, C. et al. Environmental enrichment induces optimistic cognitive biases in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 139, n. 1–2, p. 65–73, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.018>>.
- DRIESSEN, B.; BEIRENDONCK, S. Van; BUYSE, J. Effects of housing, short distance transport and lairage on meat quality of finisher pigs. *Animals*, v. 10, n. 5, p. 1–18, 2020.
- DRIESSEN, B.; VAN BEIRENDONCK, S.; BUYSE, J. Effects of transport and lairage on the skin damage of pig carcasses. *Animals*, v. 10, n. 4, p. 1–15, 2020.
- DUKES, H. H. *Fisiologia dos animais domésticos*. 12. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- DUNCAN I.J.H., DAWKINS M.S. The Problem of Assessing “Well-Being” and “Suffering” in Farm Animals. In: Smidt D. (eds) *Indicators Relevant to Farm Animal Welfare. Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, vol 23., Springer, Dordrecht, 1983.
- DUNCAN, I. J. H.; FRASER, D. Understanding animal welfare. In: APPLEBY, M. C.; HUGHES, B. O. *Animal welfare*. London: Ed. Cab International, p. 19-31, 1997.
- DUNCAN, I. J. H. Science-based assessment of animal welfare: Farm animals. *OIE Revue Scientifique et Technique*, v. 24, n. 2, p. 483–492, 2005.
- DURÁN, E. et al. Development of edible environmental enrichment objects for weaned pigs. *Journal of Veterinary Behavior*, v. 34, p. 7–12, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.06.010>>.
- EC. Council Regulation no. 1 of 22 December 2005 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) no. 1255/97. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32005R0001:EN:HTML>>. Acesso em 02 ago. 2020.
- EC. Council Directive no. 120 of 18 December 2008 on the minimum standards for the protection of pigs confined for rearing and fattening. Disponível em <[https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:047:0005:0013:EN:PDF#:~:text=This%20Directive%20lays%20down%20the,confined%20for%20rearing%20and%20fattening.&text=\(b\)%20the%20total%20unobstructed%20floor,and%202%2C25%20m%20r](https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:047:0005:0013:EN:PDF#:~:text=This%20Directive%20lays%20down%20the,confined%20for%20rearing%20and%20fattening.&text=(b)%20the%20total%20unobstructed%20floor,and%202%2C25%20m%20r)>. Acesso em 15 ago. 2020.
- EDWARDS, L. N. et al. The effects of distance traveled during loading, lairage time prior to slaughter, and distance traveled to the stunning area on blood lactate concentration of pigs in a commercial packing plant. *Professional Animal Scientist*, v. 27, n. 5, p. 485–491, 2011. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30523-4](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30523-4)>.
- EMBRAPA. *Animais. Árvore do Conhecimento: suínos*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em < Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Animais >. Acesso em: 06 de mar de 2021.
- FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. *Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare*. DEFRA; London, UK, 1993.
- FAUCITANO, L. et al. The effect of two handling and slaughter systems on skin damage, meat acidification and colour in pigs. *Meat Science*, v. 50, n. 1, p. 13–19, 1998.
- FAUCITANO, L. Causes of skin damage to pig carcasses. *Canadian Journal of Animal Science*,

- v. 81, n. 1, p. 39–45, 2001.
- FAUCITANO, L. Effets des conditions d'attente à l'abattoir et d'abattage sur le bien-être animal et la qualité de la viande chez le porc. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 90, n. 4, p. 461–469, 2010.
- FAUCITANO, L. Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. *Journal of Animal Science*, v. 96, n. 2, p. 728–738, 2018.
- FAUCITANO, L. et al. Application of extended feed withdrawal time preslaughter and its effects on animal welfare and carcass and meat quality of enriched-housed pigs. *Meat Science*, v. 167, n. April, p. 108163, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108163>>.
- FAUCITANO, L.; GOUMON, S. Transport of pigs to slaughter and associated handling. [s.l.: s.n.]
- FITZGERALD, R. F. et al. Factors associated with fatigued, injured, and dead pig frequency during transport and lairage at a commercial abattoir. *Journal of Animal Science*, v. 87, n. 3, p. 1156–1166, 2009.
- FORTIN, A. The effect of transport time from the assembly yard to the abattoir and resting time at the abattoir on pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 82, n. 2, p. 141–150, 2002.
- FOURY, A. et al. Alternative rearing systems in pigs: Consequences on stress indicators at slaughter and meat quality. *Animal*, v. 5, n. 10, p. 1620–1625, 2011.
- FOX, J. et al. Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 1. Effects on pig behaviour, gastrointestinal tract temperature and trailer micro-climate. *Livestock Science*, v. 160, n. 1, p. 113–123, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.019>>.
- FRAQUEZA, M. J. et al. Effects of lairage temperature and holding time on pig behaviour and on carcass and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 60, n. 4, p. 317–330, 1998.
- FRASER, D.; DUNCAN, I. J. H. "Pleasures", "pains" and animal welfare: Toward a natural history of affect. *Animal Welfare*, v. 7, n. 4, p. 383–396, 1998.
- Fraser, D. Animal behaviour, animal welfare and scientific study of affect. *Applied Animal Behaviour Science*, 118(3-4), 108-117, 2009.
- GADE, P. B. et al. Causes of pre-slaughter mortality in Danish slaughter pigs with special emphasis on transport. *Animal Welfare*, v. 16, n. 4, p. 459–470, 2007.
- GADE, P. B.; CHRISTENSEN, L. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. *Meat Science*, v. 48, n. 3–4, p. 237–247, 1998.
- GAJANA, C. S. et al. Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. *Meat Science*, v. 95, n. 3, p. 520–525, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.028>>.
- GARCÍA-CELDRÁN, M. et al. Reduction of transport-induced stress on finishing pigs by increasing lairage time at the slaughter house. *Journal of Swine Health and Production*, v. 20, n. 3, p. 118–122, 2012.
- GARCIA-DIEZ, J.; COELHO, A. C. Causes and factors related to pig carcass condemnation. *Veterinarni Medicina*, v. 59, n. 4, p. 194–201, 2014.
- GARCIA, A.; MCGLONE, J. J. Loading and unloading finishing pigs: Effects of bedding types, ramp angle, and bedding moisture. *Animals*, v. 5, n. 1, p. 13–26, 2015.
- GARCIA, A.; JOHNSON, A.K.; RITTER, M. J.; CALVO-LORENZO, M.S.; MCGLONE, J.J. Transport of market pigs: improvements in welfare and economics. *Livestock Handling and Transport*, 5th edition, ed. T. Grandin, p. 328–346, 2019.

- GARCIA, D. B. et al. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. *Livestock Environment VIII - Proceedings of the 8th International Symposium*, n. January 2008, p. 644–650, 2008.
- GEBRESENBET, G. et al. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. *Biosystems Engineering*, v. 110, n. 1, p. 10–19, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.05.007>>.
- GERRITZEN, M. A. et al. The effect of reduced loading density on pig welfare during long distance transport. *Animal*, v. 7, n. 11, p. 1849–1857, 2013.
- GESING, L. M. et al. Effects of grow-finish group size on stress responses at loading and unloading and the effect on transport losses from market-weight pigs. *Professional Animal Scientist*, v. 27, n. 5, p. 477–484, 2011. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30522-2](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30522-2)>.
- GEVERINK, N. A. et al. Observations on behaviour and skin damage of slaughter pigs and treatment during lairage. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 50, n. 1, p. 1–13, 1996.
- GEVERINK, N. A. et al. Influence of housing conditions on responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for meat quality. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 79, n. 3, p. 285–291, 1999.
- GISPERT, M. et al. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. *Meat Science*, v. 55, n. 1, p. 97–106, 2000.
- GOSÁLVEZ, L. F. et al. Influence of season, distance and mixed loads on the physical and carcass integrity of pigs transported to slaughter. *Meat Science*, v. 73, n. 4, p. 553–558, 2006.
- GOUMON, S. et al. Effects of transport duration on maintenance behavior, heart rate and gastrointestinal tract temperature of market-weight pigs in 2 seasons. *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 10, p. 4925–4935, 2013.
- GRANDIN, T. On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Science*, v. 132, n. May, p. 52–58, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>>.
- GUÀRDIA, M. D. et al. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*, v. 67, n. 3, p. 471–478, 2004.
- GUÀRDIA, M. D. et al. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Science*, v. 70, n. 4, p. 709–716, 2005.
- GUÀRDIA, M. D. et al. Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science*, v. 81, n. 4, p. 745–751, 2009.
- GUISE, H. J.; PENNY, R. H. C. Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs 2. Mixing unfamiliar pigs. *Animal Production*, v. 49, n. 3, p. 517–521, 1989a.
- GUISE, H. J.; PENNY, R. H. C. Factors influencing the welfare and carcass and meat quality of pigs 1. The effects of stocking density in transport and the use of electric goads. *Animal Production*, v. 49, n. 3, p. 511–515, 1989b.
- HALEY, C. et al. Association between in-transit loss, internal trailer temperature, and distance traveled by Ontario market hogs. *Canadian Journal of Veterinary Research*, v. 72, n. 5, p. 385–389, 2008.
- HARMON, J. D. et al. EVALUATION OF CONDITIONS DURING. v. 33, n. 6, p. 901–912, 2017.
- HARTUNG, J.; NOWAK, B.; SPRINGORUM, A. C. Animal welfare and meat quality. [s.l.] Woodhead Publishing Limited, 2009.

- HILL, J. D. et al. Environmental enrichment influences on pig behavior, performance and meat quality. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 57, n. 1–2, p. 51–68, 1998.
- HOFFMAN, L. C.; FISHER, P. Comparison of the effects of different transport conditions and lairage times in a Mediterranean climate in South Africa on the meat quality of commercially crossbred Large white x Landrace pigs. *Journal of the South African Veterinary Association*, v. 81, n. 4, p. 225–227, 2010.
- HSI. Humane Society International. Notícias. Disponível em <<https://www.hsi.org/news-media/premier-pet-cage-free-egg-pr/?lang=pt-br>>. Acesso em 15 ago. 2020.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 56. Estabelece os procedimentos gerais de recomendações de boas práticas de bem-estar para animais de produção e de interesse econômico – REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 07 de novembro de 2008, Seção 1.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 113. Estabelece as boas práticas de manejo e bem-estar animal nas granjas de suínos de criação comercial. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 de dezembro de 2020, Seção 1.
- ITP. Notation des hématomes sur couenne: porcs vivant ou carcasse. Institut Technique du Porc, Rennes, France, 1996.
- JAMA, N. et al. Effect of sex and time to slaughter (transportation and lairage duration) on the levels of cortisol, creatine kinase and subsequent relationship with pork quality. *Meat Science*, v. 116, p. 43–49, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.001>>.
- JOHNSON, A. K. et al. Effects of Facility System Design on the Stress Responses and Market Losses of Market Weight Pigs During Loading and Unloading¹. *Professional Animal Scientist*, v. 26, n. 1, p. 9–17, 2010. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30553-2](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30553-2)>.
- KEPHART, K. B.; HARPER, M. T.; RAINES, C. R. Observations of market pigs following transport to a packing plant. *Journal of Animal Science*, v. 88, n. 6, p. 2199–2203, 2010.
- KLONT, R. E. et al. Relationships between behavioral and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing conditions. *Journal of Animal Science*, v. 79, n. 11, p. 2835–2843, 2001.
- KO, H. L. et al. Pre-weaning socialization and environmental enrichment affect life-long response to regrouping in commercially-reared pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 229, n. May, p. 105044, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105044>>.
- LAMBOOY, E.; ENGEL, B. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: some aspects of loading density and ventilation. *Livestock Production Science*, v. 28, n. 2, p. 163–174, 1991.
- LAMMENS, V. et al. A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. *Meat Science*, v. 75, n. 3, p. 381–387, 2007.
- LENKAITIS, A. C. et al. Measurements of thermal microenvironment in a swine transport trailer. *Livestock Environment VIII - Proceedings of the 8th International Symposium*, n. 701, p. 605–615, 2008.
- LEWIS, C. R. G. et al. Use of a putative maternal pheromone during transport and the effect of trailer temperatures on pig losses and welfare. *Animal Production Science*, v. 50, n. 10, p. 916–924, 2010.

- LUDTKE, C. B. et al. S0103-84782012000300024. p. 532–537, 2012.
- LUDTKE, C. B. [UNESP]. Bem estar animal no transporte e a influência na qualidade da carne suína. Aleph, p. 68 f., 2008. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/106030>>.
- MACHADO, S. T. et al. Effect of transportation distance on weight losses in pigs from dehydration. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 6, p. 1229–1238, 2016.
- MACHADO, N.A.F. et al. Identification of trailer zones and associated heat stress in weaner pigs transported by road in tropical climates. *Journal of Thermal Biology*, In Press, 2021.
- MARCHANT-FORDE, J.N.; MARCHANT-FORDE, R.M. Welfare of pigs during transport and slaughter. The welfare of pigs, ed. J. N. Marchant-Forde, *Animal Welfare*, v. 7, p. 301–330.
- MCGLONE, J. et al. Temperature and relative humidity inside trailers during finishing pig loading and transport in cold and mild weather. *Animals*, v. 4, n. 4, p. 583–598, 2014a.
- MCGLONE, J. J. et al. Transport of market pigs: Improvements in welfare and economics. *Livestock Handling and Transport: Fourth Edition*, p. 298–314, 2014b.
- MELOTTI, L. et al. Coping personality type and environmental enrichment affect aggression at weaning in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 133, n. 3–4, p. 144–153, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.018>>.
- MLC. Rindside Damage Scale. Reference 2031M8/85. Milton Keynes, Meat and Livestock Commission, Bletchley, UK, 1985.
- MÓS, J. V. do N. et al. Thermal comfort of sows in free-range system in Brazilian Savanna. *Journal of Thermal Biology*, v. 88, n. November 2019, 2020.
- MOTA-ROJAS, D. et al. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science*, v. 73, n. 3, p. 404–412, 2006.
- MOURA ROCHA, L. Validation of stress indicators for the assessment of animal welfare and prediction of pork meat quality variation at commercial level. p. 2016, 2016. Disponível em: <<https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/26811/1/32300.pdf>>.
- NÄÄS, I.A. et al. Impact of global warming on beef cattle production cost in Brazil. *Scientia Agrícola*, v. 67, n. 1, p. 1-8, january/february, 2010.
- NANNI COSTA, L. et al. Influence of loading method and stocking density during transport on meat and dry-cured ham quality in pigs with different halothane genotypes. *Meat Science*, v. 51, n. 4, p. 391–399, 1999.
- NANNI COSTA, L. et al. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Science*, v. 61, n. 1, p. 41–47, 2002.
- NANNONI, E. et al. Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 2. Effects on selected exsanguination blood parameters and carcass and meat quality variation. *Livestock Science*, v. 160, n. 1, p. 124–131, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.022>>.
- NATIONAL PORK BOARD. Common swine industry audit. n. January, 2019. Disponível em: <<https://www.pork.org/production/tools/common-swine-industry-audit/common-swine-industry-audit-materials/>>.
- NEWBERRY, R. C. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 44, n. 2–4, p. 229–243, 1995.
- NEWMAN, D. et al. Effect of season, transport length, deck location, and lairage length on pork quality and blood cortisol concentrations of market hogs. *Animals*, v. 4, n. 4, p. 627–642, 2014.

- NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, v. 52, n. 2, p. 149–157, 2007.
- OCEPEK, M. et al. Maize silage as enrichment material improves the welfare of growing-finishing pigs in environmentally-friendly pens. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 230, n. November 2019, 2020.
- OIE. Código Sanitário de Animais Terrestres da OIE. Comissão Técnica Permanente de Bem-estar Animal. Disponível em < 7_2CapTerrestresTransportemartimo.pdf (www.gov.br)> 2019.
- ORLANDO, U. A. D. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em dietas para leitoas mantidas em ambiente de alta temperatura dos 60 aos 100 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 4 suppl, p. 1069–1075, 2007.
- PANELLA-RIERA, N. et al. Effect of feed deprivation and lairage time on carcass and meat quality traits on pigs under minimal stressful conditions. *Livestock Science*, v. 146, n. 1, p. 29–37, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.017>>.
- PEDEN, R. S. E. et al. The translation of animal welfare research into practice: The case of mixing aggression between pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 204, n. March, p. 1–9, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.03.003>>.
- PEETERS, E. et al. Effect of driver and driving style on the stress responses of pigs during a short journey by trailer. *Animal Welfare*, v. 17, n. 2, p. 189–196, 2008.
- PEETERS, E.; GEERS, R. Influence of provision of toys during transport and lairage on stress responses and meat quality of pigs. *Animal Science*, v. 82, n. 5, p. 591–595, 2006.
- PEREIRA, T. et al. 0092 Effects of ventilation and water misting on the physiological response of pigs kept in a stationary trailer before unloading. *Journal of Animal Science*, v. 94, n. suppl_5, p. 43–43, 2016.
- PEREIRA, T. L. Fluxo pré-abate de suínos no Estado de Mato Grosso e efeito da densidade no transporte e da classe sexual sobre o bem estar e a qualidade de carne Fluxo pré-abate de suínos no Estado de Mato Grosso e efeito da densidade no transporte e da classe sexual so. p. 98, 2014.
- PEREIRA, T. L. et al. Application of a ventilation fan-misting bank on pigs kept in a stationary trailer before unloading: Effects on trailer microclimate, and pig behaviour and physiological response. *Livestock Science*, v. 216, n. July, p. 67–74, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.07.013>>.
- PÉREZ, M. P. et al. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science*, v. 61, n. 4, p. 425–433, 2002.
- PERREMANS, S. et al. Effect of whole-body vibration in the vertical axis on cortisol and adrenocorticotrophic hormone levels in piglets. *Journal of Animal Science*, v. 79, n. 4, p. 975–981, 2001.
- PILCHER, C. M. et al. Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs. *Journal of Animal Science*, v. 89, n. 11, p. 3809–3818, 2011.
- PORTARIA N° 711. Aprova as normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. *Diário Oficial [da] República Federativa, Brasília, DF*, 03 de novembro de 1995.
- RABASTE, C. et al. 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*, v. 87, n. 1, p. 3–12, 2007.

- RANDALL, J. M. Human subjective response to lorry vibration: Implications for farm animal transport. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 52, n. C, p. 295–307, 1992.
- RESOLUÇÃO CONTRAN N° 791. Consolida as normas sobre o transporte de animais de produção, de interesse econômico, de esporte, de lazer ou de exposição. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 24 de junho de 2020, Seção 1.
- REY-SALGUEIRO, L. et al. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse. *Meat Science*, v. 142, n. April, p. 38–43, 2018a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.005>>.
- REY-SALGUEIRO, L. et al. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse. *Meat Science*, v. 142, p. 38–43, 2018b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.005>>.
- RIOJA-LANG, F. C. et al. A review of swine transportation research on priority welfare issues: A canadian perspective. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 6, n. FEB, p. 1–12, 2019.
- RITTER, M. J. et al. Effect of floor space during transport of market-weight pigs on the incidence of transport losses at the packing plant and the relationships between transport conditions and losses. *Journal of Animal Science*, v. 84, n. 10, p. 2856–2864, 2006.
- RITTER, M. J. et al. Effects of distance moved during loading and floor space on the trailer during transport on losses of market weight pigs on arrival at the packing plant. *Journal of Animal Science*, v. 85, n. 12, p. 3454–3461, 2007.
- RITTER, M. J. et al. Review: Transport Losses in Market Weight Pigs: I. A Review of Definitions, Incidence, and Economic Impact. *Professional Animal Scientist*, v. 25, n. 4, p. 404–414, 2009. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30735-X](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30735-X)>.
- SALMI, B. et al. Bayesian meta-analysis of the effect of fasting, transport and lairage times on four attributes of pork meat quality. *Meat Science*, v. 90, n. 3, p. 584–598, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.09.021>>.
- SANTOS, C. et al. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Science*, v. 45, n. 2, p. 253–262, 1997.
- SANTURTUN, E.; PHILLIPS, C. J. C. The impact of vehicle motion during transport on animal welfare. *Research in Veterinary Science*, v. 100, p. 303–308, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.03.018>>.
- SCAHAW. The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle). Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, European Commission, 130 p., 2002.
- SCHAEFER, A. L. et al. The effect of environment enrichment on aggression in newly weaned pigs. v. 27, n. 618, p. 41–52, 1990.
- SCHEEREN, M. B. et al. Effects of transport time and location within truck on skin bruises and meat quality of market weight pigs in two seasons. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 94, n. 1, p. 71–78, 2014.
- SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. et al. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science*, v. 92, n. 3, p. 227–243, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.010>>.
- SCOTT, K. et al. Influence of different types of environmental enrichment on the behaviour of finishing pigs in two different housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 99,

- n. 3–4, p. 222–229, 2006.
- SILVA, B. A. N. et al. Effects of dietary protein level and amino acid supplementation on performance of mixed-parity lactating sows in a tropical humid climate. *Journal of Animal Science*, v. 87, n. 12, p. 4003–4012, 2009.
- SOARES, C. A. Interferência da distância de transporte e do manejo pré-abate no frigorífico sobre as injúrias na carcaça e qualidade da carne suína. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2016.
- SOLEIMANI, B.; AHMADI, E. Measurement and analysis of truck vibration levels as a function of packages locations in truck bed and suspension. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 109, p. 141–147, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2014.09.009>>.
- STAJKOVIĆ, S. et al. Pre-slaughter stress and pork quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 85, n. 1, 2017.
- STEPHENS, D. B. et al. an Analysis of Some Behavioural Effects of the Vibration and Noise Components of Transport in Pigs. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, v. 70, n. 2, p. 211–217, 1985.
- SUTHERLAND, M. A.; MCDONALD, A.; MCGLONE, J. J. Effects of variations in the environment, length of journey and type of trailer on the mortality and morbidity of pigs being transported to slaughter. *Veterinary Record*, v. 165, n. 1, p. 13–18, 2009.
- THIAGO BERNARDINO DE CARVALHO. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Estudo da elasticidade-renda da demanda de carne bovina , suína e de frango no Brasil Thiago Bernardino de Carvalho Piracicaba Thiago Bernardino de Carvalho Piracicaba. p. 89, 2007.
- TÖNEPÖHL, B. et al. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs’ reactions to novelty, conspecifics and handling. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 140, n. 3–4, p. 137–145, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2012.05.002>>.
- TORREY, S. et al. Transportation of market-weight pigs: I. Effect of season, truck type, and location within truck on behavior with a two-hour transport. *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 6, p. 2863–2871, 2013.
- TURNER, S. P. et al. The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 96, n. 3–4, p. 245–259, 2006.
- VAN DE PERRE, V. et al. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. *Meat Science*, v. 86, n. 4, p. 931–937, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.07.019>>.
- VAN DE WEERD, H. A. et al. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 84, n. 2, p. 101–118, 2003.
- VAN DE WEERD, H. A. et al. The development of harmful social behaviour in pigs with intact tails and different enrichment backgrounds in two housing systems. *Animal Science*, v. 80, n. 3, p. 289–298, 2005.
- VAN DE WEERD, H. A.; DAY, J. E. L. 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 DE WEERD, H.; ISON, S. Providing effective environmental enrichment to pigs: how far have we come? *Animals*, v. 9, 254, 2019.
- VAN STAAVEREN, N. et al. The effect of mixing entire male pigs prior to transport to slaughter on behaviour, welfare and carcass lesions. *PLoS ONE*, v. 10, n. 4, p. 1–15, 2015.

- VANHEUKELOM, V. et al. Peat as environmental enrichment for piglets: The effect on behaviour, skin lesions and production results. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 134, n. 1–2, p. 42–47, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.applanim.2011.06.010>>.
- VECEREK, V. et al. The impact of the transport distance and season on losses of fattened pigs during transport to the slaughterhouse in the Czech Republic in the period from 1997 to 2004. *Veterinarni Medicina*, v. 51, n. 1, p. 21–28, 2006.
- VITALI, A. et al. Analysis of factors associated with mortality of heavy slaughter pigs during transport and lairage. *Journal of Animal Science*, v. 92, n. 11, p. 5134–5141, 2014.
- VOSLAROVA, E. et al. Transport losses in finisher pigs: Impact of transport distance and season of the year. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 30, n. 1, p. 119–124, 2017.
- WARRISS, P. D. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: A review. *Veterinary Record*, v. 142, n. 17, p. 449–454, 1998.
- WARRISS, P. D. et al. The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 2. Results from the analysis of blood and meat samples. *Meat Science*, v. 50, n. 4, p. 447–456, 1998.
- WARRISS, P. D. Optimal lairage times and conditions for slaughter pigs: A review. *Veterinary Record*, v. 153, n. 6, p. 170–176, 2003.
- WEBSTER, J. Animal welfare: Freedoms, dominions and “A life worth living”. *Animals*, v. 6, n. 6, p. 2–7, 2016.
- WEEKS, C. Stocking Rates , Ventilation and Noise. *Animal Welfare*, v. 17, n. October, p. 275–284, 2008.
- WELFARE QUALITY. Assessment Protocols for Cattle, Pigs and Poultry. Welfare Quality Consortium; Lelystad, The Netherlands, 2009.
- WESCHENFELDER, A. V. et al. Effects of trailer design on animal welfare parameters and carcass and meat quality of three Pietrain crosses being transported over a short distance. *Livestock Science*, v. 157, n. 1, p. 234–244, 2013a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.07.004>>.
- WESCHENFELDER, A. V. et al. Effects of trailer design on animal welfare parameters and carcass and meat quality of three Pietrain crosses being transported over a short distance. *Livestock Science*, v. 157, n. 1, p. 234–244, 2013b.
- WHAY, H.R.; LEEB, C.; MAINT, D.C.J.; GREEN, L.E.; WEBSTER, A.J.F. Preliminary assessment of finishing pig welfare using animal-based measurements. *Animal Welfare*, v. 16, p. 209–211, 2007.
- XIONG, Y.; GREEN, A.; GATES, R. S. Characteristics of trailer thermal environment during commercial swine transport managed under U.S. industry guidelines. *Animals*, v. 5, n. 2, p. 226–244, 2015.
- ZHEN, S. et al. Effects of lairage time on welfare indicators, energy metabolism and meat quality of pigs in Beijing. *Meat Science*, v. 93, n. 2, p. 287–291, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.008>>.
- ZURBRIGG, K. et al. Pig-level risk factors for in-transit losses in swine: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 97, n. 3, p. 339–346, 2017.

3. TRANSPORT UNDER TROPICAL CONDITIONS: CAUSES OF SKIN DAMAGE IN FINISHING PIGS

(Formatado para divulgação na revista *Livestock Science*)

RESUMO

O transporte é um relevante processo durante a vida do suíno devido ao seu impacto no bem-estar animal. Nas condições comerciais, diversos fatores variam entre as viagens, sendo, então, importante estabelecer a influência do transporte no nível de lesões na pele de suínos terminados, considerando o clima e a vibração. O escore de lesões na pele foi avaliado em 649 suínos terminados nas fazendas, antes do embarque, com uma escala de 5 pontos (0= nenhuma a 4= ≥ 16 lesões superficiais ou >10 lesões profundas), e no abatedouro, após o desembarque. Três distâncias no transporte foram avaliadas (curta, intermediária e longa), nas quais foram monitoradas as condições microclimáticas e de vibração dos compartimentos do veículo. Distâncias intermediárias evidenciaram maiores proporções do pior escore (4) na parte dianteira enquanto que distâncias longas apresentaram nas partes média e posterior. Distâncias curtas evidenciaram maiores proporções do pior escore na parte posterior. As temperaturas no interior do veículo encontraram-se acima do limite de conforto térmico para suínos, propiciando condições favoráveis ao estresse térmico. As vibrações foram superiores na direção lateral em comparação às direções vertical e longitudinal. O transporte sob condições tropicais afetou negativamente o escore de lesões na pele, indicando uma maior incidência de lesões no abatedouro em comparação às fazendas. As partes do corpo podem ser diferentemente afetadas pela distância considerando o escore de lesões.

Palavras-chave: Transporte; Suínos; Bem-estar animal; Lesões na pele

ABSTRACT

Transport is a relevant process during pigs' life because of its impact on animal welfare. Considering commercial conditions, many factors vary between journeys; therefore, it is important to establish the influence of transport distance on skin lesion score in finishing pigs, considering weather and vibrations conditions. Skin lesion score was assessed in 649 finishing pigs at the farms before loading, with a five-point scale (0= none to 4 ≥ 16 superficial lesions or > 10 deep lesions), and at the slaughterhouse, after unloading. Three transport distances were evaluated (short, intermediate and long), which microclimatic and vibrations conditions were monitored from vehicle's compartments. Intermediate distance showed higher proportions of worst score (4) at front part whereas long distance presented worst score at middle and hind-quarter. Short distance evidenced higher proportions of worst score at ears. Temperatures inside vehicle were above thermal comfort limit for pigs, providing a heat stress condition. Vibrations were higher in sideways directions compared to vertical and longitudinal. Transport under tropical conditions negatively affected skin lesion score, indicating a higher incidence of skin lesion at the slaughterhouse compared to the farms. Body parts can be differently affected by distance considering skin lesion scores.

Keywords: Transport; Pigs; Animal Welfare; Skin Lesions

3.1. Introduction

Transport is a common practice in pig productive cycle which can induce stress in animals, altering physiological parameters, behavioral response and contributing to animal losses and carcass and meat quality (FAUCITANO, 2018; FAUCITANO; GOUMON, 2018). It can occur in different phases of pig production and is the one of the pre-slaughter operations which deserves attention because of its detrimental relation to animal welfare caused by stress (STEPHENS et al., 1985). Many transport factors, such as distance and duration, microclimatic conditions, trailer design (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2012), stocking density (WARRISS et al., 1998; PILCHER et al., 2011) can compromise pig welfare and increase the total losses, like mortality and injured animals – ambulatory and non-ambulatory – rate (DALLA COSTA et al., 2019b).

Other factors in pig transportation are related to compromise its well-being, for example, the location inside the trailer, according to the compartments distribution (Barton Gade et al., 1996; dalla Costa et al., 2007) the mixing of unfamiliar animals at loading (DE JONG et al., 2000; BARTON GADE, 2008b, 2008a); the low wind velocity inside the trailer (DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020); the suspension (DALLA COSTA; LOPES; DALLA COSTA, 2017) and loading/unloading systems (FAUCITANO; GOUMON, 2018) of the vehicle and the vibration transmitted to animals through vehicle chassis and the floor during the journey (STEPHENS et al., 1985; GEBRESENBET et al., 2011).

Not only transport processes, but the farm of origin (GRANDIN, 2017; FAUCITANO, 2018) and the facilities at the slaughterhouse (LAMMENS et al., 2007) are involved in such issues, consisting in a multifactorial cause (BARTON GADE, 2008a). Also, people involved in animal handling, both farm and abattoir, and vehicle conduction are included in welfare concerns, once they directly participates in pre-slaughter phases which are correlated to the incidence of skin damage (DALLA COSTA et al., 2019b). Many studies evaluate the influence of transport aspects on the incidence of skin lesions in pigs (Barton Gade et al., 1996; Correa et al., 2013; Dalla Costa et al., 2017; Driessen et al., 2020; Mota-Rojas et al., 2006), once it can be used as an animal welfare indicator (CARROLL et al., 2015; BOTTACINI et al., 2018), indicating its importance in the swine industry.

Besides animal welfare concerns, economic losses affect producers, hauliers, industry (FAUCITANO, 2018) and retailers from the pork supply chain, caused mostly by transport processes (DOS REIS et al., 2015), representing an important issue. Those losses can be

attributed to skin damage and its depreciation (FAUCITANO, 2001), pigs that die during transport and the unable to move or stand at the slaughterhouse (RITTER et al., 2009). Furthermore, consumers profile has changed over time, which demands now more information about the chain supply of the products they buy and are willing to pay more for higher quality and healthier ones (Chulayo and Muchenje, 2015; Mkwanazi et al., 2019). Thus, animal welfare policies, sustainability and traceability are expected to compose the food industry practices, especially of the animal segment (Van de Weerd & Ison, 2019), indicating the need of more researches involving pre-slaughter conditions of livestock. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effect of transport distance and vibration under tropical conditions on the level of skin lesions in finishing pigs, with the hypothesis that transport distance and vibration levels increase proportionately the incidence of skin lesion in pigs.

3.2. Material and methods

3.2.1. Animals and housing

This observational study complies with ARRIVE guidelines. A total of 649 hybrid pigs, females and castrated males, with approximately 5 months and 110kg from genetics Agroceres PiC® were used, with the approval of the Ethics Committee on Animal Use (ESALQ/USP protocol number: 2019-24). Animals came from five different commercial farms, which were distributed into three distinct distances (groups) – short, intermediate and long – to the slaughterhouse (groups 1, 2 and 3, respectively). All pigs received the same protocol for management and feeding until finishing phase and were fasted from 12 hours before the scheduled loading. Water was provided *ad libitum* until loading. Transport trials occurred at summer, between February and March of 2020, under a variation between 03:10-06:00h of duration; 19.8-26.2°C of ambient temperature and 73-92% of relative humidity. Stocking density varied between 0.35-0.41m²/100kg of live weight (Table 1). Transport data from a third travel from group 1 farms were disregarded due to unexpected mechanical issues at the vehicle during the journey, which have expressively prolonged the time of travel.

Table 1. Distance, duration and stocking density conditions from commercial transports between farms groups of distances (1: short, 2: intermediate and 3: long) and slaughterhouse.

Farms		Distance (km)	Duration (h)	Stocking density at transport (m ² /100kg of living weight)	Number of pigs transported
Group 1 short distance	A	167	03:10	0.38	80
	A	167	03:25	0.40	80
Mean		167	03:17	0.39	80
Group 2 intermediate distance	B	200	04:20	0.39	80
	B	200	04:00	0.41	80
	B	200	04:30	0.40	80
Mean		200	04:16	0.40	80
Group 3 long distance	C	353	06:00	0.38	81
	D	340	05:35	0.35	84
	E	344	05:20	0.38	84
Mean		346	05:38	0.37	83

Considering the three different categories of distance, facilities diversified a little. The furthest farms presented pens with water blade (or shallow pool) and facilities located from intermediate distance presented concrete semi-slatted floor, while the closest ones had an entire concrete floor.

At the day before slaughter, 80 pigs (half of the load scheduled to transport) were randomly selected from pens and before the skin evaluation were marked with an individual tattoo number at the both sides of the hindquarter. Those numbers provided the identification of the animals from farm until abattoir, after slaughter. To assurance a better visibility of the lesions, animals were showed with a hose before the evaluation at the farms. Around 4 pm, pigs were handled with plastic nets to leave the pens, dividing them into smalls groups of 4-5 animals until loading facilities.

3.2.2. Loading and transport conditions

Once pigs left the pens, unfamiliar animals were mixed during loading and transport, and were distributed into 5 compartments per deck inside the trailer, holding 8 pigs each at an average stocking density of 261kg/m², totaling 160 animals per trip. As a common practice

in all farms, animals were showered with a hose right before departure. Journeys from the furthest farms had commercial agreements with a slightly larger number of animals, causing the transport of 162 and 168 animals, the latter twice (evaluation of 81 and 84 animals, respectively). Transports conducted animals from farms with similar double-decked trucks to a commercial slaughter plant with average distances of 157 km, 200km and 346km, corresponding the short, intermediate and long ones.

The trailers had metallic structures with open sides and grid cross slating floor, in aluminum. Ventilation was provided naturally during transport and animals allocated at the upper decks had a propylene net (Sombrite®) with 80% shading to prevent the direct insolation, which remained folded while not in use (Figure 1).

Figure 1. Vehicle model used in transport trials from farms to slaughterhouse during the experiment. The yellow arrow indicates the propylene net (Sombrite® 80%) folded.

3.2.3. Unloading and handling procedures at the slaughterhouse

Vehicles used to arrive at the slaughterhouse between 20:00 and 01:00. Pigs were showered with a pressured hose right after the arrival at the plant and unloaded as soon as possible through a metal ramp, with an adjustable slope and non-slip floor. Electric prods were used for animal conduction if necessary. At the arrival pens, animals were showered with water aspersion and a pressured hose in order to facilitate the second skin lesion evaluation, before weighting and splitting the group into the resting pens. All pens had a concrete floor and walls with stainless steel, drinking nipples in a proportion of 1 to 12 animals and sprinklers systems. Ventilation was naturally provided.

Slaughter operations were in accordance with the provisions of current legislation, considering the technological operations and animal welfare requirements (BRASIL, 2000, 1995). At the end of lairage, pigs were conducted to the stunning area with paddles and compressed air jets by the employees of the abattoir, which were continuously submitted to animal welfare training as a policy of self-control programs of the establishment. Animals were electrically stunned with a three-point electrode (forehead and heart, 400V, 1,2A, 6s, Sulmaq) inducing cardiac ventricular fibrillation at a restrainer before the exsanguination within 30 seconds.

3.2.4. Data collection

3.2.4.1. Skin lesion assessment

The left side of the animals were evaluated according to a five-point scale, from 0= none to 4= ≥ 16 superficial lesions or >10 deep lesions on the skin, adapted from literature (TURNER et al., 2006; MELOTTI et al., 2011; TÖNEPÖHL et al., 2012), Welfare Quality® Protocol (2009) and Castro (2016), as illustrated in Figure 2. Superficial lesions were defined as injuries that goes into the skin but does not completely penetrate it (scratches) and deep lesions as gashes or openings that completely penetrate the skin (open wounds), according to National Pork Board (2019). In order to standardize the assessment, each 5cm of a scratch or a bruise was accounted as 5 superficial lesions. Skin lesions from contact dermatitis, characterized by circular and focal structures, were not considered.

Figure 2. Lesion scoring scheme of pigs at the left side of the body, divided into 5 regions: (1) ear; (2) front, considering the head to back of shoulder; (3) middle, back of shoulder to hind-quarter; (4) hind-quarter and (5) limbs.

Skin lesion score were assessed at two different moments: before loading procedures, at the farm (A1), in order to disregard the previous effects of pre-slaughter operations, e.g., handling procedures of the farms, and immediately after unloading at the slaughterhouse (A2), to express the isolated effect of transport and its related processes, such as loading and unloading.

3.2.4.2. Microclimatic and vibration data record during transport

Weather characteristics, such as air temperature and relative humidity, were measured and recorded every 5min with data loggers (HOBO U12-012, Onset®). Sensors were set between compartments 1, 3, 5, 6, 8, and 10 from right and left sides about 5cm under the ceiling and covered with a meteorological shelter, totaling 6 sensors. Vibrations from three axes were also measured with data loggers (HOBO Pendant G, UA-004-64, Onset®), but recorded every 1min from 4 distinct locals of the trailer. Sensors were set under decks levels of compartments 1, 5, 6 and 10 (schematic presentation of the trailer is illustrated by Figure 3). To calculate the Root Mean Square (RMS), given by the vertical (RMS_x), sideways (RMS_y) and longitudinal (RMS_z) directions (m/s²) and, therefore, the Root Sum Square (RSS), providing

the three combined effects (m/s^2), the following formula was used, described by Griffin (1990) and used by Randall (1992) and Garcia et al. (2008):

$$RMS_j = \left(\frac{\sum_t a_j(t)^2}{N} \right)^{1/2} \quad (1)$$

$$RSS = (RMS_X^2 + RMS_Y^2 + RMS_Z^2)^{1/2} \quad (2)$$

where $a_j(t)$ is the instant acceleration in axle j (x , y or z) at time t ($t = 1, 2, 3, \dots, N$), which N represents the total number of observations done at each axle, observed at formula (1).

Figure 3. Illustration of the Left side of the truck's model used in all farms of the experiment. The same numeric identification was used to the right side.

3.2.4.3. Transport distance and duration

The distance was calculated using the difference between the final (abattoir) and initial (farm) mileage of the vehicle, while the duration was always monitored when leaving the farms until arriving at the slaughterhouse. The time spent at loading and unloading was not considered for the latter. Considering a commercial reality, transports from the same farm showed a variation in travel time, as observed in Table 1, due to traffic and complications related to the vehicle as well as drivers differed between farms' transports.

3.2.5. Statistical analysis

All the statistical analyses were performed in R Software, version 4.0.3. In order to analyze if the severity of skin lesions, assessed by the lesion scoring scheme (0 to 4), of each response variable, represented by the ears, front, middle, hind-quarters and limbs, were influenced by distance (short, intermediate and long) and treatment (farm or transport), the type-II analysis-of-variance for the cumulative logit models with proportional odds were used.

Firstly, distances and transport were tested to evaluate if it was an interaction effect. If no effect was observed between them (distances and transport), the main effect of each one was evaluated with the pairwise comparison tests using Tukey test. If interaction was observed between distance and treatment, the interaction was split for each main factor of the model. Secondly, the acceleration and density variables were tested with Kruskal-Wallis test, also known as H test. In the first case, it was tested whether was a difference between the average values of axles acceleration – or axles vibration – (RMSx, RMSy and RMSz) and overall ride values for each measured point (RSS) as a function of the position of the sensor inside the truck. In the latter, it was tested whether was a difference between the average density as a function of the three distances.

3.3. Results

3.3.1. Skin lesions

In this study, no interaction was observed between treatment (farm and slaughterhouse) and transport distance, subdivided into short, intermediate and long, on skin lesion score at ear, front, middle and hind-quarter parts of pigs' body, as presented in Table 2. However, a significant effect was observed on skin lesion score of limbs by the interaction between treatment and transport distance ($p < 0.001$). Thus, evaluating the isolated effect of treatment on parts that didn't present an interaction, based on A1 vs. A2 skin lesion score assessments, a significant effect was detected in ear ($p = 0.0041$), front ($p < 0.001$), middle ($p < 0.001$) and hind-quarter ($p < 0.001$), indicating a significant increase in proportion of pigs presenting skin lesions between the departure of farms and arrival at slaughterhouse. Isolated effects of transport distance were obtained in front ($p < 0.001$) in long distance and in middle ($p < 0.001$) and hindquarter ($p < 0.001$) at all three distances (data not shown).

An increase of skin lesion score proportions was observed to the scores 2, 3 and 4 in middle and hind-quarter at all three distances, while, no score 3 increases was observed in ear at intermediate and long distance and no score 4 increases was observed in all distances at the same body part. Also, no score 3 and 4 increases were detected in limbs at intermediate and long distances. In front part, score 3 remained with the same proportion at the slaughterhouse compared to the farm at intermediate distance. At short distance, middle and hind-quarter presented higher increases in scores 2 and 3 compared to the other distances as well as front part demonstrated higher increases in score 3. On the other hand, at long

distance, middle and hind-quarter showed greater proportion of score 4. Numerical decreases were observed to score 0 in all three distances, indicating a negative impact on the severity of skin lesions by the transport (Table 3). However, an unexpected pattern occurred to the front and limbs at short and long distance, respectively, which front part presented a decrease in score 4 and in limbs and an increase in score 0 (no lesions) was detected. Such incoherence may be explained by the difficulty to assess lesions proportioned by the animals' movement and the difficulty of removing dirt from the body, especially in limbs. Furthermore, animals from group 1 farm evidenced higher incidence of dirt encrusted in the body, expressing a major obstacle to the skin lesions assess compared to animals from the other farms.

Table 2. Statistical significance between body parts and interaction treatment vs. distance and its isolated effects from distance and treatment.

Body parts	Significance ¹		
	Interaction (distance x treatment)	Distance	Treatment
Ear	0.9248	0.6438	0.0041**
Front	0.9056	<0.001***	<0.001***
Middle	0.4554	<0.001***	<0.001***
Hind-quarter	0.9421	<0.001***	<0.001***
Limbs	0.0027**	<0.001***	0.0017**

¹Significance levels: *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001.

Table 3. Proportion (%) of skin lesion score assessed at the farms, before unloading (A1), and at the slaughterhouse, after unloading (A2), in five parts of the left side of the finishing pig's body (ear, front, middle, hind-quarter and limbs).

Skin lesion score assessment – Proportion of animals (%)										
Body parts	Lesion score	Group 1 - Short distance			Group 2 - Intermediate distance			Group 3 - Long distance		
		Farm (A1)	Slaughterhouse (A2)	Δ (A2 -A1)	Farm (A1)	Slaughterhouse (A2)	Δ (A2 -A1)	Farm (A1)	Slaughterhouse (A2)	Δ (A2 -A1)
Ear	0	57.78	53.33	-4.45	50.95	41.91	-9.04	51.27	42.64	-8.63
	1	32.22	32.22	0.00	46.19	54.29	8.10	47.72	51.27	3.55
	2	8.89	13.33	4.44	2.86	3.81	0.95	1.02	6.09	5.07
	3	0.69	2.78	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Front	0	8.89	4.44	-4.45	7.14	4.29	-2.85	14.72	10.66	-4.06
	1	55.56	41.11	-14.45	65.24	52.38	-12.86	68.53	59.90	-8.63
	2	31.11	42.22	11.11	20.95	32.86	11.91	14.72	21.83	7.11
	3	2.22	11.11	8.89	5.24	5.24	0.00	2.03	6.60	4.57
	4	2.22	1.11	-1.11	1.43	5.24	3.81	0.00	1.02	1.02
Middle	0	15.56	7.78	-7.78	7.14	2.38	-4.76	24.37	11.68	-12.69
	1	43.33	30.00	-13.33	70.95	60.95	-10.00	59.90	57.87	-2.03
	2	34.44	46.67	12.23	18.57	25.71	7.14	14.21	20.81	6.60
	3	5.56	13.33	7.77	2.86	8.10	5.24	1.52	5.58	4.06
	4	1.11	2.22	1.11	0.48	2.86	2.38	0.00	4.06	4.06
Hind-quarter	0	17.78	11.11	-6.67	22.86	10.00	-12.86	43.65	28.43	-15.22
	1	55.56	38.89	-16.67	68.57	67.14	-1.43	53.30	53.81	0.51
	2	18.89	36.67	17.78	6.67	16.67	10.00	3.05	12.69	9.64
	3	7.78	11.11	3.33	1.90	4.29	2.39	0.00	2.54	2.54
	4	0.00	2.22	2.22	0.00	1.90	1.90	0.00	2.54	2.54
Limbs	0	37.78	25.56	-12.22	64.29	45.71	-18.58	50.76	54.32	3.56
	1	37.78	38.89	1.11	34.29	50.48	16.19	47.72	43.66	-4.06
	2	21.11	30.00	8.89	1.43	3.81	2.38	1.52	1.52	0.00
	3	2.22	3.33	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	1.11	2.22	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.51

At short distance, the most affected body part, considering the worst score (4) increase after transport (A2), was hind-quarter (2.22%), followed by middle (1.11%) and limbs (1.11%). At intermediate distance, front was the most affected (3.81%) followed by middle (2.38%) and at long distance, the most affected was the middle (2.38%) part followed by hind-quarter (2.54%). Thus, regardless of the distance traveled, the middle part was more exposed to skin lesions than other body parts. Conversely, ear and limbs were the least affected parts at all distances, indicating less probability of skin damage during transport. Also, smaller decreases of score 0 were noted in front at intermediate (-2.85%) and long distance (-4.06%), showing less exposure to formation of skin injuries compared to ear, middle hind-quarter and limbs at short, intermediate and long distances. Finally, pigs from group 3 farms (long distance) evidenced better proportion of animals with no skin lesions (score 0) in front, middle, hind-quarter and limbs at A1 whereas smaller proportion of score 0 was detected in ear, front and middle from group 2 farms (intermediate distance) and hind-quarter and limbs from group 1 (short distance) at A1.

3.3.2. Microclimatic and vibration data from transport

Journeys from group 1, 2 and 3 lasted on average 198, 257 and 338 minutes, respectively, and were at an average distance from the abattoir of 167, 200 and 346km (Table 1). Considering microclimatic conditions of transport, temperature varied from 24.1 to 26.4°C and relative humidity (RH) from 76 to 87% in short distances; 19.8 to 24.7°C and 74 to 92% in intermediate distances and 20.4 to 25.3°C and 80 to 91% in long distances. In general, compartments in the lower deck (8 and 10) presented higher temperatures compared to the upper ones (1, 3 and 5) in all three distances. Compartment 6, also in lower deck presented higher temperature as well in short and long distance. In relation to RH, compartments 1 and 5 from short and intermediate distances demonstrated greater values compared to compartments 3, 6, 8 and 10, whereas compartments 1 and 10 from long distance presented the higher ones (Table 4). As a consequence of a commercial unviability to control stocking density during transport trials, an unexpected significant difference was observed between average stocking densities from transports of short and long distance ($p < 0.05$) and between intermediate and long distance ($p < 0.05$).

Farms from group 3 (long distance), that presented the highest density (average $0.37\text{m}^2/100\text{kg}$), showed a bigger increase proportion of worst skin lesion score (4) in front,

middle and hind-quarter in comparison with short distance and presented as well a bigger proportion of score 4 in middle, hind-quarter and limbs in relation to intermediate distance. Animals transported from intermediate distances, under the lowest average density (average $0.40\text{m}^2/100\text{kg}$), presented a smaller increase in score 3 and 4 compared to short and long distance, except for a higher incidence of score 4 in front compared to other distances and for higher incidence of score 3 in middle in relation to long distance and score 4 in the same body part in relation to short distance (average $0.39\text{ m}^2/100\text{kg}$).

Data from relative humidity data logger installed in compartment 6 and of vibration sensor installed in compartment 1 was unavailable to access, and so, disregarded (Table 4). The showering process to animals with a pressured hose at the departure of the vehicle at the farms and at the arrival of the slaughterhouse may have compromised the relative humidity sensor, even though all of them were protected with a plastic shelter to avoid getting wet. The issue occurred to the vibration data logger may have been caused by a malfunction problem.

Vibration in vehicle differed statistically ($p<0.05$) in sideways (left to right) direction (RMSy) in intermediate transport distance, considering the different RMS measured in axles directions (RMSx, RMSy and RMSz) and positions from compartments evaluated (1, 5, 6 and 10) from group 2 transports (data not shown). No effect from vibration levels (m.s^{-2}) from three axles in all four vehicle's compartments was observed in short and long distance ($p>0.05$). Similarly, compartments positions didn't present a significant effect on RMSx, RMSy, RMSz and RSS considering the three distances from the study ($p>0.05$). In other words, front and rear compartments of the vehicle, both upper and lower deck, show no significant difference in vibration felt by the animals under short, intermediate and long transport distances conditions.

Table 4. Microclimatic and vibration conditions from transports distances (short, intermediate and long) obtained from selected compartments (1, 3, 5, 6, 8 and 10 for microclimatic conditions and 1, 5, 6 and 10 for vibration conditions) in this experiment.

Distance	Compartments	Microclimatic conditions		Vibration conditions (m/s ²)			
		Mean Temperature (T°C)	Mean Relative humidity (UR%)	RMSx	RMSy	RMSz	RSS
short	1	26.2	85	1.31	10.22	1.99	10.49
	3	25.5	76				
	5	24.1	87	0.92	10.68	2.00	10.90
	6	25.5	-	0.89	10.61	2.02	10.84
	8	26.4	79				
	10	26.3	82	1.16	7.96	2.75	8.50
intermediate	1	23.1	88	-	-	-	-
	3	22.7	74				
	5	22.8	92	1.33	10.44	2.32	10.78
	6	19.8	-	0.80	10.86	1.68	11.02
	8	24.7	78				
	10	23.8	82	1.32	8.01	3.17	8.71
long	1	21.9	91	-	-	-	-
	3	22.7	73				
	5	20.4	81	1.14	10.31	1.78	10.53
	6	24.4	-	0.88	9.33	2.64	9.74
	8	23.3	80				
	10	25.3	83	1.94	9.25	4.37	10.41

Vibrations levels did not seem to be linear in relation to position in the truck. The lowest vibration values from vertical (RMSx) and sideways (RMSy) directions occurred in compartment 6 (0.89, 0.80 and 0.88m/s²) and 10 (7.96, 8.01 and 9.25m/s²) in all three distances, respectively, whilst the greater values for longitudinal vibration (RMSz) direction was observed at compartment 10 (2.75, 3.17 and 4.37m/s²). Sideways vibration levels presented higher values in compartment 6 in intermediate distance (10.86m/s²) and in compartment 5, in short (10.68 m/s²) and long distance (10.31m/s²). Such results indicate a smaller proportion of up and down and left to right movements in front lower deck and rear lower deck compartments, respectively, as well as greater proportions of fore and aft movements occurred in rear lower deck compartments of the vehicle. Also, higher proportions of sideways vibration movements may occur in front lower deck during intermediate

distances, while during short and long distances rear upper deck compartments may present greater values.

The overall ride value for each measured point (RSS) in truck exerted lower vibration values in pigs in compartment 10 during short (8.50m/s^2) and intermediate distance (8.71m/s^2), and in compartment 6 in long distance (9.74m/s^2). Conversely, higher values were obtained in compartment 6 during intermediate distance (11.02m/s^2) and in compartment 5 during short (10.90 m/s^2) and long distance (10.53m/s^2). In other words, worst vibrations conditions for pigs were detected in front lower deck in intermediate distance and in the rear upper deck in short and long distance. Left to right vibration values (RMSy) was more pronounced during all transport trials compared to up and down (RMSx) and fore and aft (RMSz) movements, indicating the main movement experienced by the pigs during transit.

3.4. Discussion

In this experiment, transport processes caused a negative impact on the incidence of skin lesion in pigs, also observed in other studies in Brazil (DALLA COSTA et al., 2007a; DALLA COSTA; LOPES; DALLA COSTA, 2017). Besides reports on negative effect in literature about the relation between greater distance of transport and mortality rate, live weight yield, animal welfare (GOSÁLVEZ et al., 2006; BARTON GADE, 2008b, 2008a) and between greater duration and injuries (MOTA-ROJAS et al., 2006; SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009), in this experiment higher increase proportions of elevated scores (3 and 4) were not linear according to distance and duration (Table 3). Considering proportions of scores 2, 3 and 4 observed at A1 and A2, worst skin conditions in general were detected in group 1 farms (short distance). Those findings corroborate the importance of assessment of skin lesions at slaughterhouses, since they can indicate animal welfare conditions applied to the production units and transport (GRANDIN, 2017; DALLA COSTA et al., 2019b).

Moreover, it is well known that transport is a stressful process to pigs (Bozzo et al., 2020; Gerritzen et al., 2013; McGlone et al., 2014; Nanni Costa et al., 1999; Warriss, 1998), that can compromise animal welfare according to several factors, of which transport distance and duration can be cited (PÉREZ et al., 2002; MOTA-ROJAS et al., 2006; BRANDT; AASLYNG, 2015; BOZZO et al., 2020), despite no effects from distance has been reported to the incidence of skin lesions in Belgian (DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020), Canadian (SCHEEREN et al., 2014) and Mexican studies (Becerril-Herrera et al., 2007), contrary to what was observed

in this study. Also, it is important to highlight that due to interaction between many factors involved in pre-slaughter operations, such as loading and unloading, microclimatic conditions, journey duration, stocking density, floor type of the vehicle, vibration and fasting (BRANDT; AASLYNG, 2015); it's difficult to establish transport impact by itself (STAJKOVIĆ et al., 2017).

In an experiment of commercial conditions in Spain, the short distance transport (15 min) caused more stress to pigs than a moderately long transport (180 min), because in reduced time transport, pigs probably didn't have the opportunity to adapt to the new environment and recover from previous operations, and so, couldn't rest (PÉREZ et al., 2002). On the other hand, journeys less than 60 minutes presented a decreased percentage of injured animals compared to journeys longer than 270 minutes in EUA commercial evaluations (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009). Similarly, another report states that the longer the journey, the more injured animals will show, compromising economic gains (MOTA-ROJAS et al., 2006). The average duration of transports distances in this study (198, 257 and 338 minutes) indicate that pigs were more exposed to higher risk of injuries in group 3 journeys (long distance), especially in middle and hind-quarter parts, as detected higher increase proportions of score 4.

The vehicle model is an important factor to be considered for transport duration (BRANDT; AASLYNG, 2015), mortality rate, injuries incidence (SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009) and its relation with animal welfare. Models can vary from small trucks single deck to large three deck ones and its application is related to the global location and resources available (Garcia et al., 2019). Loading system, floor type and microclimate control represents an important issue to animal welfare during transportation as well (MCGLONE et al., 2014a; XIONG; GREEN; GATES, 2015; FAUCITANO; GOUMON, 2018). In Brazil, trailers with one and two decks are commonly used in commercial practices (DALLA COSTA et al., 2007a, 2007b; LUDTKE et al., 2012), and reports show higher proportions of skin lesions caused by handling and fights in pigs transported in single deck trucks compared to double deck due to the greater number of animals per compartment (11 vs. 6 pigs, respectively) (DALLA COSTA et al., 2007a). Thus, the vehicle model used in this study (double deck) may have provided a slightly lower incidence of skin damage.

Microclimate conditions during transport are important factors to be considered since pigs are exposed to several environmental variations and have more heat dissipation difficulty (Bracke et al., 2020; Cervantes et al., 2018). Also, high ambient temperature increases pigs'

body temperature and may seriously affect their health (CERVANTES et al., 2018), considering the combination between high temperature and relative humidity of the air obtained in Brazil (SILVA et al., 2009). Thus, several studies evaluated microclimate conditions effects in animal welfare and mortality during transport (RITTER et al., 2006; CHRISTENSEN; BLAABJERG; HARTUNG, 2007; SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009; KEPHART; HARPER; RAINES, 2010; FOX et al., 2014; NANNONI et al., 2014; XIONG; GREEN; GATES, 2015; MACHADO et al., 2021), of which temperatures above 20°C represented a higher risk for thermal stress in pigs (CHRISTENSEN; BLAABJERG; HARTUNG, 2007; SUTHERLAND; MCDONALD; MCGLONE, 2009; FOX et al., 2014; NANNONI et al., 2014). Unfortunately, in this study, pigs were transported in all travels under higher temperatures (Table 4), which may have compromised animal welfare but not contributed to a higher skin lesion incidence, as observed by Dalla Costa et al. (2007).

Animal behavior may be influenced by farm management and mixing unfamiliar animals during pre-slaughter operations (DE JONG et al., 2000; BARTON GADE, 2008b, 2008a; SILVA et al., 2009), which can cause stress and increase the number of fights and, hence, greater proportions of skin lesions may be observed (BARTON GADE, 2008b; BOTTACINI et al., 2018). Repeated regrouping not only affects the resting behavior, but promotes mounting and aggressive posture between pigs (BRANDT; AASLYNG, 2015). However, under commercial conditions, pigs are mixed in many productive stages to create homogeneous batches and during loading for transport, in order to fill the truck (FAUCITANO, 2001; MOTA-ROJAS et al., 2006), since the more animals loaded the lower the transport cost (WARRISS, 1998; WARRISS et al., 1998; DALLA COSTA et al., 2019b).

Different information from literature regarding the effect of density at transport on the level of skin lesions is reported. At low density ($>0.5\text{m}^2/100\text{kg}$ of live weight) pigs presented the highest skin lesion score in comparison with medium ($0.3\text{-}0.5\text{m}^2/100\text{kg}$) and high ($<0.3\text{m}^2/100\text{kg}$) density as a consequence of excessive space allowance in the truck, compromising their balance during transport, specially under poor roads conditions and during curves (ČOBANOVIĆ et al., 2016a). Also, a higher frequency of fighting and confrontations can be increased under greater space availability (GUÀRDIA et al., 2004). Similarly, worst skin damages were reported at stocking density of $0.42\text{m}^2/100\text{kg}$ compared with densities of 0.50, 0.39 and $0.35\text{m}^2/100\text{kg}$ of live weight (GADE; CHRISTENSEN, 1998) and a higher probability of bruises was observed at carcasses hind-quarter under low densities ($>0.6\text{m}^2/100\text{kg}$), while an increased propensity of bruises was observed at front and middle

parts under higher densities ($<0.4\text{m}^2/100\text{kg}$), although little effect was obtained on carcasses injuries under the latter conditions (NANNI COSTA et al., 1999).

Conversely, other studies mention the benefit to pig welfare by the provision of lower densities than that used in commercial conditions (Becerril-Herrera et al., 2012; Gerritzen et al., 2013). Also, no statistical influence of space availability on skin damage has been already reported at literature, although the incidence of bruises decreased numerically with more space during transportation (Becerril-Herrera et al., 2007). Considering weather conditions effect (summer vs. winter) on stocking densities at transport, lower skin damage risk was reported at low density in winter (31.1 to 3.4% for 0.30 to $0.60\text{m}^2/100\text{kg}$), whereas a higher risk was observed in summer (32.2 to 37.6% for 0.30 to $0.60\text{m}^2/100\text{kg}$) (GUÀRDIA et al., 2009). The greater proximity of animals in winter, that tend to group together and so increases the probability of fighting between them, is related to a higher incidence of lesions and bruises on pig carcasses (GOSÁLVEZ et al., 2006). Besides that, high densities may be associated with greater physical stress and influence mortality (WARRISS et al., 1998; PILCHER et al., 2011). In this study, executed in summer, higher proportions of skin lesions were observed in transports with less space availability (average of $0.37\text{m}^2/100\text{kg}$) and fewer in more available space (average $0.40\text{m}^2/100\text{kg}$).

Animals may experience different conditions of vibrations than human drivers, once the former stand or lie in close contact with the vehicle floor, which usually has an unyielding metallic or wooden surface; many of them are unfamiliar and unaware of transport conditions and might give distinct responses to discomfort (RANDALL, 1992). Also, hunger would induce a more aversive stimulus to vibration (STEPHENS et al., 1985), which represents a routine practice in commercial transports, that is, pigs are commonly subjected to stressful situations during transport as well as animals from this study. Finally, truck suspension can influence the number of skin lesion in particular parts of pig's body (back and hind-quarter), specially the mounting ones, which is directly correlated to vibration levels and loss of balance during transport (DALLA COSTA; LOPES; DALLA COSTA, 2017). Considering that, pigs from this study were subjected to aversive conditions of vibration in all transport distances, particularly those in compartment 6 (short and intermediate distance) and 5 (long distance), which presented the higher Root Sum Square (RSS) values.

In all transport distances, more than 97% of the route was represented by asphalted highways. Despite highway conditions presents smoother road conditions than off-road ones,

long transportation time may affect the quality of the product in transport (SOLEIMANI; AHMADI, 2014), corroborated by the detection of higher increase proportions of score 4 in specific parts of pigs' body (middle and hind-quarter) transported under long distances in this study, although another body parts presented worst skin conditions under short and intermediate distances. Such results may have been related to structural conditions of trucks, occasioned by possible sharp surfaces that have injured animals' skin, since the vehicle models used in all trials were the same. Microclimate condition may also have contributed negatively to the incidence of skin lesions due to animals' attempt to lose heat when changing position and consequently increased the number of mountings. In short distance, higher average of temperature was found (25.7°C), considering microclimatic conditions from all compartments, compared to intermediate (22.8°C) and long distance (23.0°C).

According to Brazilian regulatory standards (BRASIL, 2014), vibration conditions are considered unhealthy for humans above 1.1m/s² and above 0.5m/s² actions should be taken in order to prevent health problems. Similarly, European regulatory standards (EC, 2002) consider 1.15m/s² as exposure limit and 0.5m/s² as a level of action. Although it would be appropriate to use specific parameters for animals instead of humans (RANDALL, 1992), in special pigs, it is not possible due to the lack of them. In both cases, most part of compartments presented in this study, considering all three distances, vibration values above the maximum tolerance limit. Only compartments 6 from short, intermediate and long distance (0.78, 0.80 and 0.88m/s², respectively) and compartment 10 from short distance (0.98m/s²) was inside the tolerance limit for the RMSx, but it should have been investigated for preventive actions. All other axles showed unacceptable values, including the combined effect of them (RSS), which may have induced a higher skin lesion incidence by the elevated vibration levels and, consequently, higher levels of stress.

3.5. Conclusion

Based on the data of this study, transport distance under tropical conditions influenced the proportion of skin lesion in finishing pigs and negatively affected animal welfare. Front part was more susceptible to skin injuries at intermediate distance while middle and hind-quarter were at long distance. Although no significant effect was observed between vibrations from compartments in short, intermediate and long distance on skin lesion level, commercial

transport conditions of finishing pigs were above tolerance limits for health issues, especially in sideways directions.

Conflicts of interest

None.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Acknowledgements

The authors wish to thank Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” for providing technical support and field personnel. Also, special acknowledgments should be given to the staff all farms and slaughterhouse that provided data collection.

REFERENCES

- Barton Gade, P., 2008a. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of free range and conventionally raised pigs. *Animal* 2, 1238–1246. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002565>
- Barton Gade, P., 2008b. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of outdoor and conventionally raised pigs. *Animal* 2, 902–911. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002000>
- Barton Gade, P., Warriss, P.D., Brown, S.N., Lambooij, E., 1996. Methods of improving pig welfare and meat quality by reducing stress and discomfort before slaughter methods of accessing meat quality. Proceedings European Seminary “New information on welfare and meat quality of pigs as related to handling transport and lairage conditions”. Braunschweig-Voelkenrode, Germany, 23-34.
- Bottacini, M., Scollo, A., Edwards, S.A., Contiero, B., Veloci, M., Pace, V., Gottardo, F., 2018. Skin lesion monitoring at slaughter on heavy pigs (170 kg): Welfare indicators and ham defects. *PLoS One* 13, 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207115>
- Bozzo, G., Padalino, B., Bonerba, E., Barrasso, R., Tufarelli, V., Zappaterra, M., Ceci, E., 2020. Pilot study of the relationship between deck level and journey duration on plasma cortisol, epinephrine and norepinephrine levels in italian heavy pigs. *Animals* 10, 1–13. <https://doi.org/10.3390/ani10091578>
- Bracke, M. B. M., Herskin, M. S., Marahrens, M., Gerritzen, M. A., Spoolder, H. A. M., 2020. Review of climate control and space allowance during transport of pigs. *EURCAW-Pigs*, January, v.1.0.
- Brandt, P., Aaslyng, M.D., 2015. Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review. *Meat Sci.* 103, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.12.004>

- BRASIL, 2000. Instrução Normativa Nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Diário Oficial [da] República Federativa, Brasília, DF, 24 de janeiro de 2000.
- BRASIL, 2014. Portaria MTE Nº 1297, de 13 de agosto 2014. Aprova o Anexo 1- Vibração – da Norma Regulamentadora nº 9 – Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), altera o Anexo 8 – Vibração – da Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres, e dá outras providências.
- BRASIL, 1995. Portaria Nº 711, de 1º de novembro de 1995. Aprova as normas técnicas de instalações e equipamentos para abate e industrialização de suínos. Diário Oficial [da] República Federativa, Brasília, DF, 03 de novembro de 1995.
- Carroll, G.A., Boyle, L.A., Teixeira, D.L., Van Staaveren, N., Hanlon, A., O’Connell, N.E., 2015. Effects of scalding and dehairing of pig carcasses at abattoirs on the visibility of welfare-related lesions. *Animal* 10, 460–467. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002037>
- Castro, A.C. De, 2016. Comportamento e desempenho sexual de suínos reprodutores criados em ambientes enriquecidos 153.
- Cervantes, M., Antoine, D., Valle, J.A., Vásquez, N., Camacho, R.L., Bernal, H., Morales, A., 2018. Effect of feed intake level on the body temperature of pigs exposed to heat stress conditions. *J. Therm. Biol.* 76, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.010>
- Christensen, L., Blaabjerg, L., Hartung, J., 2007. Investigation of pig transports for more than 8 hours in cold and warm weather conditions and of the requirements for ventilation during the transport.
- Chulayo, A.Y., Muchenje, V., 2015. A balanced perspective on animal welfare for improved meat and meat products. *South African J. Anim. Sci.* 45, 452–469. <https://doi.org/10.4314/sajas.v45i5.2>
- Čobanović, N., Bošković, M., Vasilev, D., Dimitrijević, M., Parunović, N., Djordjević, J., Karabasil, N., 2016. Effects of various pre-slaughter conditions on pig carcasses and meat quality in a low-input slaughter facility. *South African J. Anim. Sci.* 46, 380–390. <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i4.6>
- Correa, J.A., Gonyou, H.W., Torrey, S., Widowski, T., Bergeron, R., Crowe, T.G., Laforest, J.P., Faucitano, L., 2013. Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for two hours using two vehicle types during two seasons of the year. *Can. J. Anim. Sci.* 93, 43–55. <https://doi.org/10.4141/CJAS2012-088>
- Dalla Costa, F.A., Lopes, L.S., Dalla Costa, O.A., 2017. Effects of the truck suspension system on animal welfare, carcass and meat quality traits in pigs. *Animals* 7, 4–6. <https://doi.org/10.3390/ani7010005>
- Dalla Costa, O.A., Dalla Costa, F.A., Feddern, V., Lopes, L. dos S., Coldebella, A., Gregory, N.G., de Lima, G.J.M.M., 2019. Risk factors associated with pig pre-slaughtering losses. *Meat Sci.* 155, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.020>
- dalla Costa, O.A., Faucitano, L., Coldebella, A., Ludke, J. V., Peloso, J. V., dalla Roza, D., Paranhos da Costa, M.J.R., 2007. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. *Livest. Sci.* 107, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.08.015>
- Dalla Costa, O.A., Ludke, J.V., Costa, M.J.R.P. da, Faucitano, L., Peloso, J.V., Dalla Roza, D., 2007. Modelo de carroceria e seu impacto sobre o bem-estar e a qualidade da carne dos suínos. *Ciência Rural* 37, 1418–1422. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782007000500031>

- De Jong, I.C., Prelle, I.T., Van De Burgwal, J.A., Lambooij, E., Korte, S.M., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2000. Effects of rearing conditions on behavioural and physiological responses of pigs to preslaughter handling and mixing at transport. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 451–458. <https://doi.org/10.4141/a99-130>
- Dos Reis, J.G.M., Machado, S.T., Santos, R.C., Nääs, I.D.A., Oliveira, R. V., 2015. Financial losses in pork supply chain: A study of the pre-slaughter handling impacts. *Eng. Agric.* 35, 163–170. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p163-170/2015>
- Driessen, B., Van Beirendonck, S., Buyse, J., 2020. Effects of transport and lairage on the skin damage of pig carcasses. *Animals* 10, 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani10040575>
- EC, 2002. Council Directive (2002/44/EC) of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 61(1) of Directive 89/391/EEC).
- Faucitano, L., 2018. Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. *J. Anim. Sci.* 96, 728–738. <https://doi.org/10.1093/jas/skx064>
- Faucitano, L., 2001. Causes of skin damage to pig carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 81, 39–45. <https://doi.org/10.4141/A00-031>
- Faucitano, L., Goumon, S., 2018. Transport of pigs to slaughter and associated handling, *Advances in Pig Welfare*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101012-9.00009-5>
- Fox, J., Widowski, T., Torrey, S., Nannoni, E., Bergeron, R., Gonyou, H.W., Brown, J.A., Crowe, T., Mainau, E., Faucitano, L., 2014. Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 1. Effects on pig behaviour, gastrointestinal tract temperature and trailer micro-climate. *Livest. Sci.* 160, 113–123. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.019>
- Gade, P.B., Christensen, L., 1998. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. *Meat Sci.* 48, 237–247. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00098-3)
- Garcia, A., Johnson, A. K., Ritter, M. J., Calvo-Lorenzo, M. S., McGlone, J. J., 2019. Transporte of market pigs: Improvements in welfare and economics. *Livestock Handling and Transport*, 5th edition, 328-346.
- Garcia, D.B., Silva, I.J.O., Barbosa Filho, J.A.D., Vieira, F.M.C., Dias, C.T.S., 2008. Evaluation of the effect of vibration in simulated condition of transport of broiler chickens. *Livest. Environ. VIII - Proc. 8th Int. Symp.* 644–650. <https://doi.org/10.13031/2013.25564>
- Gebresenbet, G., Aradom, S., Bulitta, F.S., Hjerpe, E., 2011. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. *Biosyst. Eng.* 110, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.05.007>
- Gerritzen, M.A., Hindle, V.A., Steinkamp, K., Reimert, H.G.M., Van Der Werf, J.T.N., Marahrens, M., 2013. The effect of reduced loading density on pig welfare during long distance transport. *Animal* 7, 1849–1857. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001523>
- Gosálvez, L.F., Averós, X., Valdelvira, J.J., Herranz, A., 2006. Influence of season, distance and mixed loads on the physical and carcass integrity of pigs transported to slaughter. *Meat Sci.* 73, 553–558. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.007>
- Grandin, T., 2017. On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Sci.* 132, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>
- Griffin, M. J., 1990. *Handbook of human vibration*. London: Academic Press, 350p.

- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., 2009. Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Sci.* 81, 745–751. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.020>
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., 2004. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Sci.* 67, 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.11.020>
- Kephart, K.B., Harper, M.T., Raines, C.R., 2010. Observations of market pigs following transport to a packing plant. *J. Anim. Sci.* 88, 2199–2203. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2440>
- Lammens, V., Peeters, E., Maere, H. De, Mey, E. De, Paelinck, H., Leyten, J., Geers, R., 2007. A survey of pork quality in relation to pre-slaughter conditions, slaughterhouse facilities, and quality assurance. *Meat Sci.* 75, 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.001>
- Ludtke, C.B., Antonio, O., Costa, D., Tadeu, E., Silveira, F., 2012. S0103-84782012000300024 532–537.
- Machado, N.A.F., Martin, J.E., Barbosa-Filho, J.A.D., Dias, C.T.S., Pinheiro, D.G., Oliveira, K.P.L., Souza-Junior, J.B.F., 2021. Identification of trailer heat zones and associated heat stress in weaner pigs transported by road in tropical climates. *Journal of Thermal Biology*, In press. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102882>
- Mkwanazi, M.V., Ncobela, C.N., Kanengoni, A.T., Chimonyo, M., 2019. Effects of environmental enrichment on behaviour, physiology and performance of pigs - A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 32(1), 1-13. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0138>
- McGlone, J., Johnson, A., Sapkota, A., Kephart, R., 2014. Temperature and relative humidity inside trailers during finishing pig loading and transport in cold and mild weather. *Animals* 4, 583–598. <https://doi.org/10.3390/ani4040583>
- Melotti, L., Oostindjer, M., Bolhuis, J.E., Held, S., Mendl, M., 2011. Coping personality type and environmental enrichment affect aggression at weaning in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 133, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.018>
- Mota-Rojas, D., Becerril, M., Lemus, C., Sánchez, P., González, M., Olmos, S.A., Ramírez, R., Alonso-Spilsbury, M., 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre- and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Sci.* 73, 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.11.012>
- Nanni Costa, L., Lo Fiego, D.P., Dall'Olio, S., Davoli, R., Russo, V., 1999. Influence of loading method and stocking density during transport on meat and dry-cured ham quality in pigs with different halothane genotypes. *Meat Sci.* 51, 391–399. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00160-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00160-0)
- Nannoni, E., Widowski, T., Torrey, S., Fox, J., Rocha, L.M., Gonyou, H., Weschenfelder, A. V., Crowe, T., Martelli, G., Faucitano, L., 2014. Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 2. Effects on selected exsanguination blood parameters and carcass and meat quality variation. *Livest. Sci.* 160, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.11.022>
- National Pork Board, 2019. Common swine industry audit: instructions, standards and audit tool. Des Moines, IA, USA.
- Pérez, M.P., Palacio, J., Santolaria, M.P., Aceña, M.C., Chacón, G., Gascón, M., Calvo, J.H., Zaragoza, P., Beltran, J.A., García-Belenguer, S., 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 61, 425–433. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00216-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00216-9)

- Pilcher, C.M., Ellis, M., Rojo-Gómez, A., Curtis, S.E., Wolter, B.F., Peterson, C.M., Peterson, B.A., Ritter, M.J., Brinkmann, J., 2011. Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs. *J. Anim. Sci.* 89, 3809–3818. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3143>
- Randall, J.M., 1992. Human subjective response to lorry vibration: Implications for farm animal transport. *J. Agric. Eng. Res.* 52, 295–307. [https://doi.org/10.1016/0021-8634\(92\)80068-4](https://doi.org/10.1016/0021-8634(92)80068-4)
- Ritter, M.J., Ellis, M., Berry, N.L., Curtis, S.E., Anil, L., Berg, E., Benjamin, M., Butler, D., Dewey, C., Driessen, B., DuBois, P., Hill, J.D., Marchant-Forde, J.N., Matzat, P., McGlone, J., Mormede, P., Moyer, T., Pfalzgraf, K., Salak-Johnson, J., Siemens, M., Sterle, J., Stull, C., Whiting, T., Wolter, B., Niekamp, S.R., Johnson, A.K., 2009. Review: Transport Losses in Market Weight Pigs: I. A Review of Definitions, Incidence, and Economic Impact. *Prof. Anim. Sci.* 25, 404–414. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30735-X](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30735-X)
- Ritter, M.J., Ellis, M., Brinkmann, J., DeDecker, J.M., Keffaber, K.K., Kocher, M.E., Peterson, B.A., Schlipf, J.M., Wolter, B.F., 2006. Effect of floor space during transport of market-weight pigs on the incidence of transport losses at the packing plant and the relationships between transport conditions and losses. *J. Anim. Sci.* 84, 2856–2864. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-577>
- Scheeren, M.B., Gonyou, H.W., Brown, J., Weschenfelder, A. V., Faucitano, L., 2014. Effects of transport time and location within truck on skin bruises and meat quality of market weight pigs in two seasons. *Can. J. Anim. Sci.* 94, 71–78. <https://doi.org/10.4141/CJAS2013-136>
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, L.A., Crowe, T.G., 2012. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Sci.* 92, 227–243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.010>
- Silva, B.A.N., Noblet, J., Donzele, J.L., Oliveira, R.F.M., Primot, Y., Gourdine, J.L., Renaudeau, D., 2009. Effects of dietary protein level and amino acid supplementation on performance of mixed-parity lactating sows in a tropical humid climate. *J. Anim. Sci.* 87, 4003–4012. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1176>
- Soleimani, B., Ahmadi, E., 2014. Measurement and analysis of truck vibration levels as a function of packages locations in truck bed and suspension. *Comput. Electron. Agric.* 109, 141–147. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.09.009>
- Stajković, S., Teodorović, V., Baltić, M., Karabasil, N., 2017. Pre-slaughter stress and pork quality. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 85. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012034>
- Stephens, D.B., Sharman, D.F., Ingram, D.L., Bailey, K.J., 1985. an Analysis of Some Behavioural Effects of the Vibration and Noise Components of Transport in Pigs. *Q. J. Exp. Physiol.* 70, 211–217. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.1985.sp002904>
- Sutherland, M.A., McDonald, A., McGlone, J.J., 2009. Effects of variations in the environment, length of journey and type of trailer on the mortality and morbidity of pigs being transported to slaughter. *Vet. Rec.* 165, 13–18. <https://doi.org/10.1136/vetrec.165.1.13>
- Tönepöhl, B., Appel, A.K., Welp, S., Voß, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2012. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs' reactions to novelty, conspecifics and handling. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 140, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.05.002>

- Turner, S.P., Farnworth, M.J., White, I.M.S., Brotherstone, S., Mendl, M., Knap, P., Penny, P., Lawrence, A.B., 2006. The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 245–259. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.06.009>
- Van de Weerd, H., Ison, A., 2019. Providing effective environmental enrichment to pigs: How far have we come? *Animals*, 9, 254. <https://doi.org/10.3390/ani9050254>
- Warriss, P.D., 1998. Choosing appropriate space allowances for slaughter pigs transported by road: A review. *Vet. Rec.* 142, 449–454. <https://doi.org/10.1136/vr.142.17.449>
- Warriss, P.D., Brown, S.N., Knowles, T.G., Edwards, J.E., Kettlewell, P.J., Guise, H.J., 1998. The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 2. Results from the analysis of blood and meat samples. *Meat Sci.* 50, 447–456. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00057-6)
- Welfare Quality®, 2009. Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
- Xiong, Y., Green, A., Gates, R.S., 2015. Characteristics of trailer thermal environment during commercial swine transport managed under U.S. industry guidelines. *Animals* 5, 226–244. <https://doi.org/10.3390/ani5020226>

4 THE USE OF ENVIRONMENTAL ENRICHMENT DURING LAIRAGE AND ITS REFLECTS ON BEHAVIOR AND SKIN LESIONS IN FINISHING PIGS

(Formatado para divulgação na revista *Livestock Science*)

RESUMO

Devido a crescente preocupação do consumidor com os processos relativos ao bem-estar no ciclo produtivo de animais, diferentes recursos vêm sendo estudados para minimizar o estresse e proporcionar melhores condições aos mesmos, tais como o enriquecimento ambiental. O descanso pré-abate representa uma etapa crítica na cadeia suína e possui relação direta com o bem-estar animal. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do uso do enriquecimento ambiental durante o descanso pré-abate nos abatedouros no nível de lesões na pele e no comportamento de suínos. Utilizaram-se 648 suínos de terminação, de ambos os sexos, os quais foram avaliados antes e após o descanso pré-abate quanto ao nível de lesões na pele. Adotou-se um escore de 0 a 4, sendo 0= nenhuma lesão e 4= ≥ 16 lesões superficiais ou >10 lesões profundas. As lesões foram também classificadas de acordo com a causa de origem (monta, briga e manejo) na avaliação após o descanso. Os animais foram divididos em 2 grupos de tratamento durante o descanso: com enriquecimento ambiental na baia (EE), sendo considerado o uso de correntes de ferro penduradas, e sem enriquecimento (NE). O comportamento dos suínos foi monitorado durante as 4 primeiras horas de descanso por meio de um etograma de trabalho. A análise de probabilidades proporcionais; o modelo linear misto para dados longitudinais e o teste não-paramétrico de Wilcoxon foram utilizados para avaliar a relação entre os tratamentos empregados e as lesões e o comportamento. O uso das correntes não influenciou o nível de lesões na pele dos suínos bem como não influenciaram o comportamento dos mesmos ($p>0.05$), enquanto que o tempo despendido no descanso influenciou os comportamentos em pé (SA), sentado (SI), deitado (L), ócio (I), bebendo água (D); interação com o ambiente, com o enriquecimento, com os animais e negativa (EI, RI, AI, NI, respectivamente) ($p<0.001$). A principal causa formadora de lesões consistiu no manejo, a qual também não diferiu entre os tratamentos (EE e NE) ($p>0.05$). Maiores proporções de escore 2, 3 e 4 foram percebidas na parte posterior do corpo no tratamento EE. Concluiu-se que a duração do descanso pré-abate possui relação direta com a formação de lesões assim como o uso de correntes no abatedouro não foi suficiente para reduzir o número de lesões e alterar o comportamento dos suínos.

Palavras-chave: enriquecimento ambiental, descanso pré-abate, lesões na pele, comportamento, suínos.

ABSTRACT

Different resources are being evaluated in order to minimize animal stress and to proportion better conditions during life cycle, such as environmental enrichment, once consumers are more concerned about animal welfare issues. Lairage represents an important stage of swine production chain and it's directly related to animal welfare. The aim of this study was to evaluate the effect of environmental enrichment on the level of skin lesion and behavior of pigs during lairage. 648 finishing pigs of both sexes were assessed before and after lairage at the slaughterhouse with a five-point scale (0= none to 4= ≥ 16 superficial lesions or >10 deep lesions). After lairage (after slaughter), lesions were also classified according to its source (mounting, fighting and handling). Pigs were distributed into 2 treatments groups

during lairage: with environmental enrichment (EE) on the pen, with hanging metal chains, and without enrichment (NE). Behavior was monitored during the first 4 hours of lairage. Proportional odds; mixed linear model for longitudinal data and non-parametric Wilcoxon signed rank test were used to analyze the relation between treatments and skin lesions and behavior. The chains didn't affect skin lesion score neither pig's behavior ($p>0.05$), whereas lairage duration influenced standing (SA), sitting (S), lying (L), idleness (I), drinking water (D); environmental, environmental enrichment, animal and negative interactions (EI, RI, AI and NI, respectively) ($p<0.001$). The main source of skin lesions was handling, which didn't differ between treatments (EE and NE) ($p>0.05$). Higher proportions of scores 2, 3 and 4 were observed at posterior part of the body at treatment EE. In conclusion, lairage time has a proportional relation with skin lesion and hanging chains at the slaughterhouse pens wasn't enough to reduce the number of lesions and to change pig behavior.

Keywords: environmental enrichment, lairage, skin lesion, behavior, pigs.

4.1 Introduction

The increasing concern and interest of global market in relation to animal welfare, associated with the regulatory authorities, has raised the demand for improvement of the processes involved (KLONT et al., 2001; BRANDT et al., 2017), in order to provide humane handling to animals and a protein production chain with high levels of animal welfare. An important resource to achieve these objectives is the use of environmental enrichment (Van de Weerd & Ison, 2019 which can be implemented in different stages of the production cycle (KLONT et al., 2001), as well as during the pre-slaughter operations (PEETERS; GEERS, 2006; FAUCITANO et al., 2020), reducing the incidence of undesirable behaviors between animals by distracting them and, thus, preventing high levels of stress (VAN DE WEERD et al., 2005).

Lairage is a critical stage in the swine production chain since it can negatively affect animal welfare (Čobanović *et al.*, 2016a) and cause irreparable damage to the carcass and meat quality, compromising the good practices efforts in previous stages (FAUCITANO, 2010) and reducing the opportunity for animals to recover from stress caused by loading, transport and unloading (GARCÍA-CELDRÁN et al., 2012; JAMA et al., 2016). Furthermore, it must be considered that poorer meat quality can be associated with damages caused in pigs. Thus, skin lesions can act as an animal welfare (CARROLL et al., 2018) and meat quality indicator (GUÀRDIA et al., 2009). Also, it might be associated with negative interaction between animals as well as their body location may correlate with the type of behavior established (TURNER et al., 2006).

Thereby, several approaches to monitor animal welfare conditions have been investigated by scientific community. Slaughter assessments are an important tool because of

its viability to sample a wide number of animals per day; reduce the risk of diseases dissemination (Dalmau et al., 2014) and reflect the real conditions of animals life cycle, giving more information beyond immediate pre-slaughter period (GRANDIN, 2017; CARROLL et al., 2018). The aim of this study was to evaluate the influence of environmental enrichment with hanging metallic chains during lairage on the skin lesion level and behavior of finishing pigs, with the hypothesis that metallic chains reduce the incidence of skin lesions as a consequence of the reduction of aggressive behavior between animals caused by a greater distraction by the enrichment tools.

4.2 Material and methods

4.2.1 Animal housing and transport

This non-invasive study complies with ARRIVE guidelines and it was approved by the Ethic Committee on Animal Use (ESALQ/USP protocol number 2019-24). A total of 648 finishing pigs, castrated males and females, with approximately 5 months old and 117kg of living weight, from 6 different commercial farms located in São Paulo, Brazil, with a distance range from slaughterhouse between 135 and 353km were assessed. During this experiment, 8 groups of pigs were transported in different days and approximately half of each batch were assessed at the slaughterhouse, totaling a number of 1317 pigs transported during the summer, between February and March 2020.

The pigs were transported in 10 pens in two-tiered trailer (5 pens per side of the trailer) under a microclimatic variation inside the trailer between 19.8-26.2°C of temperature, 73.14-92.35% of relative humidity and 0.35-0.41kg/m² of stocking density (kilograms of living weight/m²) The vehicles had metallic structures with open sides and grid cross slating floor in aluminum and were conducted by 3 different drivers in a total of 8 journeys.

In all farms, pigs were randomly selected at the day scheduled for slaughter and marked with an individual tattoo number on each side of the hind-quarter in order to make possible later identification at the abattoir. Pigs were fasted 12 hours before loading and water was provided *ad libitum*. Farms crew used rattles and plastic tarps to conduct animals to the loading ramp and before the departure pigs were showered, inside the trailer, as a heat dissipation mechanism considering the local temperature.

4.2.2 Unloading and handling at the slaughterhouse

Vehicles arrived at the slaughterhouse between 20:50 and 01:00, which were weighted before access to the unloading area, and animals were unloaded as soon as possible. Before skin lesion assessment, animals were showered at the arrival pens for cleaning and thermal comfort. Injured and fatigued pigs were conducted to an observation pen for further evaluation by the Federal Inspection Service and, thus, disregarded from the experiment, as were dead animals. During the study, 25 pigs were disregarded, of which 23 presented clinical alterations and 2 were dead on arrival. Figure 1 illustrates unloading, arrival and lairage areas scheme of the slaughterhouse.

Figure 1. Schematic presentation of unloading area (UA), arrival pens (AP), observation pens (OP), weighting area (WA) and lairage pens (LP) of the slaughterhouse. Marked letters represents conventional lairage (non enriched) pen (NE) and enriched lairage pen (EE) selected for the study; the latter with the graphical representation by the small circles of the three hanging chains on the extension of the pen.

After skin lesion assessment, half of each group of animals was randomly conducted to the conventional lairage pen (NE) and the other half to the enriched lairage pen (EE), which had non-branched metal chains, hanged at a height of 2.0m with a distance of 30cm from the floor, distributed in a central row with 3 units. Remaining pigs from each batch that weren't assessed were also randomly divided into NE and EE pens. All pens had concrete walls and floor with solid stainless-steel gates, 2° slope facing the external corridor to drain waste and water sprinkling system in its extension, which was activated for 30 minutes after the arrival of the animals and 30 minutes before slaughter. Lairage facilities was supplied with drinking nipples that provided water *ad libitum* (Figures 2A e 2B). Pigs were kept in pens during a regulatory period of 05:00 to 09:00 under similar conditions of stocking density (Table 1).

Figure 2. (A) Lairage pen with environmental enrichment (EE), with a row of 3 metal chains and (B) conventional lairage pen, without environmental enrichment (NE).

Table 1. Total number of pigs per transport group, assessed and disregarded (deviated and dead); lairage duration and stocking density ($\text{m}^2/110\text{kg}$ of living weight) from each batch of animals of this experiment.

Day of transport (batch)	Number of transported pigs	Number of pigs		Number of assessed pigs	Lairage duration	Stocking density ($\text{m}^2/110\text{kg}$) at lairage	
		Dead on arrival	Deviated			Enriched (EE)	Non enriched (NE)
1	160	0	0	80	09:00	0.64	0.63
2	160	0	1	80	08:15	0.68	0.68
3	165	0	0	80	08:50	0.62	0.62
4	160	0	6	80	07:55	0.69	0.68
5	160	0	8	80	05:10	0.72	0.71
6	160	1	6	80	07:00	0.70	0.70
7	176	0	0	84	05:00	0.64	0.63
8	176	0	0	84	06:25	0.64	0.63
Total	1317	1	21	648			

At lairage, animal behavior was monitored once the pens NE and EE were fully loaded during the first 4 hours of the resting period by 2 trained and calibrated observers, where each one was responsible for monitoring each pen (NE and EE).

Slaughter operations complied with current regulation (BRASIL, 2000; BRASIL, 1995), considering the technological procedures and animal welfare requirements. By the end of lairage, pigs were conducted to the stunning area with plastic boards and compressed air jets by the crew of the abattoir, and were electrically stunned with a three-point electrode (forehead and heart, 400V, 1.2A, 6s, Sulmaq), inducing cardiac ventricular fibrillation at a restrainer before exsanguination within 30 seconds.

4.2.3 Data collection

4.2.3.1 Skin lesion assessment in pigs

The left side of the pigs' body was divided into 5 regions (ear, front, middle, hind-quarter and limbs) and evaluated according to a five-point scale (0= none to 4= ≥ 16 superficial lesions or >10 deep lesions), adapted from literature (TURNER et al., 2006; MELOTTI et al., 2011; TÖNEPÖHL et al., 2012), Welfare Quality® Protocol (2009) and Castro (2016), as illustrated by Figure 3. Superficial lesions were defined as skin injuries that didn't completely penetrate it (scratches) and deep lesions as gashes or openings that completely penetrate the skin (open wounds) (NATIONAL PORK BOARD, 2019). In order to standardize the evaluation, every 5cm in length per scratch were counted as 5 superficial lesions. Due to the fact that they are not related to the objective of this study, skin lesions caused by contact dermatitis, characterized by reddish focal and circular structures, were not counted.

Figure 3. Lesion scoring scheme of pigs at the left side of the body, divided into 5 regions: (1) ear; (2) front, considering the head to back of shoulder; (3) middle, back of shoulder to hind-quarter; (4) hind-quarter and (5) limbs.

Skin lesion score assessment was performed immediately after the unloading of pigs at the slaughterhouse and right before lairage (A1), at the arrival pens. This included the effect of previous operations on the number of skin lesions (handling at farms, loading, transport and unloading).

4.2.3.2 Skin lesion assessment in carcasses

Due to the fast speed of slaughter line, photographic records of the left side of each carcass, identified with the individual tattooed numbers in the hind-quarters, were made to enable the skin lesion assessment. Individual numbers were manually transcribed to the front part in order to improve carcass identification (Figure 4). The evaluation methodology of skin lesion score of carcasses (A2) was identical as described in 2.3.1. Lesions were also classified by source according to its shape and size as fighting- ($\leq 10\text{cm}$ length, comma shape and concentrated in the head, front and hind-quarter parts), mounting- ($\geq 10\text{cm}$, comma shape and concentrated on the back, caused by foreclaws) and handling-type (all sizes and irregular shapes, distributed along all parts of the body, caused by rough handling and structures issues), the latter also classified as “other bruise types”, based on the Institut Technique du Porc (ITP, 1996), represented by Figure 5, and then were quantified by its source. For the same purpose described in item 4.3.2.1., dermatitis and technological lesions were not counted.

Figure 4. Photographic records from the left side of carcasses at the slaughter line for skin lesion score assessment and quantification of lesions by the source (fighting-, mounting- and handling-type).

Figure 5. Photographic standards of the Institut Technique du Porc (ITP, 1996).

4.2.3.3 Behavioral observations during lairage

The behavior of pigs in EE and NE pens was monitored using the scan sampling method consisting of direct observations at each 5 minutes intervals along the first 4 hours of lairage, based on ethogram represented by Table 2. The proportions of behaviors were calculated according to the total number of pigs per pen and average proportions were obtained by hour. Pigs' behaviors were divided into 2 categories; the first of them covered activities related to the "standing" (SA), "sitting" (SI) and "lying" (L) positions, and the second, related to "idleness" (I), "drinking water" (D), "environment interaction" (EI), "environmental enrichment interaction" (RI), "animal interaction" (AI) and "negative interaction" (NI) activities.

Table 2. Behavior ethogram¹ of pigs during lairage with (EE) and without environmental enrichment (NE).

Behavior	Description
Standing (SA)	Pig on all four extended members, stationary or walking
Sitting (SI)	Pig with the caudal region of the body supported on the floor with forelimbs extended
Lying (L)	Pig with all ventral or lateral body surface supported on the floor
Idleness (I)	Pig performing no activity
Drinking water (D)	Pig drinking water from drinking nipples
Environment interaction (EI)	Pig exploring pen floor, walls and gates
Environmental enrichment interaction (RI)	Pig sniffing, biting or sucking the metal chains
Animal interaction (AI)	Pig exploring ears, tails or belly from another pig with the nose
Negative interaction (NI)	Pig biting (flank, neck, tail, head and ears), sucking the belly, mounting and/or scratching another pig

¹Adapted from Bezerra et al. (2019) e Giuliotti et al. (2019).

4.2.4 Statistical analysis

To determine whether skin lesion severity for each variable response, represented by body parts (ear, front, middle, hind-quarter and limbs), evaluated according to the adopted lesion scoring scheme (Figure 3), were influenced by lairage and treatment (EE and NE), proportional odds model was used. Initially, lairage and treatment were tested to evaluate if there was interaction between them. If no effect was observed between them (lairage and treatment), the main effect of each was evaluated by paired comparison tests using Tukey test. If an interaction was detected, it was divided for each main factor of the model.

The frequency of occurrences of monitored behaviors was assessed using the linear mixed model for longitudinal data to test if there was difference between lairage time, in hours (1 to 4), and treatments (EE and NE). In the model was evaluated whether was interaction between time and treatment, considering the group of animals assessed during the 4 hours as a random effect. The variables of study (SA, SI, L, I, D, EI, RI, AI e NI) were transformed into arco sines of the root of proportions to achieve the model's suppositions, such as normality, variance homogeneity, among others.

Finally, non-parametric Wilcoxon signed rank test was used to analyze the relation between treatment (EE and NE) and the number of skin lesions caused by fighting, mounting and handling, based on the carcasses assessment (*post-mortem*).

All statistical analysis were performed in R software, version 4.0.3.

4.3 Results

4.3.1 Skin lesions: scoring scheme and classification

Considering the 5 body parts assessed of living pigs and their carcasses (ear, front, middle, hind-quarter and limbs) at moments A1 (before lairage) and A2 (after lairage, *post-mortem*), respectively, no interaction between treatment (EE and NE) and lairage, as well as there wasn't isolated effect by the use of environmental enrichment with metal chains on skin lesions scores ($p>0.05$). However, a significant difference was observed between lesions scores in all body parts comparing before and after lairage ($p<0.001$), except for front part ($p=0.7574$), indicating that lairage has an important role in skin lesions formation (Table 3).

Table 3. Average values of interactions obtained between lairage and treatment (EE and NE) and the isolated effects of lairage and treatment on pig and carcass skin lesion score on the 5 body parts evaluated (ear, front, middle, hind-quarter and limbs).

Body parts	Treatment	Lairage	Interaction (treatment x lairage)
Ear	0.2399	<0.001***	0.3833
Front	0.9165	0.7547	0.1387
Middle	0.2712	<0.001***	0.0716
Hind-quarter	0.9321	<0.001***	0.2779
Limbs	0.3979	<0.001***	0.6526

*: significant, $p<0.05$; **: significant, $p<0.01$; ***: significant, $p<0.001$.

In relation to lesions score proportions, unexpected results in ears were obtained, since it presented an increase in score 0 proportion (no lesions) from A1 to A2 (Figure 5), indicating a reduction in the number of lesions. These findings may be justified by the compromised visibility of lesions by technological slaughter operations, as similarly observed in other studies with skin lesions assessments (Carrol et al., 2015; Staaveren et al., 2015).

Figure 5. Proportion of pigs with lesions scores (0 to 4) on the 5 body parts (ear, front, middle, hind-quarter and limbs) before (A1) and after lairage (A2) with (EE) and without environmental enrichment with metal chains (NE).

Although there was no significant difference between skin lesions scores proportions based on lairage treatments and A1 and A2 assessments moments, a higher proportion of animals with score 1 at front part after NE lairage was noted, whereas the proportion of animals with score 2 was greater after EE lairage. On the other hand, the number of animals with score 1 at front part after EE lairage tended to remain the same, representing an increase of 0.36% between A1 and A2. In the middle part, an increase in the proportions of scores 2, 3 and 4 in both treatments (EE and NE) was observed, but with different intensities. At NE lairage, largest increments were detected in scores 2 and 3 (7.51 and 25.25% vs. 3.26 and 13.76% at EE lairage), however, with score 4 an opposite pattern occurred, in which worst results were obtained at EE lairage compared to NE lairage (13.41 and 7.51%, respectively).

Unexpectedly, the biggest proportional increases of scores 2, 3 and 4 were observed after EE lairage in hind-quarter part of animals (9.06, 2.18 and 2.54% vs. 5.16, 1.41 and -0.47% at NE lairage). These findings are compatible with the lower proportion obtained of animals with score 1 at A2 from EE lairage, which presented a reduction of it between A1 and A2, indicating a distribution among the others scores (2, 3 and 4). Finally, in the limbs an expressive greater number of animals with score 1 was detected at A2 from EE lairage followed by a higher percentual increase of the same score (21.38% vs. -17.37% at NE lairage), as well as demonstrated a higher increase proportion (0.73% vs. 0.47%) of score 3 at A2. In contrast, greater proportions and greater increase at A2 from NE lairage (1.41% vs. -3.62% at EE lairage) were observed.

Through carcass evaluation and skin lesion classification by the source (Fig. 5), there was no significant influence on the number of lesions caused by mounting ($p=0.5839$), fighting ($p=0.8355$) and handling ($p=0.6692$) in relation to lairage treatments (EE and NE) (Table 4), indicating that hanging non-branched metal chains over the extent of lairage pen wasn't enough to reduce significantly the negative effects on pigs' skin during lairage at the abattoir. The main source of skin lesion was handling, which presented an average number of 19.76 lesions per carcass from EE lairage and 19.90 from NE lairage, while the mounting-type lesions was the weaker source, which evidenced averages of 0.81 and 0.90 at EE and NE lairage, respectively. Lesions caused by fighting, the second main cause, exhibited average numbers of 1.54 at EE lairage and 1.71 at NE lairage, which, despite having a relevant classificatory position, expressed an evident lower participation in the lesion count in relation to the main source (handling).

Table 4. Average number of lesions caused by mounting, fighting and handling on swine carcasses after conventional and enriched lairage, evaluated by Wilcoxon signed rank test.

Lesion's source	Average number of skin lesions on carcasses		Treatment (EE e NE)	
	Enriched lairage (EE)	Conventional lairage (NE)	W ¹	p-value ²
Mounting	0.81	0.90	40728	0.5839
Fighting	1.54	1.71	41361	0.8355
Handling	19.76	19.90	42558	0.6692

¹: Wilcoxon test; ²: *significant, $p < 0.05$; **: significant, $p < 0.01$; ***: significant, $p < 0.001$.

When considering the distribution of the number of lesions caused by mounting, fighting and handling in each part of the carcass (ear, front, middle, hind-quarter and limbs) in relation to skin lesions scores (0, 1, 2, 3 and 4) after lairage from both treatments (EE and NE), which didn't present significant difference, a higher incidence of score 2 in ears caused by fighting and handling was noted. In front part, a higher incidence of score 4 for lesions caused by mounting and fighting was observed, whereas the handling ones showed decreasing incidences for scores 0, 1, 4, 3 and 2, respectively; similarly, as observed in middle part, which despite presenting similar distributions for scores 2, 3 and 4 for mounting-type lesions, has demonstrated the same trend for fighting- and handling-type lesions. Scores 3 and 1 prevailed in hind-quarter part resulting from mounting and handling lesions, respectively. Still on hind-quarter part, it was noted a small decrease in the incidence of scores 0, 4, 2 and 3, preceded by score 1. In the limbs was detected a higher distribution of score 2 for lesions caused by mounting and fighting, while lesions caused by handling expressed a greater incidence of score 0, followed by scores 3, 1 and 2 (Figure 6).

Figure 6. Distribution of classified lesions according to the source based on the scores of skin lesions scores on carcasses.

4.3.2 Behavior

In this study there was no interaction between behaviors (SA, SI, L, I, D, EI, RI, AI and NI) based on treatments (EE and NE) and the monitoring time during lairage, in hours (1 to 4 hours). Nevertheless, when evaluating the isolated effect of time and treatment on animals' behaviors, a significant influence of time was observed ($p < 0.001$), except for the NI (negative interaction) between animals ($p = 0.0392$), which didn't significantly vary over time spent in lairage pens. Therefore, treatment didn't influence SA, SI, L, I, D, EI, RI, AI and NI behaviors, indicating that environmental enrichment with hanging non-branched metal chains at the slaughterhouse didn't significantly influence pig's behavior compared to conventional lairage, without enrichment (Table 5).

Table 5. Proportions by hour of animals' behaviors from enriched (EE) and conventional (NE) lairage during observation time by scan sampling (4 hours) followed by the significance of interaction between time and lairage treatment (EE and NE) for each behavior and its isolated effects over behaviors (SA, SI, L, I, D, EI, RI, AI and NI)¹.

Lairage	Time (h)	Behavior ¹ (%)								
		SA	SI	L	I	D	EI	RI	AI	NI
EE	1	16.83	2.10	81.06	84.89	0.69	5.18	3.85	4.97	0.61
	2	1.38	1.01	97.61	97.16	0.05	0.53	0.50	1.09	0.57
	3	1.98	1.17	96.85	96.83	0.04	0.78	0.71	1.10	0.46
	4	3.62	1.49	94.89	95.74	0.13	1.01	1.18	1.47	0.31
NE	1	20.08	3.19	76.73	85.88	0.83	5.05	NA	6.75	1.31
	2	3.25	0.80	95.95	96.91	0.10	0.85	NA	1.05	1.09
	3	1.50	0.86	97.64	98.71	0.05	0.39	NA	0.65	0.20
	4	1.24	0.79	97.96	98.95	0.04	0.21	NA	0.59	0.20
Significance ²										
		SA	SI	L	I	D	EI	RI	AI	NI
Interaction (time x treatment)		0.3521	0.1584	0.5206	0.8939	0.6033	0.4247	NA	0.4221	0.5793
Time		<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***	NA	<0.001***	0.0392
Treatment		0.0559	0.9985	0.7344	0.5455	0.9727	0.2650	NA	0.7015	0.6805

¹: "Standing" (SA), "Sitting" (SI), "Lying" (L), "Idleness" (I), "Drinking water" (D), "Environment interaction" (EI), "Environmental enrichment interaction" (RI), "Animal interaction" (AI) and "Negative interaction" (NI); NA: Not applicable; ²: *: significant, $p < 0.05$; **: significant, $p < 0.01$; ***: significant, $p < 0.001$ based on F test.

However, higher behavioral proportions of AI (animal interaction) and NI (negative interaction) were observed at hour 1 and 2 in the group of animals kept in NE pen compared to the EE pen group. At hour 1, a discrete superior numerical difference was detected in group NE for behaviors AI and NI, the latter most relevant for skin lesion causes, indicating that environmental enrichment, despite not significant, has contributed to a reduction in interactions between animals during the first hour of lairage and a reduction in aggressive behavior among pigs during the first 2 hours of lairage. Also, interaction between animals and the metal chains (RI) presented higher proportions at the first hour of the resting period, followed by a decrease in the next 2 hours, with a small increase in the last hour of the observation period. In parallel, proportion of animals interacting with environment (EI) presented a similar trend, whereas the distribution of animals performing no activities (I) has increased over time.

Water ingestion (D) presented similar proportions between groups, evidencing a proportional reduction over time, except for the last hour of EE group, which indicated a slight increase in relation to hours 2 and 3. In both groups (EE and NE) the proportion of standing (SA) and sitting (SI) pigs decreased from hour 1 to hour 4 as well as an increase at the same period was observed to the lying (L) animals proportion, showing a tendency of the animals to lie down during lairage, as also noted by Dalla Costa et al. (2017), without performing another activity. However, a small difference could be noted at the fourth hour of groups observation, which pigs kept in EE lairage demonstrated a higher proportion of behaviors SA, SI, D, EI, AI and NI in relation to NE lairage (3.62 vs. 1.24%; 1.49 vs. 0.79%; 0.13 vs 0.04%; 1.01 vs 0.21%; 1.47 vs. 0.59% and 0.31 vs. 0.20%, respectively), showing a slightly higher propension to perform other activities different than L and I.

4.4 Discussion

In literature, several studies report a proportional increase in the number of skin lesions with the extension of lairage time (Čobanović et al., 2016; Dalla Costa et al., 2018; Dokmanović et al., 2014; Driessen et al., 2020; Guàrdia et al., 2009; Nanni Costa et al., 2002; Pérez et al., 2020), which contradicts the objective of this resting period, represented by the stress recovery from previous stages and the regeneration of metabolic sources (FAUCITANO, 2001; FORTIN, 2002; GUÀRDIA et al., 2005, 2009; HOFFMAN; FISHER, 2010). Those findings might be related to a higher incidence of fights between pigs, which may be intensified by the

mixing of unfamiliar animals in a new environment (Dalla Costa et al., 2018; Dalmau et al., 2016; Driessen et al., 2020; Faucitano et al., 2020), resulting in a greater expression of exploratory behavior and so a higher probability of occurring fights between them (Dalla Costa et al., 2018). Thus, several authors recommend a resting period between 2 and 4 hours in order to improve animal welfare conditions (Čobanović et al., 2016; Dokmanović et al., 2014; Fortin, 2002; Guàrdia et al., 2009, 2005; Pérez et al., 2002; Rey-Salgueiro et al., 2018; Zhen et al., 2013), unlike this experiment based on commercial conditions.

Nevertheless, contrary to what was observed in this study, the resting period at the slaughterhouse might not contribute to an increase in skin lesion level. Panella-Riera et al. (2012) didn't detect significant influence of lairage on lesion levels under experimental conditions when considering periods of 0h and 12h, justified by the practice of not mixing unfamiliar animals associated with minimal stress pre-slaughter handling conditions. Pérez et al. (2002) also did not report significant effect by lairage duration of 0, 3 and 9h under commercial conditions on skin lesions.

Pigs have exploratory behavior and when they are not allowed to perform this natural behavior, tend to react aggressively with other animals from the pen group (Mkwanazi et al., 2019). Environmental enrichment in pig farming is investigated for many years by several authors in order to characterize and define the performance of the tools used (HILL et al., 1998; BEATTIE et al., 2000; BEATTIE; O'CONNELL; MOSS, 2000; SCOTT et al., 2006; MELOTTI et al., 2011; DOUGLAS et al., 2012; CORNALE et al., 2015; CHOU et al., 2018; DURÁN et al., 2019; KO et al., 2020; OCEPEK et al., 2020), however, few are the studies that evaluate its use on abattoirs, during lairage.

Peeters & Geers (2006), which evaluated the effect of the environmental enrichment during lairage on skin lesions level of pigs, obtained a significant reduction on the incidence of lesions caused by fights in front part of the animals' body, that were submitted to two kinds of enrichment – (1) rubber toys and (2) balls filled with maize – in relation to conventional lairage, whereas lesions in middle and hind-quarter parts didn't differ based on treatments. Thus, differently from what was observed in this study, environmental enrichment caused a reduction in skin lesions justified by the alternance of distraction resources, since distinct result were obtained from rubber toys and balls with maize, where the latter were more efficient. Thereby, metal chains might represent a less favorable resource for slaughterhouses, although they are related to better animal welfare conditions

at farms when used in bigger size and branched, being able to distract two or more pigs simultaneously (BRACKE; KOENE, 2019). On the other hand, no other study which evaluated the use of metal chains during lairage was found to discuss the results of this experiment.

Also as noted in the present study, Peeters & Geers (2006) didn't find relation between enrichment treatments and the proportion of animals standing, sitting and lying, showing significant difference only between animals' interaction with the types of enrichment tools. Unlike this study, fights weren't monitored, which were indirectly referenced by skin lesion score. Investigations made by Faucitano et al. (2020) with behavioral differences between pigs with previous contact with environmental enrichment at farms and those who were conventionally raised didn't observe significant effect on the number of lying, drinking water and fighting animals. Also, Klont et al. (2001) and Lebret et al. (2006) didn't detect behavioral differences among pigs raised in enriched and conventional rearing systems. In contrast, Barton Gade (2008a, 2008b) noticed lower aggressive behavior incidences in group of pigs raised in enriched systems, indicating that animals from the present study could have shown a better conduct if exposed previously to enrichment resources, during productive cycle. In general, those findings corroborate the data presented in this experiment, which negative interaction frequencies were lower in groups submitted to EE lairage.

Followed by handling, lesions caused by fights were the second main source detected in both lairage treatments (EE and NE) in this study. The mixing of unfamiliar animals during pre-slaughter operations might have provided a higher incidence of negative interaction between them (BARTON GADE, 2008a, 2008b; VAN STAAVEREN et al., 2015; PEDEN et al., 2018; FAUCITANO et al., 2020), since pigs were mixed during loading, transport, unloading and lairage, possibly mitigating the effect of metal chains in the EE pen. In addition, as a similar pattern observed in literature (BARTON GADE, 2008a), the chains model (non-branched) may have instigated a competition between pigs over time, considering its novelty to them, since animals weren't previously exposed to any enrichment resource, and availability for individual use.

Lesions caused by reciprocal fights (to establish hierarchy) tend to prevail on the head and front part of the body, while lesions caused by unrequited fights have higher chances to occur in the hind-quarter of the chased animal (FAUCITANO, 2001; TURNER et al., 2006). Handling-type lesions may occur with higher frequencies in posterior (Dalmau et al., 2014; Faucitano, 2001) and middle parts of the body and, finally, mounting-type lesions can be

commonly found in middle part, especially in the back (FAUCITANO, 2001), which may indicate overcrowding (DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020) and sexual behavior expression (VAN STAAVEREN et al., 2015). Hence, considering that animals from this experiment presented higher proportions of lesions caused by handling and the body part with the worst scores (3 and 4) was the middle, it can be inferred that operational procedures and farms, vehicles and abattoir structures must be revised in order to implement animal welfare improvements, corroborating the possibility of monitoring indirectly such conditions at the slaughter line based on location, shape and size of skin lesions (Carroll et al., 2018; Dalmau et al., 2014; Grandin, 2017).

4.5 Conclusion

Pre-slaughter operations actively participate on pig skin lesions formation as well as its monitoring can be done in the slaughter line. The time spent by animals during lairage significantly influence the behavior and the amount of skin lesions in different parts of their body, however, environmental enrichment during lairage at the slaughterhouse neither significantly reduced skin lesions nor influenced pig's behavior.

In this experiment, the hypothesis that the use of hanging metal chains over the extent of lairage pen to proportion environmental enrichment to pigs alter their behavior, including agonistic behaviors, as well as reduce skin lesion levels, couldn't be proven.

Conflicts of interest

None.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Acknowledgements

The authors wish to thank Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" for providing technical support and field personnel. Also, special acknowledgments should be given to the staff all farms and slaughterhouse that provided data collection.

REFERENCES

- Barton Gade, P., 2008a. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of outdoor and conventionally raised pigs. *Animal* 2, 902–911. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002000>
- Barton Gade, P., 2008b. Effect of rearing system and mixing at loading on transport and lairage behaviour and meat quality: Comparison of free range and conventionally raised pigs. *Animal* 2, 1238–1246. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002565>
- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Kilpatrick, D.J., Moss, B.W., 2000a. Influence of environmental enrichment on welfare-related behavioural and physiological parameters in growing pigs. *Anim. Sci.* 70, 443–450. <https://doi.org/10.1017/S1357729800051791>
- Beattie, V.E., O'Connell, N.E., Moss, B.W., 2000b. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livest. Prod. Sci.* 65, 71–79. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00179-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00179-7)
- Bracke, M.B.M., Koene, P., 2019. Expert opinion on metal chains and other indestructible objects as proper enrichment for intensively-farmed pigs. *PLoS One* 14, 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212610>
- Brandt, P., Rousing, T., Herskin, M.S., Olsen, E. V., Aaslyng, M.D., 2017. Development of an index for the assessment of welfare of finishing pigs from farm to slaughter based on expert opinion. *Livest. Sci.* 198, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.008>
- Carroll, G.A., Boyle, L.A., Hanlon, A., Collins, L., Griffin, K., Friel, M., Armstrong, D., O'Connell, N.E., 2018. What can carcass-based assessments tell us about the lifetime welfare status of pigs? *Livest. Sci.* 214, 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.020>
- Castro, A.C. De, 2016. Comportamento e desempenho sexual de suínos reprodutores criados em ambientes enriquecidos 153.
- Chou, J.Y., D'Eath, R.B., Sandercock, D.A., Waran, N., Haigh, A., O'Driscoll, K., 2018. Use of different wood types as environmental enrichment to manage tail biting in docked pigs in a commercial fully-slatted system. *Livest. Sci.* 213, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.04.004>
- Čobanović, N., Bošković, M., Vasilev, D., Dimitrijević, M., Parunović, N., Djordjević, J., Karabasil, N., 2016. Effects of various pre-slaughter conditions on pig carcasses and meat quality in a low-input slaughter facility. *South African J. Anim. Sci.* 46, 380–390. <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i4.6>
- Cornale, P., Macchi, E., Miretti, S., Renna, M., Lussiana, C., Perona, G., Mimosi, A., 2015. Effects of stocking density and environmental enrichment on behavior and fecal corticosteroid levels of pigs under commercial farm conditions. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 10, 569–576. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2015.05.002>
- Dalla Costa, F.A., Lopes, L.S., Dalla Costa, O.A., 2017. Effects of the truck suspension system on animal welfare, carcass and meat quality traits in pigs. *Animals* 7, 4–6. <https://doi.org/10.3390/ani7010005>
- Dalmau, A., Nande, A., Vieira-Pinto, M., Zamproga, S., Di Martino, G., Ribas, J.C.R., da Costa, M.P., Halinen-Elmo, K., Velarde, A., 2016. Application of the Welfare Quality® protocol in pig slaughterhouses of five countries. *Livest. Sci.* 193, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.10.001>

- Dokmanović, M., Velarde, A., Tomović, V., Glamočlija, N., Marković, R., Janjić, J., Baltić, M.Z., 2014. The effects of lairage time and handling procedure prior to slaughter on stress and meat quality parameters in pigs. *Meat Sci.* 98, 220–226. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.003>
- Douglas, C., Bateson, M., Walsh, C., Bédué, A., Edwards, S.A., 2012. Environmental enrichment induces optimistic cognitive biases in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 139, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.018>
- Driessen, B., Van Beirendonck, S., Buyse, J., 2020. Effects of transport and lairage on the skin damage of pig carcasses. *Animals* 10, 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani10040575>
- Durán, E., Churio, O., Lagos, J., Tadich, T., Valenzuela, C., 2019. Development of edible environmental enrichment objects for weaned pigs. *J. Vet. Behav.* 34, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.06.010>
- Faucitano, L., 2010. Effets des conditions d'attente à l'abattoir et d'abattage sur le bien-être animal et la qualité de la viande chez le porc. *Can. J. Anim. Sci.* 90, 461–469. <https://doi.org/10.4141/CJAS10020>
- Faucitano, L., 2001. Causes of skin damage to pig carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 81, 39–45. <https://doi.org/10.4141/A00-031>
- Faucitano, L., Conte, S., Pomar, C., Paiano, D., Duan, Y., Zhang, P., Drouin, G., Rina, S., Guay, F., Devillers, N., 2020. Application of extended feed withdrawal time preslaughter and its effects on animal welfare and carcass and meat quality of enriched-housed pigs. *Meat Sci.* 167, 108163. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108163>
- Fortin, A., 2002. The effect of transport time from the assembly yard to the abattoir and resting time at the abattoir on pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 82, 141–150. <https://doi.org/10.4141/A00-097>
- García-Celdrán, M., Ramis, G., Quereda, J.J., Armero, E., 2012. Reduction of transport-induced stress on finishing pigs by increasing lairage time at the slaughter house. *J. Swine Heal. Prod.* 20, 118–122.
- Grandin, T., 2017. On-farm conditions that compromise animal welfare that can be monitored at the slaughter plant. *Meat Sci.* 132, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., 2009. Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Sci.* 81, 745–751. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.020>
- Guàrdia, M.D., Estany, J., Balasch, S., Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A., 2005. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. *Meat Sci.* 70, 709–716. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.007>
- Hill, J.D., McGlone, J.J., Fullwood, S.D., Miller, M.F., 1998. Environmental enrichment influences on pig behavior, performance and meat quality. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 57, 51–68. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00116-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00116-0)
- Hoffman, L.C., Fisher, P., 2010. Comparison of the effects of different transport conditions and lairage times in a Mediterranean climate in South Africa on the meat quality of commercially crossbred Large white x Landrace pigs. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 81, 225–227. <https://doi.org/10.4102/jsava.v81i4.152>
- Jama, N., Maphosa, V., Hoffman, L.C., Muchenje, V., 2016. Effect of sex and time to slaughter (transportation and lairage duration) on the levels of cortisol, creatine kinase and subsequent relationship with pork quality. *Meat Sci.* 116, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.001>

- Klont, R.E., Hulsegge, B., Hoving-Bolink, A.H., Gerritzen, M.A., Kurt, E., Winkelman-Goedhart, H.A., De Jong, I.C., Kranen, R.W., 2001. Relationships between behavioral and meat quality characteristics of pigs raised under barren and enriched housing conditions. *J. Anim. Sci.* 79, 2835–2843. <https://doi.org/10.2527/2001.79112835x>
- Ko, H.L., Chong, Q., Escibano, D., Camerlink, I., Manteca, X., Llonch, P., 2020. Pre-weaning socialization and environmental enrichment affect life-long response to regrouping in commercially-reared pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 229, 105044. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105044>
- Melotti, L., Oostindjer, M., Bolhuis, J.E., Held, S., Mendl, M., 2011. Coping personality type and environmental enrichment affect aggression at weaning in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 133, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.05.018>
- Mkwanazi, M.V., Ncobela, C.N., Kanengoni, A.T., Chimonyo, M., 2019. Effects of environmental enrichment on behaviour, physiology and performance of pigs - A review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 32(1), 1-13. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0138>
- Nanni Costa, L., Lo Fiego, D.P., Dall'Olio, S., Davoli, R., Russo, V., 2002. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Sci.* 61, 41–47. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00160-7](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00160-7)
- National Pork Board, 2019. Common swine industry audit.
- Ocepek, M., Goold, C.M., Busančić, M., Aarnink, A.J.A., 2020. Maize silage as enrichment material improves the welfare of growing-finishing pigs in environmentally-friendly pens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 230. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105043>
- Panella-Riera, N., Gispert, M., Gil, M., Soler, J., Tibau, J., Oliver, M.A., Velarde, A., Fàbrega, E., 2012. Effect of feed deprivation and lairage time on carcass and meat quality traits on pigs under minimal stressful conditions. *Livest. Sci.* 146, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.02.017>
- Peden, R.S.E., Turner, S.P., Boyle, L.A., Camerlink, I., 2018. The translation of animal welfare research into practice: The case of mixing aggression between pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 204, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.03.003>
- Peeters, E., Geers, R., 2006. Influence of provision of toys during transport and lairage on stress responses and meat quality of pigs. *Anim. Sci.* 82, 591–595. <https://doi.org/10.1079/ASC200686>
- Pereira, T.L., Titto, E.A.L., Conte, S., Devillers, N., Somavilla, R., Diesel, T., Dalla Costa, F.A., Guay, F., Friendship, R., Crowe, T., Faucitano, L., 2018. Application of a ventilation fan-misting bank on pigs kept in a stationary trailer before unloading: Effects on trailer microclimate, and pig behaviour and physiological response. *Livest. Sci.* 216, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.07.013>
- Pérez, M.P., Palacio, J., Santolaria, M.P., Aceña, M.C., Chacón, G., Gascón, M., Calvo, J.H., Zaragoza, P., Beltran, J.A., García-Belenguer, S., 2002. Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 61, 425–433. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00216-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00216-9)
- Rey-Salgueiro, L., Martinez-Carballo, E., Fajardo, P., Chapela, M.J., Espiñeira, M., Simal-Gandara, J., 2018. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse. *Meat Sci.* 142, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.005>
- Scott, K., Taylor, L., Gill, B.P., Edwards, S.A., 2006. Influence of different types of environmental enrichment on the behaviour of finishing pigs in two different housing systems. *Appl.*

Anim. Behav. Sci. 99, 222–229. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.10.013>

- Tönepöhl, B., Appel, A.K., Welp, S., Voß, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2012. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs' reactions to novelty, conspecifics and handling. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 140, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.05.002>
- Turner, S.P., Farnworth, M.J., White, I.M.S., Brotherstone, S., Mendl, M., Knap, P., Penny, P., Lawrence, A.B., 2006. The accumulation of skin lesions and their use as a predictor of individual aggressiveness in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 96, 245–259. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.06.009>
- Van De Weerd, H.A., Docking, C.M., Day, J.E.L., Edwards, S.A., 2005. The development of harmful social behaviour in pigs with intact tails and different enrichment backgrounds in two housing systems. *Anim. Sci.* 80, 289–298. <https://doi.org/10.1079/ASC40450289>
- Van Staaveren, N., Teixeira, D.L., Hanlon, A., Boyle, L.A., 2015. The effect of mixing entire male pigs prior to transport to slaughter on behaviour, welfare and carcass lesions. *PLoS One* 10, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122841>
- Zhen, S., Liu, Y., Li, X., Ge, K., Chen, H., Li, C., Ren, F., 2013. Effects of lairage time on welfare indicators, energy metabolism and meat quality of pigs in Beijing. *Meat Sci.* 93, 287–291. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.008>

5 CONCLUSÃO GERAL

Com os achados deste estudo, pôde-se concluir que o número de lesões na pele de suínos aumenta significativamente por meio do transporte e do descanso pré-abate, etapas essas obrigatoriamente envolvidas no processo de abate comercial dos mesmos, as quais são capazes de comprometer o bem-estar dos animais.

A distância percorrida no transporte influencia o nível de lesões em diferentes partes do corpo dos suínos, a qual tende a agravá-lo com a sua dilatação, bem como as condições microclimáticas podem propiciar condições favoráveis para um maior agravamento das lesões, uma vez que em transportes sob climas tropicais as temperaturas e umidades relativas do ar nos compartimentos do veículo de transporte encontram-se, em sua maioria, em condições de desconforto para os suínos.

Os níveis de vibração sentidos pelos animais no transporte nos diferentes eixos e suas resultantes nos compartimentos do veículo durante os trajetos podem contribuir igualmente para um maior agravamento no nível de lesões na pele de suínos, dado que durante tal etapa foram ultrapassados os limites de segurança para a saúde nas vibrações do corpo.

Ainda, durante uma mesma viagem, podem ocorrer variações de temperatura, umidade relativa e níveis de vibração para os animais alojados nos diferentes compartimentos do veículo, evidenciando uma heterogeneidade das condições microclimáticas e de vibração percebidas pelos suínos e uma consequente demanda por um manejo diferenciado para as distintas partes da carreta.

O descanso pré-abate enriquecido com correntes de ferro na extensão das baias efetuado no abatedouro, embora não tenha participado de uma redução significativa da frequência de comportamentos agressivos entre os animais, representou uma menor interação negativa entre os mesmos nas duas primeiras horas de descanso, refletindo, também, menores médias não significativas de lesões ocasionadas por monta, briga e manejo em comparação ao descanso convencional (sem enriquecimento).

No decorrer das etapas pré-abate, o manejo é a principal causa formadora de lesões nos suínos, seguido de brigas e monta, indicando que tanto as operações quanto as estruturas envolvidas nas referidas etapas requerem revisão por parte dos envolvidos nas granjas, transportadoras e abatedouros a fim de proporcionar melhores condições de bem-estar aos suínos.

Ao comparar isoladamente as consequências do transporte e do descanso pré-abate na proporção de aumento do número de lesões em cada parte do corpo (orelha, dianteira, média, posterior e membros), nota-se que as partes dianteira, posterior e membros foram mais afetados pelo transporte, enquanto que a parte média foi mais afetada pelo descanso pré-abate. Em um cenário geral, as maiores proporções de aumento de lesões foram ocasionadas durante o descanso, igualmente na parte média do corpo dos suínos.

As avaliações nos animais vivos e nas carcaças, no *post-mortem*, juntamente com as ferramentas de análise estatísticas, foram fundamentais para estabelecer diretamente a relação entre as etapas comerciais de pré-abate e o nível de lesões, bem como inferir as condições de bem-estar animal oferecidas pelas etapas aos suínos. Entretanto, torna-se necessária a obtenção de mais dados voltados para a realidade comercial brasileira, uma vez que há poucos estudos nacionais com condições de transporte e de descanso pré-abate de suínos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse experimento foi fundamental para a minha formação profissional uma vez que proporcionou a oportunidade de acompanhar a rotina comercial do carregamento e transporte de suínos, possibilitando a constatação de sua importância na cadeia produtiva, bem como forneceu uma visão completa das operações pré-abate, uma vez que minha área de atuação consiste no abate e processamento tecnológico dos mesmos.

Com a visão prática obtida nesse estudo, ressalta-se a importância de cumprir um programa de manutenção preventiva e corretiva das estruturas das granjas, veículos transportadores e abatedouro para mitigar a formação de lesões. Ainda, em relação às granjas, pôde-se perceber que baias com um menor grupo de animais e em melhores condições de higiene proporcionaram melhores condições de alojamentos aos animais, os quais apresentaram uma menor proporção de lesões.

Embora haja acordos comerciais envolvidos no transporte de suínos, torna-se importante a revisão da logística dessa etapa de modo a favorecer a aquisição de animais provenientes de granjas mais próximas aos estabelecimentos de abate, dado que o tempo e a duração de transporte possuem uma importante relação com o bem-estar dos animais.

É de extrema importância que todos os envolvidos nas operações pré-abate estejam engajados com os preceitos de bem-estar animal, pois esforços empregados em etapas anteriores podem ser perdidos ou enfraquecidos pelo descuido em etapas subsequentes, além de proporcionar prejuízos econômicos. Para isso, deve ocorrer a conscientização contínua de todos os colaboradores envolvidos bem como a implantação de programas de bonificação a fim de incentivar a manutenção das boas práticas nas operações pré-abate.