



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**JOÃO JOSÉ DE MESQUITA SALES**

**EFICIÊNCIA DO MOLHAMENTO DA CARGA DE LEITÕES COMO  
ATENUANTE DO ESTRESSE TÉRMICO DURANTE O MANEJO DE  
TRANSPORTE**

**FORTALEZA**

**2023**

JOÃO JOSÉ DE MESQUITA SALES

EFICIÊNCIA DO MOLHAMENTO DA CARGA DE LEITÕES COMO ATENUANTE DO  
ESTRESSE TÉRMICO DURANTE O MANEJO DE TRANSPORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas. Área de concentração: Ambiente Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S155e Sales, João José de Mesquita.  
Eficiência do molhamento da carga de leitões como atenuante do estresse térmico durante o manejo de transporte / João José de Mesquita Sales. – 2023.  
50 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.
1. Ambiência . 2. Conforto térmico. 3. Resfriamento evaporativo. 4. Suínos. 5. Transporte animal. I.  
Título.

CDD 630

---

JOÃO JOSÉ DE MESQUITA SALES

EFICIÊNCIA DO MOLHAMENTO DA CARGA DE LEITÕES COMO ATENUANTE DO  
ESTRESSE TÉRMICO DURANTE O MANEJO DE TRANSPORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Sistemas Agrícolas. Área de concentração: Ambiência Agrícola.

Aprovada em: 27/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Carla Renata Figueiredo Gadelha  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Nítalo André Farias Machado  
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

A Deus.

Aos meus pais, João e Socorro.

Ao meu irmão João Victor.

A minha vó Marinete (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por todas as graças alcançadas e oportunidades que me foram concedidas.

A Nossa Senhora, nossa mãe maior.

São Jorge, meu protetor.

Aos meus pais João Sales e Maria Socorro e meu irmão João Victor por todo o amor e apoio incondicional, pelos ensinamentos, estímulo aos estudos e de correr atrás dos meus sonhos sempre de forma honesta e íntegra. Obrigado por todos os esforços e dedicação em meio a tantas dificuldades e atribulações. A vocês eu devo tudo.

Aos meus tios Neto e Valda pelas oportunidades que me proporcionaram e apoio em diversos momentos de minha vida. Muito obrigado.

Ao Prof. Zeca, pela orientação, por todos os ensinamentos, apoio, companheirismo, confiança e por todos os momentos de conversa e descontração, serei eternamente grato por tudo.

Ao Prof. Nítalo Machado pelo o imenso apoio, desde o processo seletivo até o desenvolvimento e finalização deste trabalho, serei eternamente grato.

À professora Carla Renata pela imensa ajuda no desenvolvimento do trabalho, os ensinamentos desde a graduação e pela participação na banca.

À Universidade Federal do Ceará, por todas as oportunidades e aprendizados.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola, em especial ao professor Carlos Alberto Viliotti (Magrão).

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.

À minha fiel companheira e neurônio complementar minha amiga Simone Mendes, pela imensa ajuda em tudo que eu precisei, tanto na parte acadêmica como profissional, muito obrigado por tudo, amo você imensamente e também a nossa querida Amira que está na sua barriga.

À minha fiel amiga Ingrid Barbosa por todos os ensinamentos e auxílio na graduação e pós-graduação. A você eu devo muito!

Todos os amigos da salinha do ESA e do LAGRO: Liah, Isabela, Wilson, Alex, Lilian e Wallison, sentirei muitas saudades de todos os nossos momentos juntos.

A todos os membros do NEAMBE, por todo o apoio e auxílio.

A Ana (Aninha) pelo imenso carinho desde quando cheguei ao departamento.

Ao meu melhor amigo Antônio Júnior (Thé) pelo companheirismo, incentivo, conselhos, hospitalidade, paciência e gargalhadas. Sou grato por tudo que você e sua mãe (Dona Délia) fizeram e fazem por mim.

Aos meus amigos do Mamada, Júnior, Kash (Beatriz), Sis (Ana Carolina), Vanessa, Sofia e Luccas, pela amizade, amor e carinho de todos. Vocês são pessoas extremamente importantes da minha vida, amo muito vocês.

Aos meus amigos Mayara, Rayssa Aline, Isabela (Bells), Victória Vieira, Emanuella (Manu), Matheus, Rennan Rômulo, Artur, Ana Carolina (Carolzinha), Marina Rose, Débora, Mirelio, Alonso, Bruno Ramires, Cayo, Cirliane, Bárbara Stefanny e tantos outros que sempre me ajudaram quando mais precisei, meu muito obrigado a todos.

A todos os meus colegas e professoras da Casa de Cultura Italiana pelo imenso apoio e incentivo.

Por fim, a minha vó Marinete (in memorian), por todo o amor e carinho durante toda a minha vida, e por ter me estimulado desde cedo, mesmo que de forma indireta, a ter contato com animais e querer trabalhar com produção animal. Eu vou amar a senhora sempre.

“Eu andarei vestido, armado e cercado com as armas de São Jorge, para que meus inimigos tendo pés, não me alcancem, tendo mãos não me peguem, tendo olhos não me vejam, e nem pensamentos eles possam ter para me fazerem mal.”

Oração de São Jorge



## RESUMO

O planejamento inadequado da operação de transporte de leitões pode comprometer o bem-estar dos animais e causar perdas produtivas ao setor. O presente estudo investigou a hipótese de que o molhamento dos leitões durante o embarque dos animais pode aumentar a carga térmica e intensificar o estresse dos animais pela saturação do ar no ambiente interno dos compartimentos da carga. Para isso, foram monitoradas 14 viagens comerciais com percurso fixo de 97 km, das quais 7 foram submetidas ao protocolo de molhamento (CMOLHA) e 7 sem o molhamento (SMOLHA). Foram medidas a temperatura retal (TR °C), frequência respiratória (FR respirações/minuto), temperatura orbital (TO °C), cortisol salivar (ng/mL), creatina quinase (UI/L) e lactato (mg/mL) de 168 leitões (12/viagem) após o transporte. O volume de água utilizado foi mensurado a partir do início e do fim do protocolo de molhamento. Os parâmetros ambientais foram registrados de forma contínua por miniestações meteorológicas acopladas dentro dos compartimentos do veículo. Os dados foram submetidos à estatística descritiva básica seguida pelo teste t de Student a 5% de significância ( $P < 0,05$ ). A quantidade média de água utilizada no CMOLHA foi  $2.700 \pm 180$  litros/viagem, totalizando um valor médio de  $18.900 \pm 180$  litros nas 7 viagens monitoradas. Os resultados mostraram que as temperaturas dentro da carga do transporte não diferiram ( $p > 0,05$ ), mas ocorreu um aumento significativo de 13% e 8,74kg/ kJ de ar seco na umidade relativa e entalpia da CMOLHA. Os leitões transportados no tratamento CMOLHA apresentaram maiores níveis de cortisol salivar ( $p < 0,05$ ). Nas condições de realização da pesquisa, o protocolo de molhamento da carga de leitões durante a etapa de transporte se mostrou ineficiente na atenuação do estresse térmico.

**Palavras-chave:** ambiência; conforto térmico; resfriamento evaporativo; suínos; transporte animal.

## ABSTRACT

Inadequate planning of the piglet transportation operation can compromise animal welfare and cause production losses for the sector. This study investigated the hypothesis that wetting piglets during loading can increase the heat load and intensify animal stress due to air saturation in the internal environment of the load compartments. To this end, 14 commercial journeys with a fixed route of 97 km were monitored, 7 of which were subjected to the wetting protocol (CMOLHA) and 7 without wetting (SMOLHA). Rectal temperature (TR °C), respiratory rate (FR breaths/min), orbital temperature (TO °C), salivary cortisol (ng/mL), creatine kinase (UI/L) and lactate (mg/mL) were measured in 168 piglets (12/trip) after transportation. The volume of water used was measured from the start and end of the wetting protocol. Environmental parameters were recorded full-time by mini weather stations attached to the vehicle compartments. The data was subjected to basic descriptive statistics followed by Student's t-test at 5% significance ( $P < 0.05$ ). The average amount of water used in the CMOLHA was  $2,700 \pm 180$  liters/trip, totaling an average value of  $18,900 \pm 180$  liters over the 7 trips monitored. The results showed that the temperatures within the transport load did not differ ( $p > 0.05$ ), but there was a significant increase of 13% and 8.74kg/kj of dry air in the relative humidity and enthalpy of the CMOLHA. The piglets transported in the CMOLHA treatment had higher salivary cortisol levels ( $p < 0.05$ ). Under the conditions in which the research was carried out, the protocol of wetting the piglet load during the transportation stage proved to be inefficient in mitigating heat stress.

**Keywords:** ambience; thermal comfort; evaporative cooling; pig; animal transport.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Principais formas de perda de calor .....   | 23 |
| Figura 2 - Representação das cidades onde as viagens foram monitoradas .....   | 28 |
| Figura 3 - Modelo de caminhão utilizado nos transportes.....   | 29 |
| Figura 4 - Fluxograma da amostragem.....   | 31 |
| Figura 5 - Molhamento da carga de leitões .....  | 31 |
| Figura 6 - Data Logger utilizado no experimento (A) e aparelho instalado no interior do<br>compartimento da carga do caminhão (B)..... | 32 |
| Figura 7 - Câmera termográfica (A) e coleta das fotos (B).....   | 34 |
| Figura 8 - Médias de Umidade Relativa (UR) no interior da carga do caminhão com e sem<br>a realização de molhamento da carga .....     | 38 |
| Figura 9 - Médias dos valores de Entalpia das viagens com e sem molhamento da carga ....   | 39 |
| Figura 10 - Acúmulo de água no piso dos compartimentos do veículo após o protocolo de<br>molhamento da carga .....                     | 43 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Valores da Temperatura Crítica Inferior (TCI), Zona de Conforto Térmico (ZCT) e Temperatura Crítica Superior (TCS) de leitões em função da idade. ....  | 22 |
| Tabela 2 - Condições térmicas ideais para o transporte de leitões e suínos adultos.....  | 24 |
| Tabela 3 - Médias da temperatura do ar, umidade relativa, entalpia e ITU dentro do caminhão durante as viagens com e sem molhamento .....  | 36 |
| Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros fisiológicos de temperatura retal, frequência respiratória, temperatura orbital, cortisol, creatina quinase e lactato de leitões submetidos ou não ao protocolo de molhamento ..... | 40 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |  |
|--------|--|
| ABPA   | Associação Brasileira de Proteína Animal     |
| CE     | Ceará  |
| CMOLHA | Com molhamento                               |
| CV     | Coefficiente de variação                     |
| DOA    | Mortes na chegada                            |
| h      | Entalpia                                     |
| FR     | Frequência respiratória                      |
| INMET  | Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil |
| ITU    | Índice de Temperatura e Umidade              |
| PB     | Pressão barométrica                          |
| SMOLHA | Sem molhamento                               |
| t      | Temperatura                                  |
| TA     | Temperatura do ar                            |
| TCI    | Temperatura crítica Inferior                 |
| TCS    | Temperatura crítica Superior                 |
| TR     | Temperatura retal                            |
| UR     | Umidade relativa                             |
| ZCT    | Zona de conforto térmico                     |

## LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- ® Marca Registrada

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                           | <b>17</b> |
| 1.1      | Objetivo geral.....                               | 18        |
| 1.2      | Objetivos específicos.....                        | 18        |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                | <b>19</b> |
| 2.1      | Ambiência na suinocultura .....                   | 19        |
| 2.2      | Termorregulação e zona de termoneutralidade ..... | 21        |
| 2.3      | Transporte de leitões.....                        | 23        |
| 2.4      | Molhamento de animais no carregamento .....       | 25        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                    | <b>28</b> |
| 3.1      | Planejamento experimental .....                   | 28        |
| 3.2      | Manejo e infraestrutura.....                      | 29        |
| 3.3      | Parâmetros ambientais.....                        | 31        |
| 3.4      | Parâmetros fisiológicos.....                      | 33        |
| 3.5      | Termografia infravermelho .....                   | 34        |
| 3.5      | Análises estatísticas.....                        | 34        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>               | <b>36</b> |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                             | <b>45</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                          | <b>46</b> |
|          | <b>APÊNDICE A – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>     | <b>53</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura, em comparação a outras cadeiras produtivas, tem crescido de maneira exponencial no Brasil nos últimos anos, em função de uma série de fatores que favorecem a atividade, tais como extensão territorial, produção de insumos e disponibilidade de mão de obra. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) (2023), em 2022 o Brasil produziu pouco mais de 4,98 milhões de toneladas de carne suína, consolidando-se como o quarto maior produtor mundial de suínos, sendo 1,01 milhões de toneladas exportadas.

O elevado número de animais envolvidos no sistema produtivo indica que centenas de suínos são transportados todos os dias (DALLA-COSTA *et al.*, 2021). Em alguma fase da produção estes animais serão submetidos a algum tipo de transporte, seja pela necessidade de transferência para outras unidades de produção, seja para o abatedouro, sendo uma das etapas mais críticas na produção de suínos, pondo em risco a produção (MOTA-ROJAS *et al.*, 2014).

O transporte de leitões é uma operação rotineira e pouca estudada. Esta operação é realizada em países como EUA e Canadá principalmente após o desmame por questões sanitárias, a fim de reduzir a incidência de doenças entre suínos de diferentes idades dentro de uma mesma unidade produtiva, como também questões econômicas e logísticas, proximidade de compradores, (ROLDAN-SANTIAGO *et al.*, 2013; GOLIGHTLY *et al.*, 2021), enquanto no Brasil, especialmente na região Nordeste, o transporte de leitões ocorre principalmente entre fazendas destinadas a fase de creche para as de fases de crescimento e terminação.

Durante o transporte, é desenvolvido um microclima dentro dos compartimentos do veículo, sendo este formado pela temperatura ambiente, umidade relativa do ar e velocidade do vento, além da densidade da carga, tamanho dos animais e movimentação do veículo (MCGLONE *et al.*, 2014). Esse microclima tende a impactar os animais de forma negativa principalmente em função das elevadas temperaturas, resultando em estresse térmico e no comprometimento do seu bem-estar.

Como forma de mitigar os efeitos deletérios do estresse térmico e atenuar seus efeitos durante a operação de transporte, é comum a realização da prática de molhamento da carga no momento do embarque e desembarque dos animais, sendo uma técnica bastante utilizada por granjas e frigoríficos no Brasil (DALLA-COSTA *et al.*, 2015), uma vez que esta promove a redução da temperatura corporal, da pressão cardiovascular e pode acalmar os animais. Porém, tal prática é feita de forma empírica, sem nenhum critério norteador de



quantidade, duração ou intensidade do molhamento, resultando em uma prática desuniforme, com animais e compartimentos mais ou menos molhados. Além disso, o excesso de umidade lançado na estrutura de transporte causa saturação do ar ao longo da carga, o que poderá dificultar as trocas de calor dos suínos com o ambiente.

A partir da possibilidade da prática do molhamento da carga dificultar as trocas de calor e intensificar o estresse durante a etapa de transporte, é feito o questionamento sobre a real necessidade da realização deste procedimento, principalmente em regiões com escassez hídrica, o que pode não só agravar o estresse térmico dos animais, como também aumentar o desperdício de água. Até então, na maioria dos estudos envolvendo o transporte de suínos, o estresse térmico durante essa etapa e prática de molhamento foram realizados em locais de clima temperado, como países da Europa, EUA e Canadá, sendo escassos os trabalhos realizados no Brasil, especialmente na região Nordeste, cuja predominância é do clima semiárido.

### **1.1 Objetivo geral**

Avaliar a eficiência do protocolo padrão de molhamento da carga da operação de transporte rodoviário de leitões em clima semiárido e correlaciona-lo aos parâmetros fisiológicos indicadores de estresse.

### **1.2 Objetivos específicos**

- 1) Monitorar o perfil micrometeorológico da carga com ou sem o protocolo de molhamento da carga;
- 2) Determinar a Entalpia Específica (h) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no ambiente de transporte com ou sem o molhamento da carga;
- 3) Mensurar indicadores fisiológicos de temperatura real, temperatura orbital e frequência respiratória dos leitões com ou sem o protocolo de molhamento da carga;
- 4) Mensurar as concentrações de cortisol, creatina quinase e lactato dos leitões e relaciona-las ao protocolo de molhamento da carga.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ambiência na suinocultura

A crescente intensificação no sistema de produção de suínos, associada a atual conjuntura mundial, de aumento na demanda de alimentos em um cenário cada vez mais desafiador com constantes mudanças climáticas, tem feito a ambiência ser cada vez mais discutida e pesquisada, a fim de garantir condições ambientais adequadas para que os animais estejam dentro do conforto térmico e expressem o seu máximo potencial produtivo, garantindo bem-estar animal e qualidade do produto final (SINCLAIR *et al.*, 2022). Os grandes avanços em novas tecnologias na forma de produzir suínos e gerir uma granja, permitiram o aumento da produção de suínos em curtos espaços de tempo, área e em locais que antes não poderiam ser utilizados para tal finalidade, aumentando assim a produtividade por área. Essa intensificação da suinocultura com o aumento do número de animais em determinadas áreas, tornou os suínos mais susceptíveis a condições estressantes, tais como fatores externos ou ambientais (temperatura ambiente e umidade), densidades e misturas de lotes (estresse social) e até mesmo exposição a patógenos (sistema imunológico) (GUEVARA *et al.*, 2022).

Durante muitos anos o fator ambiente foi um limitante na produção de suínos, uma vez que alguns ambientes apresentavam características que divergiam das características adequadas para o sistema de produção. Entretanto, com o avanço das pesquisas em ambiência, hoje já é possível utilizar novas técnicas que favoreçam a adaptação dos animais ao ambiente (BAÊTA; SOUZA, 2010). De forma geral, o ambiente pode ser definido como tudo que envolve o indivíduo em questão, e que compreende uma série de variáveis físicas, químicas, biológicas, sociais e climáticas onde eles se desenvolvem e interagem, gerando diferentes ações e comportamentos (CAGLIARI *et al.*, 2021). De acordo com Pandorfi *et al.* (2008), o ambiente em que os suínos estão alojados exerce influência direta no conforto térmico e bem-estar dos mesmos, dificultando a manutenção do balanço térmico, que a depender do estado em que se encontra este ambiente, pode afetar o seu desempenho produtivo.

Dentre os diversos fatores que influenciam na ambiência e no bem-estar dos animais, os fatores climáticos exercem grande impacto no sistema produtivo (SILVA, MINUSCULLI, REIS, 2021) independente da espécie e da fase produtiva. Em situações climáticas desfavoráveis e que causa estresse térmico, em especial estresse térmico por calor, os animais têm sua fisiologia alterada com o aumento de parâmetros indicadores de estresse

como lactato, creatina quinase e cortisol, aumento da frequência respiratória e temperatura retal. (ROSS *et al.*, 2015).

Dentre as ferramentas que podem ser utilizadas para favorecer o conforto térmico aos animais pode-se destacar sistemas de ventilação, umidificação, ambientes fechados e controlados, bem como materiais de construção adequados e que favoreçam as trocas de calor (GOMES, 2018). Mesmo com os animais alojados em ambientes fechados e controlados, estes ainda podem sofrer desconforto em função da elevada densidade (número de animais por m<sup>2</sup>) e mau uso dos recursos disponíveis e práticas de manejo (DALLA-COSTA *et al.*, 2019).

Ainda no que tange as ferramentas que podem ser utilizadas para promover uma melhor ambiência, é possível destacar a importância dos índices de conforto térmico. Existem vários índices de conforto térmico e que podem ser classificados como analíticos ou empíricos, mas ambos com o mesmo princípio: determinar as condições ambientais em que o indivíduo se encontra, para que seja possível mensurar se este se encontra em bem-estar (LIMA *et al.*, 2005). Viveiros (2022) destaca que os índices de conforto térmico permitem uma maior compreensão das propriedades termodinâmicas do ar e os seus efeitos na fisiologia, conforto e desempenho dos animais, uma vez que permitem quantificar e qualificar o conforto térmico dos animais de forma prática e não invasiva (DAMASCENO *et al.*, 2010).

Dentre os índices de conforto térmico, é possível destacar a entalpia específica (h). A entalpia compreende na soma dos calores sensível e latente, e que pode ser definida como a quantidade total de energia existente no ar a partir da temperatura e umidade (CASTRO-JÚNIOR e SILVA, 2020), sendo utilizada para diversas espécies além de suínos. Essa variável é frequentemente utilizada como um indicador de conforto nos sistemas de produção animal, indicando a quantidade de energia a ser removida do ambiente para que possam ser oferecidas condições de conforto térmico (RODRIGUES *et al.*, 2011). Villarroel *et al.* (2011) sugerem que a entalpia é um bom método não invasivo como indicador de bem-estar animal além da temperatura e da umidade relativa, podendo ser utilizada inclusive durante o transporte para caracterizar o compartimento onde o animal está alojado no veículo (MACHADO *et al.*, 2021a).

Ademais, vale salientar também o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que foi inicialmente desenvolvido por Thom (1959) com o objetivo de avaliar o conforto térmico em humanos a partir da temperatura e umidade relativa do ar, sendo posteriormente adaptado para ser utilizado na produção de bovinos leiteiros (DIKMEN; HANSEN, 2009). O ITU é dividido em categorias que indicam o nível de estresse térmico dos animais (COSTA, 2019), e

apesar de inicialmente ter sido desenvolvido para outra espécie (bovinos), hoje pode ser utilizado também para determinar estresse térmico de suínos (PEREIRA *et al.*, 2018), inclusive durante o transporte assim como a Entalpia.

Contudo a ambiência não se restringe apenas a fatores climáticos, por vezes associada erroneamente apenas a temperatura ambiente e umidade, se estendendo também nas relações e interações homem-animal (LASKOKIS; FRANÇA, 2022), e que podem também serem causadores de estresse, ainda mais na espécie suína que possui uma série de particularidades, o que torna ainda mais desafiador promover uma melhor ambiência. Essas particularidades estas que dizem respeito as características comportamentais da espécie como também as diferentes zonas de conforto térmico, que mudam em função da idade e estado produtivo dos animais (SILVA, 1999), e as formas de trocar calor com o ambiente (trocas de calor sensível e latente).

## **2.2 Termorregulação e zona de termoneutralidade**

Durante milhares de anos, os seres vivos desenvolveram vários mecanismos adaptativos que os permitiram se desenvolver e adaptar em diferentes tipos de ambiente, dentre eles, a capacidade de termorregulação pelos mamíferos. De acordo com Mota-Rojas *et al.* (2021), existem dois tipos de mecanismos termorreguladores: fisiológicos e comportamentais. Os mecanismos fisiológicos são involuntários e automáticos, ativados por termorreceptores, para tentar perder ou ganhar calor a depender da situação em que o animal se encontra. Já os mecanismos comportamentais são tomados voluntariamente pelos próprios seres vivos, como a busca por espaços sombreadas, áreas mais frescas, amontoamento com outros da espécie ou se dispersar, comportamentos estes facilmente expressados por suínos em situações de estresse térmico (GÓMEZ-PRADO, *et al.*, 2022).

Estes comportamentos, de maneira geral, buscam manter o organismo animal dentro da zona de termoneutralidade, onde este é capaz de compensar a perda ou ganho de calor com o ambiente sem a necessidade de um aumento na produção ou perda de calor metabólico (MOTA-ROJAS *et al.*, 2021). Os suínos são homeotérmicos, ou seja, conseguem regular e manter a temperatura corporal relativamente constante, ajustando através de mecanismos fisiológicos o calor produzido no metabolismo com o calor ganho do ambiente (MANNO *et al.*, 2006). Segundo Baêta e Souza (2010), o organismo do animal homeotérmico tem um sistema de controle de seu ambiente interno (sistema neural), e que recebe constantemente de seus vários sensores informações internas e externas do corpo que lhe

permite acionar mecanismos para garantir a constância da sua temperatura. Entretanto, este mecanismo os torna mais suscetíveis ao estresse térmico quando estão alojados em ambientes com temperaturas diferentes da sua zona de conforto, necessitando gastar mais energia para aquecer ou resfriar o corpo (GÓMEZ-PRADO, *et al.*, 2022).

Dentro da espécie suína, a zona de termoneutralidade depende de uma série de fatores como idade, peso, estado fisiológico, alimentação, genética, dentre outros (SILVA, 1999). Os leitões ao nascerem possuem o sistema termorregulador ainda imaturo, além de possuírem poucas reservas energéticas e quase nenhuma camada de tecido adiposo na pele, sendo assim mais sensíveis ao frio e necessitando de fontes de calor para permanecerem dentro do conforto térmico. Além disso, os leitões possuem maior superfície corporal em relação ao seu tamanho, sendo mais propensos a sofrerem de hipotermia (CALDARA *et al.*, 2013). Tais características mudam gradativamente na medida em que o animal se desenvolve, amadurece seu sistema termorregulador e desenvolve uma camada de tecido adiposo, que acaba servindo de isolante térmico, além de não conseguir realizar trocas de calor através da sudorese por suas glândulas sudoríparas serem ineficientes (ROLDAN-SANTIAGO *et al.*, 2010) (Tabela 1). Nessa fase produtiva onde os animais atingem a maturidade, estes apresentam maior sensibilidade ao calor, necessitando aumentar as trocas de calor com o ambiente e métodos de arrefecimento em situações fora da zona de conforto térmico.

Tabela 1 - Valores da Temperatura Crítica Inferior (TCI), Zona de Conforto Térmico (ZCT) e Temperatura Crítica Superior (TCS) de leitões em função da idade.

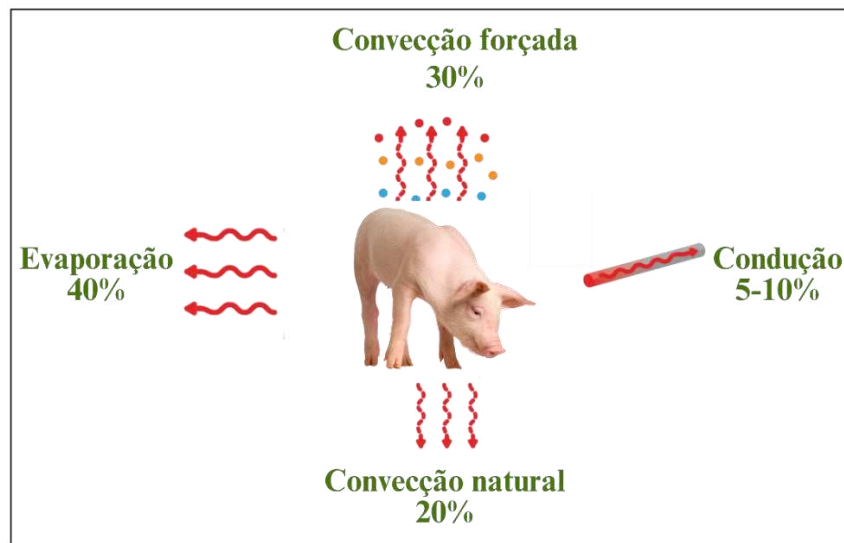
| Idade      | TCI (°C) | ZCT (°C) | TCS (°C) |
|------------|----------|----------|----------|
| 0-2 dias   | 20       | 32 – 35  | 38       |
| 2-4 dias   | 20       | 28 – 34  | 37       |
| 4-7 dias   | 16       | 25 – 31  | 35       |
| 7-35 dias  | 12       | 22 – 28  | 33       |
| 35-50 dias | 8        | 18 – 21  | 30       |

Adaptado de Baêta e Souza (2010).

As trocas de calor entre o animal e o meio podem se dar de duas formas: fluxo de calor sensível ou latente. O mecanismo que possui maior eficiência no processo de manutenção da temperatura corporal é fluxo de calor latente, também chamado de evaporativo, que se dá através do aumento da frequência respiratória (OLIVEIRA *et al.*, 2019), porém esse método torna-se pouco eficiente quando o fator temperatura está associado

a umidade elevada, onde ocorre uma saturação do ar, o que dificulta as trocas de calor, causando uma sensação de desconforto térmico. Já os fluxos de calor sensível, que se dão a partir de processos de condução, convecção e radiação, se apresentam menos eficientes em comparação ao calor sensível, uma vez que dependem de uma série de fatores como tamanho do corpo, temperatura e velocidade do ar em contato com o corpo (Figura 1).

Figura 1 - Principais formas de perda de calor



Adaptado de Laskokis e França (2022)

De maneira geral, os animais da espécie suína apresentam muitas dificuldades em trocar calor com o ambiente, e nas condições climáticas em que o Brasil se encontra, de predominância de clima tropical, tais animais tendem a sofrer por estresse térmico causado por temperaturas elevadas, principalmente em ambientes desfavoráveis ao conforto térmico, o que interfere diretamente no seu desempenho, como redução no consumo de ração, perda de peso ou ganho de peso mais lento, piora na conversão alimentar e baixa imunidade (LIMA *et al.*, 2022).

### 2.3 Transporte de leitões

Durante alguma fase produtiva da vida, os suínos serão submetidos a algum tipo de transporte, etapa considerada essencial no sistema de produção, porém que pode causar vários efeitos negativos para os animais, tais como perda de peso, mortalidade e alterações fisiológicas, uma vez que o bem-estar dos animais envolvidos é comprometido (ROLDAN-

SANTIAGO *et al.*, 2013; ROMERO; SÁNCHEZ; HERNANDEZ, 2022). Kümmerlen *et al.* (2019) considera o transporte como um fardo para a saúde e o bem-estar dos leitões, já que necessitam de um tempo maior para a recuperação desse evento estressante multifatorial.

Nas condições climáticas em que o Brasil se encontra, de predominância de clima tropical, os suínos de maneira geral, tendem a sofrer estresse térmico por temperaturas elevadas, ainda mais em situações de altas densidades, o que contribui para a formação de um microclima dentro da carga do veículo, que pode tornar a etapa de transporte ainda mais estressante (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN *et al.*, 2012). Os animais quando alojados em determinados compartimentos da carga do transporte, a depender do modelo, podem ser submetidos a temperaturas superiores a 30°C, principalmente durante estações do ano mais quentes como o verão, com alguns compartimentos podendo chegar a incrementos maiores que 10°C na temperatura ambiente externa ao transporte (BROWN *et al.*, 2011; BRANDT; AASLYNG, 2015). Dalla-Costa *et al.* (2021) afirmam que as temperaturas ideais para o transporte de leitões variam de acordo com a idade e o peso do animal, uma vez que à medida que crescem, a temperatura de zona de conforto térmico destes se modifica (Tabela 2).

Tabela 2 - Condições térmicas ideais para o transporte de leitões e suínos adultos

| <b>Categoria</b>       | <b>Condições ideais do ambiente de transporte</b>      |
|------------------------|--|
| Leitões de 10kg – 30kg | 14 °C – 32 °C se UR < 80%                              |
|                        | 14 °C – 29 °C se UR > 80%                              |
| Suínos > 30kg          | 10 °C – 25 °C sem ventilação mecânica e UR < 85%       |
|                        | 30 °C com ventilação mecânica e nebulização e UR < 80% |
| Suínos > 120kg         | 10 °C – 20 °C com UR > 75%                             |

Adaptado de Dalla-Costa *et al.* 2021.

A maioria das pesquisas envolvendo o transporte de suínos diz respeito a animais terminados com destino ao abatedouro, além de seus efeitos na qualidade da carne (DALLA-COSTA *et al.*, 2015; LA LAMA *et al.*, 2021), sendo ainda escassos trabalhos referentes ao transporte de leitões e estes, quando relatados, tem como objeto de pesquisa os leitões recém desmamados (GOLIGHTLY *et al.*, 2022), diferente da realidade do transporte de leitões saindo da fase de creche com destino as unidades de crescimento e terminação.

Por se tratar de uma categoria animal que ainda não atingiu a sua maturidade e serem mais sensíveis à fatores estressantes, os leitões podem passar por um processo de

recuperação do transporte mais longo ou apresentarem aumento da taxa de mortalidade, ainda mais em situações com elevadas temperaturas ambientais ( $\geq 25^\circ$  até  $\geq 35^\circ$ ) (LEWIS, 2008).

Durante o transporte, os animais enfrentam uma série de fatores estressantes em um curto espaço de tempo, sendo submetidos a fatores como jejum (ZAPPATERRA; FAUCITANO; COSTA, 2023), deslocamento da baía na propriedade para novos ambientes desconhecidos por meio de rampas (KÜMMERLEN *et al.*, 2019), novos odores e sons (FU *et al.*, 2023), vibrações e alterações na velocidade do veículo (MOTA-ROJAS *et al.*, 2012), mistura com outros lotes de animais (DALLA-COSTA *et al.*, 2019), estresse térmico (MACHADO *et al.*, 2021b) e manejo aplicado aos animais (TASSE; MOLENTO, 2019), que irão provocar a ativação do sistema nervoso, ocasionando o aumento dos gastos energéticos e eventuais perdas por morte ou da qualidade do produto final (COSTA *et al.*, 2014; MACHADO, 2020).

Veículos de transporte que não dispõem de mecanismos de climatização, que são comumente utilizados no Brasil, e expostos ao sol, podem apresentar um aumento na temperatura interna da carga de mais de 3 °C em apenas 5 minutos (DALLA-COSTA *et al.*, (2021), intensificando ainda mais o estresse do deslocamento. Machado *et al.* (2021a), afirmam que temperaturas ambientais extremas durante o transporte contribuem para o aumento de ferimentos nos animais, assim como aumento do número de animais que chegam mortos no destino (DOA). Ainda de acordo com os autores, existem alguns comportamentos expressados pelos animais que são indicativos de estresse térmico, como aumento da frequência respiratória, resposta fisiológica com objetivo de perder calor com o ambiente.

Em função do estresse térmico sofrido durante o transporte de animais, algumas alternativas que visam aliviar esse estresse são usadas, dentre elas a aspersão de água ou nebulização (FOX *et al.*, 2014; NANNONI *et al.*, 2014), porém questionadas quanto a sua real eficiência, já que podem agravar ainda mais as condições de estresse térmico.

#### **2.4 Molhamento de animais durante o carregamento**

Em face do contexto de estresse térmico por calor durante o transporte dos leitões, o molhamento da carga ou “ducha”, visa reduzir a temperatura da carga e conseqüentemente reduzir os impactos do estresse térmico durante o transporte, sendo utilizada tanto no transporte de aves como de suínos (RUI *et al.*, 2011). Porém, o excesso de molhamento da carga, associado a uma ventilação insuficiente pode aumentar os níveis de umidade dentro do



transporte, dificultando as trocas de calor com o ambiente em função da saturação do ar (RIOJA-LANG *et al.*, 2019).

Trabalhos recentes têm mostrado alternativas eficientes para o resfriamento da carga de suínos com utilização da água, porém em menor volume e de diferentes formas. Pereira *et al.* (2018) avaliando a utilização de nebulização de água juntamente com ventilação forçada durante 30 minutos (10 minutos de ventilação, 10 minutos de nebulização e 10 minutos de ventilação) sobre o veículo de transporte estacionando, momentos antes de descarregar os animais, observaram que os suínos apresentaram melhor eficiência na manutenção de sua temperatura corporal, justamente em função do resfriamento. Já os animais do grupo controle, que não receberam qualquer tipo de resfriamento da carga, apresentaram maior dificuldade na manutenção da temperatura corporal, em função do estresse térmico sofrido durante a etapa de transporte.

Resultados similares foram obtidos por Fox *et al.* (2014) realizando nebulização em suínos 5 minutos antes do transporte e 5 minutos antes do desembarque, obtendo animais na chegada ao abatedouro com temperaturas mais baixas, sem incidência de efeitos prejudiciais como escorregões durante o desembarque, além de observar uma menor frequência de suínos indo aos bebedouros. Nannoni *et al.* (2014) seguindo os mesmos protocolos de aspersão de água, dentro dos compartimentos do transporte de suínos para o abatedouro, concluíram que tal prática de resfriamento da carga contribuiu para a redução nos níveis de lactato no sangue dos animais, bem como na melhora de alguns parâmetros de qualidade da carne em condições ambientais mais quentes. Entretanto, ambas as pesquisas tratam de regiões de clima temperado, diferindo da realidade do Brasil onde há a predominância de clima tropical.

Entretanto, os resultados encontrados na literatura divergem quanto a eficiência dessa prática de manejo. Em nível de Brasil, Dalla Costa *et al.* (2015) avaliaram quatro protocolos durante o transporte de suínos para o abate (Não molhar na granja e não molhar no frigorífico; não molhar na granja e molhar no frigorífico; molhar na granja e não molhar no frigorífico; molhar na granja e molhar no frigorífico), e constataram que não houve diferença em realizar ou não o molhamento da carga, não havendo diferenças entre os níveis de cortisol e lactato nos animais, bem como na qualidade das carcaças.

A prática de resfriamento da carga através de molhamento não se restringe apenas ao transporte de suínos, sendo também realizada em aves, especialmente frangos de corte com destino ao abatedouro. Pinheiro, Barbosa-Filho e Machado (2020), avaliando o efeito do molhamento na carga de frangos no nordeste brasileiro, observaram que tal prática reduziu as

temperaturas internas das caixas de transporte, chegando a valores médios de 23,5 °C, dentro da zona de conforto térmico dos animais, causando um alívio apenas momentâneo, de aproximadamente de 10 minutos de duração, pois em seguida houve um aumento na temperatura da carga, com elevação da média da temperatura para 28,5 °C, concluindo que o método não é eficiente em função dos efeitos serem momentâneos e transitórios.

Em contrapartida, Abidin *et al.* (2022), comparando os protocolos de molhamento ou não momentos antes do transporte de frangos em uma região tropical (Malásia), com trajetos diurnos (09:00h às 11:00h) e noturnos (19:00h às 21:00h) e seus efeitos nos parâmetros fisiológicos, observaram que o molhamento foi eficiente na redução da temperatura retal dos frangos como também nos níveis de corticosterona, concluindo que o protocolo foi eficiente não só em reduzir o estresse do transporte com também o estresse térmico nessa etapa em um ambiente quente e úmido.

Tais resultados questionam a real eficiência do protocolo de molhamento da carga utilizado com o intuito de reduzir o estresse térmico durante o transporte, uma vez que uma parte dos estudos corrobora com a hipótese de que um microambiente com ar saturado (em função do excesso de umidade) pode causar estresse aos animais, dificultando assim a perda de calor para o ambiente, uma vez que de acordo com Rioja-Lang *et al.* (2019), em ambientes com temperaturas acima de 30°C e umidade relativa acima de 88%, os mecanismos de resfriamento evaporativo são comprometidos. Enquanto que outros estudos afirmam ser um método capaz de promover maior conforto térmico durante o transporte de forma eficiente (ABIDIN *et al.*, 2022).

Em função da possibilidade de não haver diferença em se realizar a prática de molhamento, deve-se destacar que a não utilização do molhamento da carga além de evitar um trabalho desnecessário, reduziria o desperdício de água. Asevedo, Sousa e Dias (2018) evidenciam que o estado do Ceará é o que possui a maior pegada hídrica no sistema de produção de suínos na região Nordeste do Brasil, com mais da metade de toda a pegada na região, sendo grande parte desta destinada a limpeza e dessedentação animal.

Dessa forma, a avaliação da prática de molhamento da carga de suínos, em especial de leitões, além de determinar a possibilidade na melhora do conforto térmico dos animais durante o transporte, associado aos parâmetros fisiológicos indicadores de estresse, serve como ferramenta para tomada de decisões estratégicas dentro da unidade de produção quanto ao uso de seus recursos hídricos, visando o consumo consciente de água e minimização de perdas.

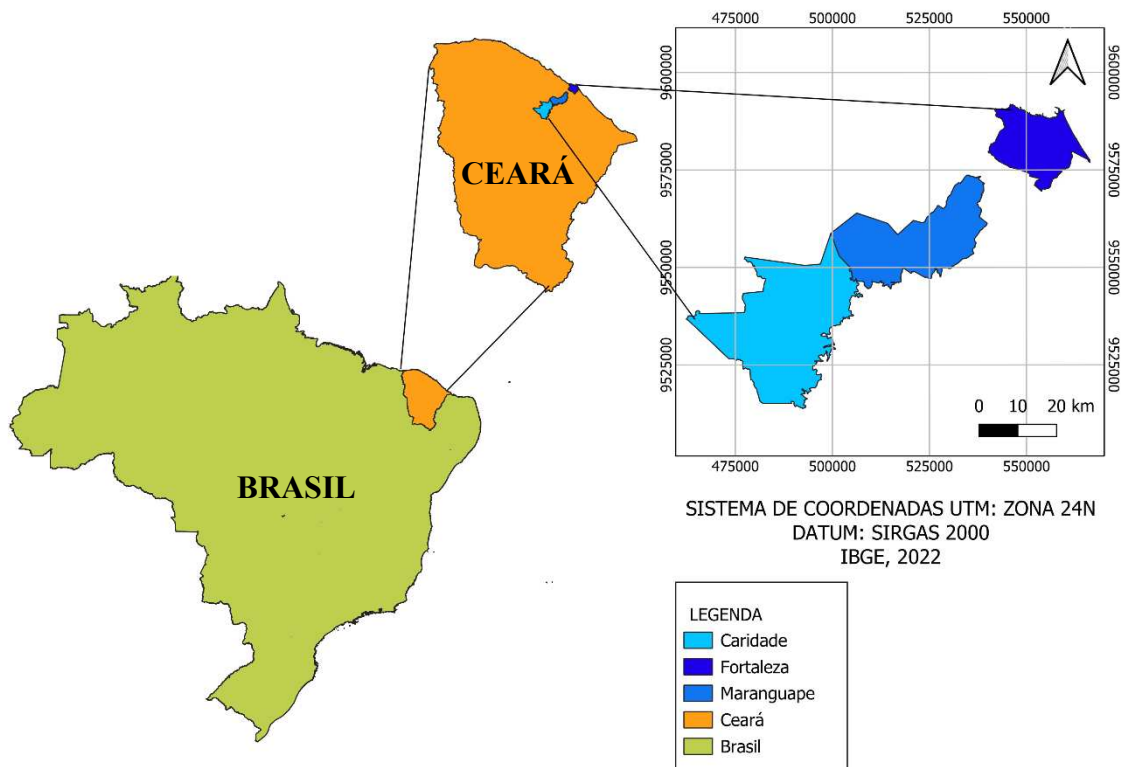
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de acordo com os padrões éticos de pesquisa com animais, aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (Processo número 4244290319).

#### 3.1 Planejamento experimental

A pesquisa foi conduzida no período de 9 a 13 de setembro de 2019 com o monitoramento de quatorze viagens entre uma Unidade Produtora de Leitões localizada no município de Maranguape - CE, Brasil ( $3^{\circ} 53' 24''$  S,  $38^{\circ} 41' 09''$  W e 68 m de altitude) para uma Unidade de Crescimento e Terminação no município de Caridade-CE, Brasil ( $4^{\circ} 13' 56''$  S,  $39^{\circ} 11' 33''$  W, e 144 m de altitude), correspondendo um percurso de 97 km (Figura 2). As viagens foram realizadas entre os horários de 14h:00min a 17h:00min.

Figura 2- Representação das cidades onde as viagens foram monitoradas



Fonte: Autor.

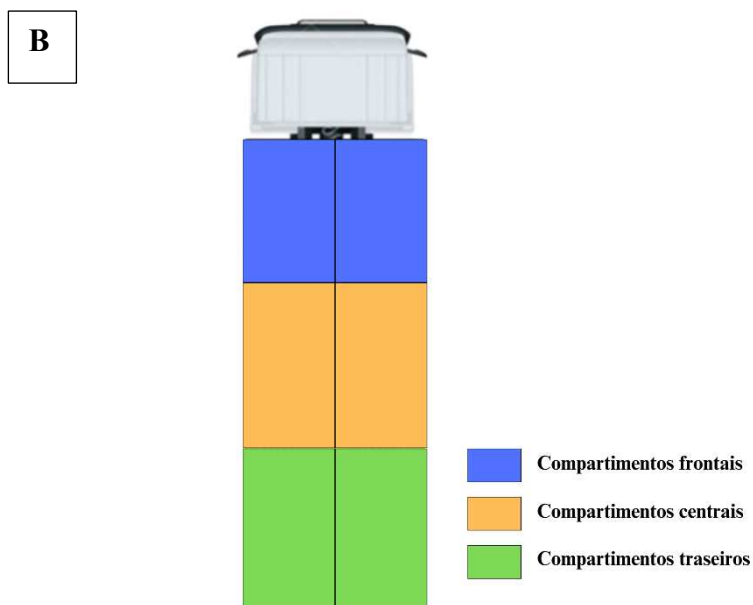
Foram monitorados 168 leitões de linhagem comercial (Topigs Norsvin) de aproximadamente 68 dias de idade com peso médio corporal ( $\pm$ SE) de  $25 \pm 2,3$  kg, selecionados por amostragem aleatória blocado por sexo (fêmea) e localização no caminhão (1 por compartimento do caminhão, totalizando 12 animais por trajeto). Os leitões foram identificados com marcações de tinta não tóxica na região dorsal e auricular, cerca de  $120 \pm 15$  min antes de iniciar a operação de transporte, para posterior coleta de parâmetros fisiológicos.

### 3.2 Manejo e infraestrutura

As viagens foram realizadas em um caminhão Ford® modelo cargo 1519, com trailer modelo Triel® – HT de 2 andares fixos, contendo 6 compartimentos cada (altura = 0,95 m, comprimento = 2,40 m e largura = 1,30 m, totalizando uma área de 3,20 m<sup>2</sup>) e capacidade total de carga de 13 toneladas (Figuras 3A e 3B). O veículo não dispunha de climatização, e os compartimentos não possuíam nenhum tipo de cama ou sistema de abastecimento de água para os animais durante o percurso.

Figura 3 - Modelo de caminhão utilizado nos transportes





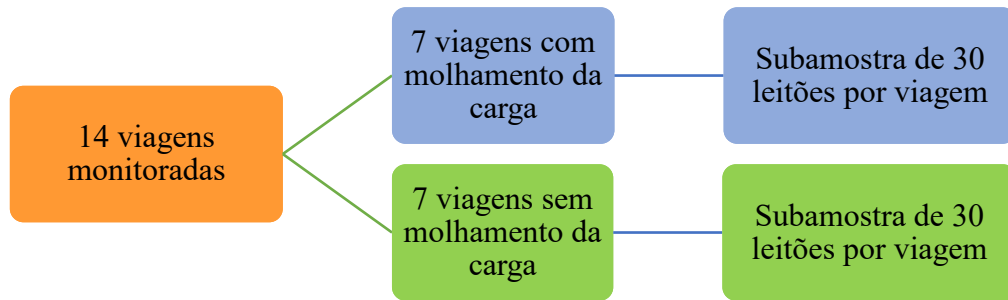
Fonte: Autor.

As viagens foram realizadas em um percurso com rodovias asfaltadas, em um típico trajeto comercial da empresa. O motorista do veículo foi o mesmo em todas as viagens monitoradas, bem como todos os funcionários envolvidos nas etapas de carregamento e descarregamento dos animais.

A alimentação dos animais foi suspensa  $60 \pm 15$  min (mínimo 42 e máximo 82 min) antes do início do carregamento. O carregamento demorou  $20 \pm 3$  min e o descarregamento demorou  $12 \pm 3$  min. Os animais foram conduzidos da baia até o caminhão (carregamento) e do caminhão até a baia (descarregamento) com o auxílio de bandeiras e para o embarque/desembarque dos animais foram utilizadas rampas pré-moldadas com inclinação de  $30^\circ$  e uma rampa metálica ( $\sim 3$  m, inclinação  $58^\circ$  para embarque no andar superior).

As quatorze operações de transporte monitoradas foram divididas em dois tratamentos: com molhamento dos animais no caminhão (CMOLHA) e sem molhamento dos animais (SMOLHA), como grupo controle (Figura 4). O protocolo de molhamento dos leitões se iniciava durante o embarque dos animais, imediatamente após a passagem dos mesmos pela rampa de acesso aos compartimentos do caminhão. O molhamento dos animais era efetuado por um funcionário com auxílio de uma mangueira, de modo a molhar aleatoriamente a carga (Figura 5).

Figura 4 - Fluxograma da amostragem



Fonte: Autor

Figura 5 - Molhamento da carga de leitões

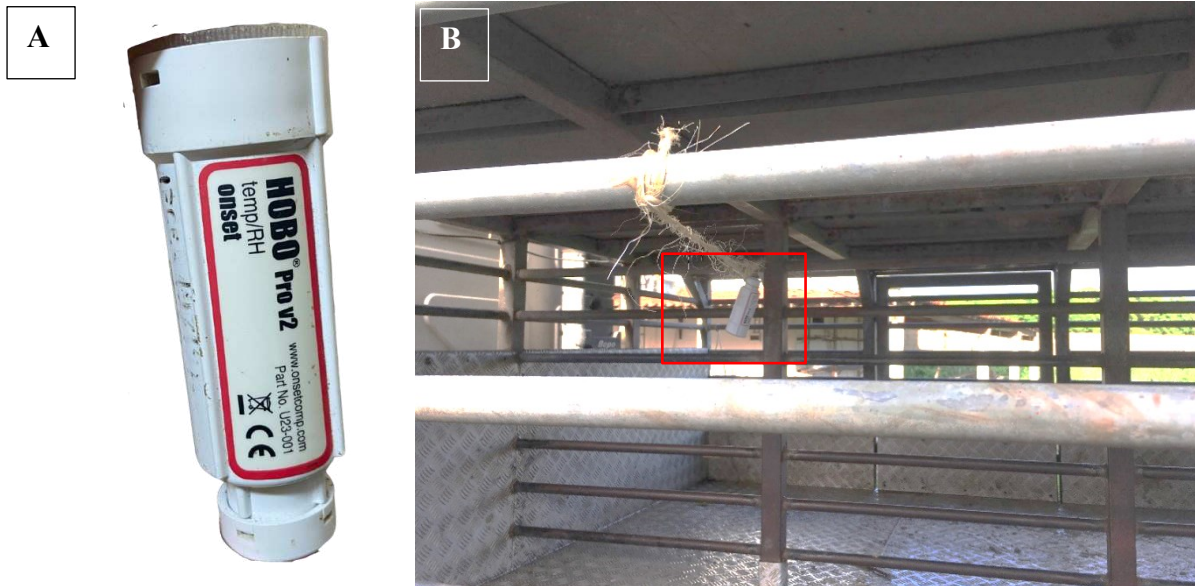


Fonte: Autor.

### 3.3 Parâmetros ambientais

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados a cada 10 minutos por miniestações meteorológicas e *Data Loggers* (Onset, U23-001 HOBO Pro v2, Massachusetts, EUA) posicionados no centro de cada um dos 12 compartimentos da carga do caminhão de transporte, na altura dos animais (Figura 6).

Figura 6 - *Data Logger* utilizado no experimento (A) e aparelho instalado no interior do compartimento da carga do caminhão (B)



Fonte: Autor.

O perfil micrometeorológico da carga foi caracterizado através da obtenção do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), segundo Berman *et al.* (2016), usando a Equação 1. As ocorrências do Índice de Tempo e Segurança da Pecuária (LWSI) foram classificadas em quatro categorias: normal ( $ITU \leq 74$ ), alerta ( $75 \leq ITU \leq 78$ ), perigo ( $79 \leq ITU \leq 83$ ) e emergência ( $ITU \geq 84$ ), de acordo com Xiong *et al.*, (2015).

$$ITU = 3.43 + (1.058 \times TA) - (0.293 \times UR) + (0.0164 \times TA \times UR) + 35.7 \quad (1)$$

Onde:

TA é a temperatura do ar (°C);

UR é a umidade relativa (%);

A Índice Entalpia foi calculado de acordo com a equação proposta por Rodrigues *et al.* (2011), a partir da Equação 2, considerando a temperatura, a umidade relativa do ar e a pressão atmosférica local.

$$h = 1,006 \cdot t + \frac{UR}{PB} \cdot 10^{(7,5 \cdot t / 237,3 + t)} \cdot (71,28 + 0,052 \cdot t) \quad (2)$$

Onde:

h é a entalpia (kJ/kg ar seco);

t é a temperatura ambiente, (°C);

UR é a umidade relativa do ar (%);

PB é a pressão barométrica local (mmHg)

### 3.4 Parâmetros fisiológicos

Os parâmetros fisiológicos mensurados foram temperatura retal (TR, °C), temperatura corporal (TC, °C), frequência respiratória (FR, respirações/min) e as concentrações de lactato sanguíneo (mg/dL), creatina quinase (mg/dL) e cortisol salivar (ng/mL), medidos cerca de 30±5 minutos após a chegada dos animais na baía de descanso.

A frequência respiratória foi medida por dois especialistas treinados, observando o movimento dos flancos dos animais por um intervalo de 30 segundos, sem interferência física, em seguida multiplicadas por 2 para obtenção da frequência respiratória por minuto. A temperatura retal foi mensurada com um termômetro digital (SALVTERM 200, Salvi, São Paulo, Brasil), colocado diretamente no reto do animal, até a profundidade de alcance do bulbo à mucosa retal do animal, permanecendo por até 2 min ou estabilização da temperatura. Os dados de frequência respiratória e a temperatura corporal foram coletados antes da contenção dos animais.

Em seguida, os animais foram levemente contidos e brevemente (máximo 2 min) colocados em posição supina para coleta de saliva e sangue. A amostra de saliva para determinação de cortisol salivar foi coletada com swab plástico com meio *Stuart* estéril inserido em tubo Eppendorf. O swab plástico foi mantido na boca por cerca de 20 ± 3 s. As amostras foram armazenadas em freezer a -20 °C por aproximadamente 50 minutos até o laboratório, conforme descrita por Dalla-Costa *et al.* (2009) onde a análise foi determinada utilizando o kit comercial Elisa Salimetrics (NeogenCorp. Lexington, KY, EUA).

As amostras de sangue para determinação dos níveis de lactato e creatina quinase foram obtidas através de coletas na veia marginal da orelha, coletadas por um médico veterinário, usando uma agulha retrátil (25G x 16 mm). Esse procedimento foi seguido pela hemostasia, para evitar qualquer tipo de sequelas. Para análise de lactato, utilizou-se uma gota de sangue em uma tira de amostra (duplicata) e inserida no analisador portátil, obtendo os resultados após 15 s. Para análise da creatina quinase utilizou-se um kit comercial (Creatina Quinase-SL, Sukisui Diagnostics, Charlottetown, PE, Canadá), e sua concentração sérica foi



determinada usando espectrofotômetro (Konica Minolta, CM-3600A, Tóquio, Japão).

### 3.5 Termografia infravermelho

Uma câmera Fluke TiS10 (Fluke Corporation, Everett, Washington, EUA) foi usada para capturar imagens termográficas no formato de cores RGB (Vermelho-Verde-Azul) para esta investigação (Figura 7). As imagens tinham resolução de  $320 \times 240$  pixels e foram calibradas com valores locais de temperatura e emissividade ( $\epsilon$ ) de 0,98 para tecidos suínos, conforme indicado por Soerensen *et al.* (2014). A câmera termográfica possuía ajuste automático de foco e capturou imagens a uma distância fixa de 0,50 m dos animais para obtenção da temperatura da região orbital. As imagens foram analisadas utilizando o software SmartView Classic 4.4® (Fluke Corporation, Everett, Washington, EUA). Neste estudo, a temperatura orbital foi determinada pelo contorno manual da região dos olhos. As imagens infravermelhas foram capturadas antes da contenção dos animais e sem nenhuma interferência física.

Figura 7 - Câmera termográfica (A) e coleta das fotos (B)



Fonte: Autor

### 3.6 Análises estatísticas

A estatística descritiva básica foi utilizada para representar os dados referentes as variáveis ambientais e fisiológicas, sendo previamente testados quanto a normalidade de distribuição pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, a fim de verificar a homogeneidade de variâncias foi utilizado o Teste F. O teste T de Student, para amostras independentes, foi

explorado para a análise dos dados paramétricos, e para isso, a significância estatística adotada foi  $p \leq 0,05$ . O software MINITAB®, foi utilizado para determinar valores de média, mediana, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, assimetria e curtose, bem como os testes estatísticos mencionados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação solar média durante as viagens, segundo dados fornecidos pelas estações do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), foi de 490 kJ/m<sup>2</sup> (máxima 515 kJ/m<sup>2</sup> e mínima 477 kJ/m<sup>2</sup>), enquanto a média ambiental da temperatura foi de 32,6°C (máxima 33,63°C e mínima 32°C) e a umidade relativa média foi de 52% (máxima 57% e mínimo 45%).

A Tabela 3 contém os valores médios de temperatura do ar, umidade relativa, entalpia específica (H) e índice de temperatura e umidade (ITU) coletadas durante o transporte.

Tabela 3 - Médias da temperatura do ar, umidade relativa, entalpia e ITU dentro do caminhão durante as viagens com e sem molhamento

| Variáveis                | Tratamentos | Média  | CV (%) | P-valor |
|--------------------------|-------------|--------|--------|---------|
| Temperatura do ar (°C)   | CMOLHA      | 29,9a  | 5,05   | 0,885   |
|                          | SMOLHA      | 29,8a  | 4,60   |         |
| Umidade Relativa (%)     | CMOLHA      | 85a    | 3,80   | 0,000   |
|                          | SMOLHA      | 72b    | 5,46   |         |
| Entalpia (kJ/kg ar seco) | CMOLHA      | 86,77a | 6,79   | 0,012   |
|                          | SMOLHA      | 78,03b | 6,50   |         |
| ITU                      | CMOLHA      | 83,59a | 2,75   | 0,090   |
|                          | SMOLHA      | 81,46a | 2,46   |         |

CMOLHA: com molhamento, SMOLHA: sem molhamento, CV: coeficiente de variação, kJ: quilojoule, kg: quilograma, ITU: índice de temperatura e umidade. Fonte: autor.

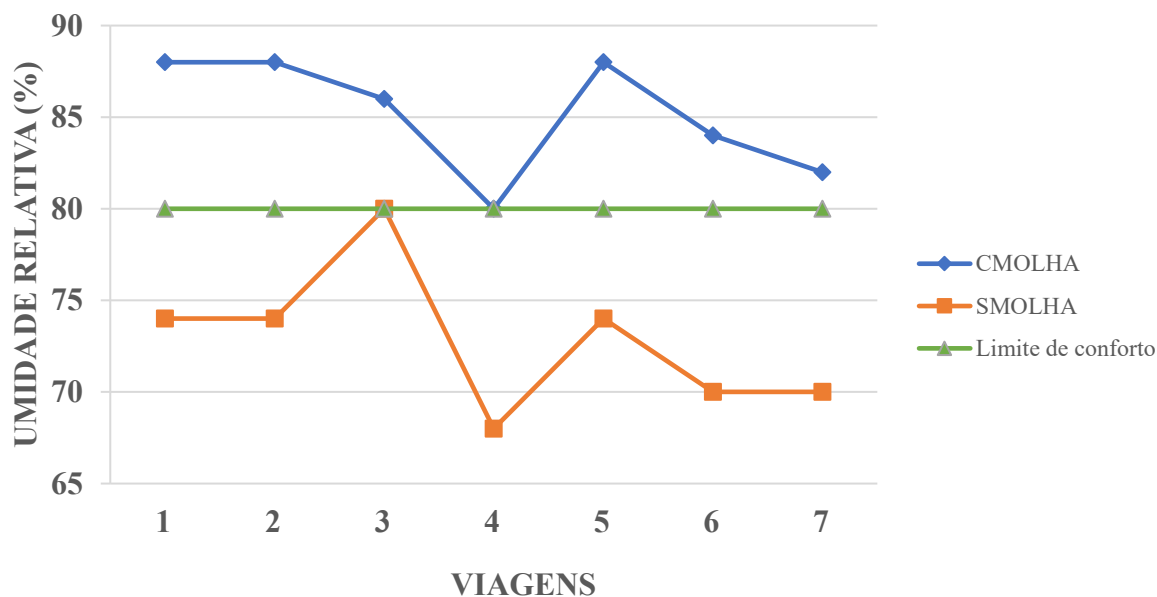
De acordo com Baêta e Souza (2010) a zona de conforto térmico para leitões de 35 a 50 dias de idade é de 18 a 21 °C, sendo a temperatura crítica inferior e superior de 8 °C e 30°C, respectivamente. Em ambos os protocolos, com e sem molhamento, os leitões que estavam sendo transportados foram submetidos à ambientes com temperaturas próximas ou superiores a temperatura crítica superior, evidenciando que as condições ambientais estavam desfavoráveis para o transporte, o que pode ser justificado pelo horário em que foram realizados os transportes (14h:00min a 17h:00min). Dalla-Costa *et al.* (2021) indicam que os transportes de suínos devem ser realizados em horários com temperaturas mais amenas, geralmente no período noturno, o que não foi realizado no presente estudo, favorecendo um moderado estresse térmico por calor. Neste estudo, independente do protocolo de molhamento da carga adotado as temperaturas dentro da carga do transporte não diferiram estatisticamente

( $P > 0,05$ ).

O aumento da temperatura ambiente durante o transporte intensifica os estresses sofridos pelos animais durante essa etapa, e os valores médios de temperatura obtidos no presente trabalho sugerem que os leitões possivelmente demandaram um maior tempo para se recuperarem do transporte, possivelmente expressando comportamentos como redução no consumo de ração, aumento no número de idas ao bebedouro e consumo de água, como também de letargia, como relatados por Lewis e Berry (2006).

Os valores médios de umidade relativa dentro dos compartimentos do caminhão apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), sendo de 85% e 72% para os tratamentos CMOLHA e SMOLHA, respectivamente, confirmando a hipótese de que a prática de molhamento da carga aumenta a umidade dentro dos compartimentos da carga do caminhão. Os valores de umidade relativa foram inferiores aos valores obtidos por Averós *et al.* (2009) em transportes comerciais de leitões na Espanha, variando de 37% a 57% sem protocolos de molhamento. Acresça-se a isso, que os valores de umidade nesta pesquisa, no tratamento CMOLHA, foram iguais ou superiores a 80%, considerado o valor limite de conforto (DALLA-COSTA *et al.*, 2021) (Figura 8). Lewis (2008) afirma que a umidade é um fator intensificador do estresse dos leitões no transporte, principalmente quando associado a temperaturas acima de 30°C, valor próximo aos valores médios de temperatura em ambos os protocolos. Apesar do molhamento se apresentar como alternativa de arrefecimento dos animais, essa prática tornou o ambiente de transporte mais desafiador para os leitões e prejudicial ao seu bem-estar, por acabar comprometendo as trocas de calor por via latente.

Figura 8 - Médias de Umidade Relativa (UR) no interior da carga do caminhão com e sem a realização de molhamento da carga



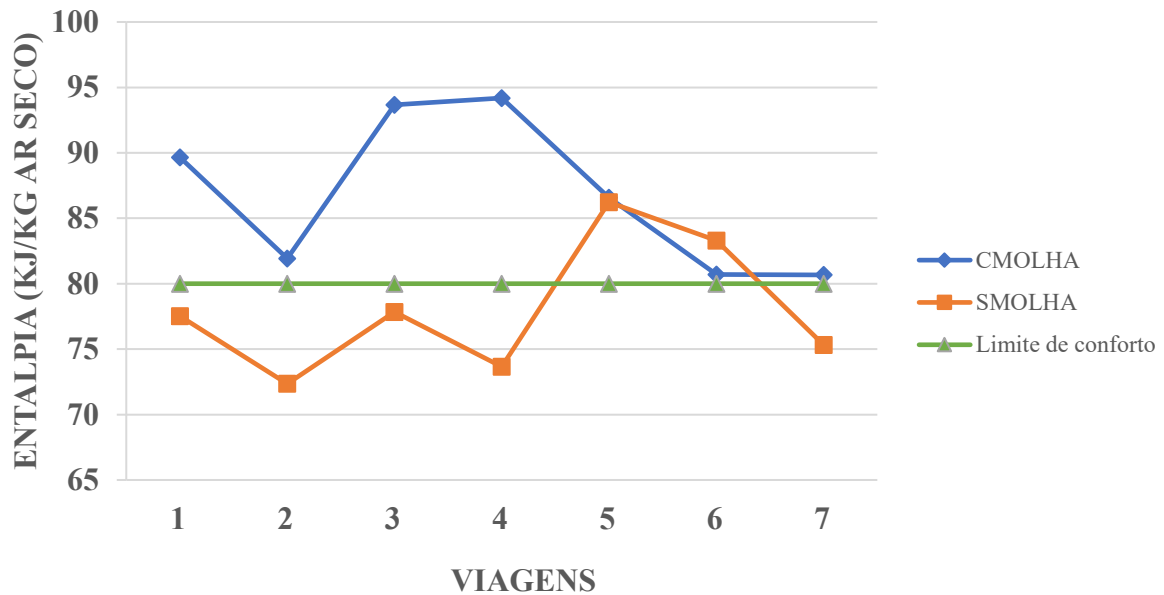
Fonte: Autor.

Os valores médios de umidade no tratamento CMOLHA se apresentarem maiores que no tratamento SMOLHA e acima do limite de conforto. O excesso de umidade tende a dificultar as trocas respiratórias dos leitões (RIOJA-LANG *et al.*, 2019) e apesar das temperaturas não diferirem em função desta variável, o excesso de umidade pode ter provocado uma sensação térmica de calor nos animais ao invés de alívio ao estresse térmico. As condições ambientais durante o transporte determinadas na pesquisa são tidas como desfavoráveis de acordo com Zhao *et al.* (2016), e os leitões estão em uma situação de impedimento de dissipação de calor, o que pode contribuir para o aumento na mortalidade durante as viagens.

O valor de Entalpia apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nas viagens que adotaram o protocolo de molhamento da carga (Figura 9), sendo os valores obtidos em todas as viagens do tratamento CMOLHA superiores ao limite de conforto de 80 kJ/kg de ar seco, o que segundo Silva-Miranda *et al.* (2012) ao ser ultrapassado intensifica o estresse térmico sofrido pelos animais. Machado *et al.* (2021b) realizando o monitoramento ambiental de transportes de suínos, também no estado do Ceará, obtiveram valores acima do limite de conforto, com valores variando de 86,50 a 89,50 kJ/kg de ar seco. Os autores relatam que os valores tendem a variar em função da localização dos compartimentos do caminhão, reduzindo gradativamente no sentido cabine-traseira. Na presente pesquisa, é possível que esse mesmo valor elevado de Entalpia esteja relacionado ao clima local e ao horário de

transporte dos animais.

Figura 9 - Médias dos valores de Entalpia das viagens com e sem molhamento da carga



Fonte: Autor.

Apesar da Entalpia ter apresentado diferença entre os tratamentos, o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) não diferiu estatisticamente ( $P > 0,05$ ), sendo os valores de ITU de 83,59 e 81,46 para os tratamentos CMOLHA e SMOLHA, respectivamente. De acordo com a classificação utilizada por Xiong *et al.*, (2015), os leitões estavam em situação de perigo ( $79 \leq \text{ITU} \leq 83$ ), sendo o valor de ITU do tratamento CMOLHA próximo a situação de emergência ( $\text{ITU} \geq 84$ ). Valores de ITU elevados são indicativos de maiores dificuldades em perder calor (RAVAGNOLO *et al.*, 2000; DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020). Esses resultados podem ser explicados pela associação da temperatura elevada do ambiente em função do horário em que foi realizado o transporte com a umidade relativa também elevada.

Em um estudo avaliando a nebulização sobre o veículo de transporte de suínos associada a um período de ventilação, Pereira *et al.*, (2018) obtiveram menores valores de ITU dentro do veículo, o que pode ser associado ao menor tamanho das partículas de água lançadas no ar, por meio de nebulização, como ao período de ventilação subsequente, de convecção forçada, diferentemente do protocolo adotado no presente trabalho, com fluxo elevado de água além de uma ventilação desuniforme em função dos movimentos do veículo e diferentes velocidades durante as viagens.

Os resultados obtidos a partir do monitoramento ambiental das viagens

corroboram com a afirmação de Zappaterra *et al.*, (2023) de que a maioria das pesquisas envolvendo transportes de leitões são realizadas em condições de estresse. Ainda de acordo com os autores, os efeitos de diferentes valores de temperatura e umidade na fisiologia e bem-estar dos leitões também são escassos, além de que as necessidades térmicas dessa categoria animal variam em função de diversos fatores supracitados. Em se tratando do transporte de suínos terminados para o abatedouro em condições ambientais desfavoráveis ao conforto térmico, a maioria das pesquisas comprova que há o aumento de parâmetros fisiológicos indicadores de estresse, como lactato, creatina quinase e cortisol, além de aumento nas temperaturas retais e frequências respiratórias dos animais e incidência de desvios de qualidade na carne (DALLA-COSTA *et al.*, 2009; DALLA-COSTA *et al.*, 2015).

Não houve diferenças significativas ( $p>0,05$ ) entre as médias dos parâmetros fisiológicos de temperatura retal, frequência respiratória e temperatura orbital dos leitões (Tabela 4). Mayorga *et al.*, (2018) afirmam que a temperatura retal dos suínos representa um bom indicador da temperatura corporal central do animal, entretanto, o seu processo de mensuração a partir da contenção do animal pode causar maiores estresses e levar uma resposta hipertérmica (DRIESSEN; VAN BEIRENDONCK; BUYSE, 2020) podendo mascarar o seu real valor.

Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros fisiológicos de temperatura retal, frequência respiratória, temperatura orbital, cortisol, creatina quinase e lactato de leitões submetidos ou não ao protocolo de molhamento

| Variáveis                                    | Tratamentos | Média | CV (%) | P-valor |
|--|-------------|-------|--------|---------|
| Temperatura retal (°C)                       | CMOLHA      | 39,7a | 1,69   | 0,560   |
|  | SMOLHA      | 39,3a | 1,33   |         |
| Frequência respiratória (respirações/minuto) | CMOLHA      | 91,4a | 7,44   | 0,992   |
|  | SMOLHA      | 84,3a | 8,04   |         |
| Temperatura orbital (°C)                     | CMOLHA      | 39,8a | 1,51   | 0,760   |
|  | SMOLHA      | 39,4a | 1,34   |         |
| Cortisol salivar (ng/mL)                     | CMOLHA      | 38,2a | 2,39   | 0,800   |
|  | SMOLHA      | 37,1b | 1,13   |         |
| Creatina quinase (UI/L)                      | CMOLHA      | 3850a | 5,79   | 0,466   |
|  | SMOLHA      | 3890a | 4,20   |         |
| Lactato (mg/mL)                              | CMOLHA      | 26,0a | 3,81   | 0,743   |
|  | SMOLHA      | 26,0a | 3,32   |         |

CMOLHA: com molhamento, SMOLHA: sem molhamento, CV: coeficiente de variação, ng: nanograma. mL: mililitro, UI: unidades internacionais, L: litro, mg: miligrama. Fonte: autor.

Apesar da temperatura retal em ambos os tratamentos não diferir estatisticamente, os valores são elevados e similares aos obtidos por Machado *et al.* (2021a), sugerindo que essas temperaturas retais elevadas ocorrem em função do próprio manejo de transporte. Kpodo *et al.* (2020) avaliando diferentes protocolos de resfriamento após um período de hipertermia em suínos verificou que o método foi capaz de promover a redução da temperatura real, divergindo dos valores obtidos no presente trabalho, já que o molhamento não foi eficaz na redução da temperatura retal. Ainda de acordo com os autores, o processo de hipertermia quando agudo pode causar um aumento na temperatura corporal e comprometer a integridade intestinal dos suínos, o que sugere que os leitões acompanhados podem ter tido um comprometimento na sua saúde intestinal, o que pode refletir em problemas subsequentes na sanidade e produtividade dos mesmos. Em função da série de estresses sofridos durante a etapa de transporte, os leitões tendem a reduzir o consumo de ração e água após a chegada ao destino final, de forma que o desempenho dos animais pode ser comprometido.

De acordo com Macari, Furlan e Gonzales (2002) o aumento da FR é um dos principais indicativos de estresse térmico nos animais, já que este é um meio bastante eficiente de troca de calor evaporativa. Apesar de não diferirem estatisticamente entre si, os leitões do tratamento CMOLHA obtiveram média de FR levemente maior que o tratamento SMOLHA, sugerindo que de fato os animais estavam em condições de estresse térmico, entretanto este mecanismo de troca térmica pode não ter sido eficaz em função da saturação do ar no interior da carga. Ritter *et al.* (2008) relata que em estações do ano com temperaturas mais elevadas como o verão, os suínos apresentam uma maior frequência respiratória como também descoloração da pele, que são indicativos de estresse.

Os valores médios de temperatura orbital não diferiram em função dos tratamentos CMOLHA e SMOLHA. De acordo com Schmidt *et al.* (2013) a temperatura orbital, juntamente com a temperatura das orelhas, são dois pontos de fáceis coletas por meio de câmeras infravermelho como também confiáveis para determinar a temperatura corporal. Os valores de temperatura orbital foram superiores aos valores obtidos por Pulido-Rodríguez *et al.* (2017) em leitões alojados em um galpão para fase de creche, com valores variando de 36,0 a 38,1°C, subtendendo-se que os valores maiores obtidos podem ter ocorrido em função também da temperatura ambiente e do estresse do transporte. Os autores também reforçam a importância do método como ferramenta para avaliar o bem-estar dos animais.

Dentre os parâmetros fisiológicos de cortisol salivar, lactato e creatina quinase, apenas os níveis de cortisol apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) com valores médios maiores no tratamento CMOLHA. Na maioria das viagens realizadas os leitões do



tratamento CMOLHA apresentaram níveis de cortisol maiores que os leitões do tratamento SMOLHA. O valor médio de cortisol salivar no tratamento CMOLHA (38,2 ng/mL) é superior ao valor médio obtido por SOMHA. MAVILLA *et al.* (2017) avaliando o transporte de suínos no verão canadense, com valor médio de 36,6ng/mL. Os elevados níveis de cortisol salivar estão relacionados à ativação do sistema nervoso autônomo e eixo hipotálamo hipófise adrenal em função do estresse do transporte (ROCHA *et al.*, 2019). Os valores elevados no presente experimento demonstram claramente que o microclima formado no interior da carga do veículo se apresentou como algo estressante para os leitões, principalmente em função do vapor de água, e que possivelmente foi intensificado com os manejos adotados durante esta etapa.

A creatina quinase é uma enzima muscular esquelética que tem como função a fosforilação da creatina em detrimento do ATP e valores elevados são indicativos de grande esforço físico ou lesão muscular (SUTHERLAND; MCGLONE; BACKUS, 2014), sendo comum teores elevados em animais submetidos ao transporte. Apesar das médias de creatina quinase não diferirem entre si, a média no tratamento SMOLHA foi levemente superior ao do tratamento CMOLHA. Da mesma forma, Pereira *et al.* (2018) também não relataram diferenças significativas nos valores de creatina quinase em suínos submetidos ou não a um protocolo de nebulização, associado a um protocolo de ventilação, em contraste com Abdin *et al.* (2022) ao avaliar o molhamento direto de frangos antes do transporte em clima quente e úmido, onde os níveis de creatina quinase foram mais elevados nas aves submetidas ao molhamento em comparação as aves que não receberam o protocolo. Por se tratar de uma enzima muscular indicativa de esforço intenso, é possível que essas divergências de valores na literatura sejam em função das etapas que antecedem o transporte, como o deslocamento das baias, carregamento e alocação nos compartimentos da carga, e não em função do molhamento propriamente dito.

Assim como a creatina quinase, o lactato é uma enzima relacionada ao esforço físico dos animais. De acordo com Anderson (2010), o lactato apresenta uma elevação nos seus níveis 4 minutos antes do início do fator estressante, uma resposta bastante rápida, e essa elevação dentro do organismo está relacionada principalmente a fadiga muscular, que em animais que irão ser abatidos provavelmente terão desvio de qualidade na carne. No presente estudo, os níveis de lactato não apresentaram diferença entre os tratamentos avaliados, sendo inferiores aos valores obtidos por Mota-Rojas *et al.* (2012), com níveis de lactato de até 55,89mg/dL em suínos terminados submetidos a longas viagens, o que sugere que os valores aqui obtidos podem ter sido inferiores em decorrência da categoria animal mais jovem.

A quantidade média de água utilizada no tratamento CMOLHA foi de  $2.700 \pm 180$  litros/viagem, totalizando um valor médio de  $18.900 \pm 180$  litros de água nas viagens monitoradas. Por se tratar de uma prática realizada de forma empírica e sem um critério norteador, essa quantidade de água lançada de forma excessiva no microambiente da carga causou um acúmulo no piso dos compartimentos (Figura 10), que pode ter favorecido escorregões e eventuais lesões de pele nos animais durante o transporte, além de ser um potencial vetor de contaminações, por lançar água com carga microbiana elevada na rodovia durante o deslocamento do caminhão.

Figura 10 - Acúmulo de água no piso dos compartimentos do veículo após o protocolo de molhamento da carga



As pesquisas presentes na literatura avaliando as práticas de molhamento em suínos, apresentam dados referentes a temperatura e umidade dentro dos veículos e comportamentos dos animais (FOX *et al.* 2014) ou se restringem apenas em análises de carne apesar de abordarem o termo bem-estar animal (DALLA-COSTA, *et al.*, 2015) sempre em suínos terminados com destino ao abate, sendo escassos dados e discussões de parâmetros fisiológicos como cortisol, lactato e creatina quinase em leitões, principalmente saindo da fase de creche. Porém, não restam dúvidas de que o protocolo de molhamento da carga de leitões, nas condições em que foram realizadas o presente estudo, foi um intensificador do estresse

sofrido pelos animais durante as etapas que antecederam o transporte.

## 5 CONCLUSÕES

Com base no monitoramento ambiental realizado, constatou-se que o microclima criado dentro da carroceria dos caminhões foi mais desfavorável ao bem-estar dos leitões naqueles submetidos ao protocolo de molhamento da carga, tendo estes apresentado os parâmetros fisiológicos indicadores de estresse mais elevados em comparação ao tratamento sem molhamento.

O volume de água gasto para molhar os animais durante a etapa de transporte foi bastante elevado, não apresentando benefícios significativos no conforto térmico, evidenciando que o protocolo de molhamento de leitões na operação de transporte, nas condições em que o presente estudo foi desenvolvido, não foi eficiente em reduzir o estresse térmico dos animais.

## REFERÊNCIAS

ABIDIN, Z. Z.; SULAIMAN, N. F. A.; RAMIAH, S. K.; AWAD, E. A.; IDRUS, Z. The effect of water shower spray on stress physiology and mortality in broiler chickens subjected to road transportation under the hot and humid tropical condition. **Tropical Animal Health And Production**, [s.l.], v. 54, n. 6, p. 1-6, 20 out. 2022

ANDERSON, D. B. Relationship of blood lactate and meat quality in market hogs. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 63., 2010, Lubbock. **Anais...** Lubbock, 2010.

ASEVEDO, M. D. G.; SOUSA, W. L.; DIAS, J. M. Pegada hídrica da produção de suínos na região nordeste brasileira. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 504, 3 out. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatórios Anuais**. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>. Acessado em: 19 set. 2023.

AVERÓS, X.; HERRANZ, A.; SÁNCHEZ, R.; GOSÁLVEZ, L.F. Effect of the duration of commercial journeys between rearing farms and growing–finishing farms on the physiological stress response of weaned piglets. **Livestock Science**, [s.l.], v. 122, n. 2-3, p. 339-344, jun. 2009

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: Editora UFV, 2010.

BRANDT, P.; AASLYNG, M.D. Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: a review. **Meat Science**, Barking, v. 103, p. 13-23, 2015.

BROWN, J. A.; SAMARAKONE, T. S.; CROWE, T.; BERGERON, R.; WIDOWSKI, T.; CORREA, J. A.; FAUCITANO, L.; TORREY, S.; GONYOU, H. W.. Temperature and Humidity Conditions in Trucks Transporting Pigs in Two Seasons in Eastern and Western Canada. **Transactions Of The Asabe**, [s.l.], v. 54, n. 6, p. 2311-2318, 2011

CAGLIARI, T. P.; FRAGA, B. N.; OELKE, C. A.; GARCIA, G. G.; OLIVEIRA, V.; CERON, M. S. Avaliação do ambiente em pesquisas sobre o comportamento dos suínos em crescimento e terminação: uma revisão sistemática. **Zootecnia: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 1**, [s.l.], p. 208-227, 2021.

CASTRO-JÚNIOR, S. L.; SILVA, I. J. O. The specific enthalpy of air as an indicator of heat stress in livestock animals. **International Journal of Biometeorology**, v. 65, p. 149-161, 2020

CALDARA, F. R.; SANTOS, L. S.; MACHADO, S. T.; MOI, M.; NÄÄS, I. A.; FOPPA, L.; GARCIA, R. G.; SANTOS, R. K. S. Piglets' Surface Temperature Change at Different Weights at Birth. **Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences**, [s.l.], v. 27, n. 3, p. 431-438, 1 mar. 2014

COSTA, O. A. D. et. al. Produção de suínos: teoria e prática. Associação Brasileira de criadores de Suínos. p. 729, **Brasília**, 2014.

COSTA, L.B.S. **Termografia como técnica auxiliar na identificação de mastite subclínica**. 2019. 38f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019

DALLA-COSTA, O. A.; LUDKE, J. V.; COLBELLE, A.; KICH, K. D.; COSTA, M. P. R. P.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J. V.; ROZA, D. D. Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 852-858, 2009.

DALLA COSTA, O.A.; DIESEL, T.A.; COSTA, M.J.R.P.; DALLA COSTA, F.A. O uso de ducha: efeito sobre o bem-estar e a qualidade da carcaça e da carne em suínos transportados para o abate. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 67, n. 2, p. 600-606, abr. 2015

DALLA COSTA, O. A.; LUDTKE, C.B.; BLUSS, L.P.; DALLA COSTA, F.A. Transporte Legal - Suínos. Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**, 2021

DIKMEN, S.; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of dairy science**, v. 92, n. 1, p. 109–116, 2009.

DRIESSEN, B.; VAN BEIRENDONCK, S.; BUYSE, J. Effects of Housing, Short Distance Transport and Lairage on Meat Quality of Finisher Pigs. **Animals**, [s.l.], v. 10, n. 5, p. 788, 2 maio 2020

FOX, J.; WIDOWSKI, T.; TORREY, S.; NANNONI, E.; BERGERON, R.; GONYOU, H. W.; BROWN J. A.; CROWE, T.; MAINAU, E.; FAUCITANO, L. Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 1. Effects on pig behaviour, gastrointestinal tract temperature and trailer micro-climate. **Livestock Science**, [s. l.], v. 160, p. 113–123, 2014.

FU, Q.; YANG, X.; ZHOU, S.; YANG, Y.; ZHANG, X.; HAN, Q. Effects of short-distance transportation on physiological indexes, intestinal morphology, microbial community, and the transcriptome of the jejunum in weaned piglets. **Front Vet Sci**. 2023

GOLIGHTLY, H. R.; BROWN, J.; BERGERON, R.; POLJAK, Z.; SEDDON, Y. M.; O’SULLIVAN, T. L. Impact of two commercial weaning and transport strategies on piglet behaviour, body weight change, lesions and lameness following transport. **Applied Animal Behaviour Science**, [s.l.], v. 257, p. 105775, dez. 2022

GOMES, N. F. **Sistemas de climatização para suínos nas fases de crescimento e terminação no semiárido**. 2018. 89 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GÓMEZ-PRADO, J.; PEREIRA, A. M. F.; WANG, D.; VILLANUEVA-GARCÍA, D.; DOMÍNGUEZ-OLIVA, A.; MORA-MEDINA, P.; HERNÁNDEZ-AVALOS, I.;

GUEVARA, R. D.; PASTOR, J. J.; MANTECA, X.; TEDO, G.; LLONCH, P. Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. **Plos One**, [s.l.], v. 17, n. 5, p. 1-45, 5 maio 2022. Public Library of Science (PLoS).

HAFEZ, E. S. E. **Adaptacion de los animales domésticos**. Barcelona: Labor, 1973.

KPODO, K. R.; DUTTLINGER, A. W.; RADCLIFFE, J. S.; JOHNSON, J. S. Time course determination of the effects of rapid and gradual cooling after acute hyperthermia on body temperature and intestinal integrity in pigs. **Journal Of Thermal Biology**, [s.l.], v. 87, p. 102481, jan. 2020

KÜMMERLEN, D; HARTMANN, S; A RIKLIN,; FIGI, R; SIDLER, X. Aspects of animal health, animal welfare and biosecurity during 101 transports of piglets in Switzerland. **Schweiz Arch Tierheilkd**, [s.l.], v. 161, n. 3, p. 153-163, 5 mar. 2019

LA LAMA, G. C. M.; BERMEJO-POZA, R.; FORMOSO-RAFFERTY, N.; MITCHELL, M.; BARREIRO, P.; VILLARROEL, M. Long-Distance Transport of Finisher Pigs in the Iberian Peninsula: effects of season on thermal and enthalpy conditions, welfare indicators and meat ph. **Animals**, [s.l.], v. 11, n. 8, p. 2410, 16 ago. 2021

LASKOKIS, Fernanda; FRANÇA, Ismael. Ambiência não é só temperatura ambiente: uma visão sobre o conceito de importância da ambiência em suinocultura. **Revista Suíno Brasil**, [s.l.], mar. p. 12-18. 2002. Disponível em: <https://porcinews.com/pt-br/ambiencia-nao-e-so-temperatura-ambiente/>. Acesso em 15 jun. 2023

LEWIS, N. J.; BERRY, R. J. Effects of season on the behaviour of early-weaned piglets during and immediately following transport. **Applied Animal Behaviour Science**, [s.l.], v. 100, n. 3-4, p. 182-192, nov. 2006.

LEWIS, N. J. Transport of early weaned piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, [s.l.], v. 110, n. 1-2, p. 128-135, mar. 2008

LIMA, A. V. *et al.* Desempenho zootécnico de suínos em terminação submetidos a diferentes programas de iluminação em ambientes climatizados. **Research, Society And Development**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 1-9, 21 fev. 2022

MACARI, M.; FURLAN, L.F.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada à frangos de corte**. 2ed. Jaboticabal, 2002

MACHADO, N, A, F. **Transporte de suínos em clima tropical: bem-estar animal, estresse térmico e ventilação na carga**. 2020. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020

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. Identification of trailer heat zones and associated heat stress in weaner pigs transported by road in tropical climates. **Journal Of Thermal Biology**, [s.l.], v. 97, p. 102882, abr. 2021<sup>a</sup>

MACHADO, N. A. F.; BARBOSA-FILHO, J. A. D.; RAMALHO, G. L. B.; PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. Trailer heat zones and their relation to heat stress in pig transport. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 41, n. 4, p. 427-437, ago. 2021b

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, W.P.; VAZ, R.G.M.V; SILVA, B.A.N.; SARAIVA, E.P.; LIMA, K. R.S. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, vol. 35, nº 2, abril de 2006, p. 471–477, 2006.

MARTÍNEZ-BURNES, J.; CASAS-ALVARADO, A.; OLMOS-HERNÁNDEZ, A. Thermoregulation mechanisms and perspectives for validating thermal windows in pigs with hypothermia and hyperthermia: an overview. **Frontiers In Veterinary Science**, [s.l.], v. 9, p. 1-21, 1 dez. 2022

MAYORGA, E. J.; RENAUDEAU, D.; RAMIREZ, B. C.; ROSS, J. W.; BAUMGARD, L. H. Heat stress adaptations in pigs. **Animal Frontiers**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 54-61, 30 out. 2018

MCGLONE, J.J.; JOHNSON, A.K.; SAPKOTA, A.; KEPHART, R.K. Transport of market pigs: improvements in welfare and economics. *In*: GRANDIN, T.A. (org.). **Livestock Handling and Transport**. Wallingford: CABI Publications, 2014

MOTA-ROJAS, D.; ALUJA, A. S.; OROZCO-GREGORIO, H.; RAMÍREZ-NECOECHEA, R.; FLORES-PEINADO, S.; ALONSO-SPILSBURY, M.; GUERRERO-LEGARRETA, I. Bienestar del cerdo durante su traslado al rastro: Valoración fisiometabólica. *In*: ROJAS, D. M.; HUERTAS, S. M.; GUERRERO, I.; TRUJILLO, M. E. Bienestar animal: productividad y calidad de la carne. 2. ed. México: **Elsevier**, Masson Doyma, p. 155-174, 2012

MOTA-ROJAS, D. Stressor factors in the transport of weaned piglets: A review. **Veterinární Medicína**, Praga, v. 58, p. 241-251, 2013.

MOTA-ROJAS, D.; SANTIAGO-ROLDÁN, P.; PEDRAZA, E. P.; RODRÍGUEZ, R. M.; HERNÁNDEZ-TRUJILLO, L.; ORTGEA, M. E. T. Stress factors in weaned piglet. **Vetérinaria México**, México, v. 45, p. 37-51, 2014

MOTA-ROJAS, D.; TITTO, C. G.; ORIHUELA, A.; MARTÍNEZ-BURNES, J.; GÓMEZ-PRADO, J.; TORRES-BERNAL, F.; FLORES-PADILLA, K.; LAFUENTE, V. C.; WANG, D. Physiological and Behavioral Mechanisms of Thermoregulation in Mammals. **Animals**, [s.l.], v. 11, n. 6, p. 1733, 10 jun. 2021

NANNONI, E.; WIDOWSKI, T.; TORREY, S.; FOX, J.; ROCHA, L. M.; GONYOU H. W.; WESCHENFELDER, A. V.; CROWE T.; FAUCITANO, L. Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 2. Effects on selected exsanguination blood parameters and carcass and meat quality variation. **Livestock Science**, [s. l.], v. 160, p. 124-131, 2014.



OLIVEIRA, R. F. *et al.* O estresse térmico agudo compromete a fisiologia dos suínos em crescimento. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 68, n. 262, p. 300-302, 2019.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 326-332, jun. 2008.

PEREIRA, T.L.; TITTO, E.A.L.; CONTE, S.; DEVILLERS, N.; SOMMAVILLA, R.; DIESEL, T.; DALLA COSTA, F.A.; GUAY, F.; FRIENDSHIP, R.; CROWE, T.; FAUCITANO, L. 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**, [s. l.], v. 216, p. 67-74, 2018.

PINHEIRO, D. G.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; MACHADO, N. A. Effect of wetting method on the broiler transport in Brazilian Northeast. **Journal Of Animal Behaviour And Biometeorology**, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 168-173, 2020.

PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F.; TITTO, E. A. L.; HENRIQUE, F. L.; LONGO, A. L. S.; HOOPER, H. B.; PEREIRA, T. L.; PEREIRA, A. M. F.; TITTO, C. G. Termografia infravermelha da superfície ocular como indicador de estresse em suínos na fase de creche. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [s.l.], v. 37, n. 5, p. 453-458, maio 2017

RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.; HOOGENBOOM, G. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 83, n. 9, p. 2120-2125, set. 2000

RIOJA-LANG, F. C.; BROWN, J. A.; BROCKHOFF, E. J.; FAUCITANO, L. A review of swine transportation research on priority welfare issues: A canadian perspective. **Frontiers in Veterinary Science**, Lausanne, v. 6, p. 1-12, 2019.

RITTER, M. J.; ELLIS, M.; BOWMAN, R.; BRINKMANN, J.; CURTIS, S. E.; DEDECKER, J. M.; MENDOZA, O.; MURPHY, C. M.; ORELLANA, D. G.; PETERSON, B. A. Effects of season and distance moved during loading on transport losses of market-weight pigs in two commercially available types of trailer1. **Journal Of Animal Science**, [s.l.], v. 86, n. 11, p. 3137-3145, 1 nov. 2008

ROCHA, L. M.; DEVILLERS, N.; MALDAGUE, X.; KABEMBA, F. Z.; FLEURET, J.; GUAY, F.; FAUCITANO, L. Validation of Anatomical Sites for the Measurement of Infrared Body Surface Temperature Variation in Response to Handling and Transport. **Animals**, Basel, v. 9, n. 7, p.425-433, 2019

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, v.55, p.455-459, 2011.

ROLDAN-SANTIAGO, P.; MARTINEZ-RODRIGUEZ, R.; YANEZ-PIZANA, A.; TRUJILLO-ORTEGA, M. E.; SANCHEZ-HERNANDEZ, M.; PEREZ-PEDRAZA, E.;

- RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 7, p. 1197-1211, 2010
- ROMERO, M. H.; SÁNCHEZ, J. A.; HERNANDEZ, R. O. Field Trial of Factors Associated With the Presence of Dead and Non-ambulatory Pigs During Transport Across Three Colombian Slaughterhouses. **Frontiers In Veterinary Science**, [s.l.], v. 9, p. 1-13, 24 jan. 2022
- ROSS, J. W. *et al.* Physiological consequences of heat stress in pigs. **Animal Production Science**, [s.l.], v. 55, n. 12, p. 1381, 2015
- RUI, B. R.; DE SOUZA, R. A. D.; DA SILVA, M. A. A. Pontos críticos no manejo pré-abate de frango de corte: jejum, captura, carregamento, transporte e tempo de espera no abatedouro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1290–1296, 2011
- SCHMIDT, M.; KARL-HEINZ, L.; AMMON, C.; BERG, W.; SCHÖN, P.; HOFFMANN, G. Assessment of body temperature in sows by two infrared thermography methods at various body surface locations. **Journal of Swine Health and Production**, 21, p. 203-209, 2013
- SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; FAUCITANO, L.; DADGAR, S.; SHAND, P.; GONZÁLEZ, L.A.; CROWE, T. G. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: a review. **Meat Science**, [s.l.], v. 92, n. 3, p. 227-243, nov. 2012
- SOMMAVILLA, R.; FAUCITANO, L.; GONYOU, H.; SEDDON, Y.; BERGERON, R.; WIDOWSKI, T.; CROWE, T.; CONNOR, L.; SCHEEREN, M.; GOUMON, S. Season, Transport Duration and Trailer Compartment Effects on Blood Stress Indicators in Pigs: relationship to environmental, behavioral and other physiological factors, and pork quality traits. **Animals**, [s.l.], v. 7, n. 12, p. 8, 8 fev. 2017
- SILVA-MIRANDA, K. O.; BORGES, G.; MENEGALE, V. L. C.; SILVA, I. J. O. Effects of environmental conditions on sound level emitted by piglets. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, p. 435-455, 2012.
- SILVA, I. J. O. **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, p. 247, 1999.
- SILVA, T. P.; MINUSCULLI, P. R.; REIS, M. A. F. Desempenho térmico por transferência de calor em edificações para suínos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 1-20, 1 dez. 2021
- SINCLAIR, M.; LEE, N.Y.P.; HÖTZEL M. J.; LUNA, M.C.T.; SHARMA, A.; IDRIS M.; DERKLEY, T.; LI, C.; ISLAM, M.A.; IYASERE O.S.; NAVARRO, G.; AHMED, A.A.; KHRUAPRADAB C.; CURRY, M.; BURNS, G.L.; MARCHANT, J.N. International perceptions of animals and the importance of their welfare. **Frontiers In Animal Science**, [s.l.], v. 3, p. 1-23, 18 ago. 2022.

SOERENSEN, D. D.; CLAUSEN, S.; MERCER, J. B.; PEDERSEN, L. J. Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. **Computers and Electronics in Agriculture**, Nova Iorque, v. 109, p. 52-58, 2014.

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**, London, v. 165, p. 13-18, 2009.

TASSE, M. E.; MOLENTO, C. F. M. Injury and condemnation data of pigs at slaughterhouses with federal inspection in the state of Paraná, Brazil, as indicators of welfare during transportation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 49, p. 1-8, 2019.

THOM, E. C. The Discomfort Index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

VILLARROEL, M.; BARREIRO, P.; KETTLEWELL, P.; FARISH, M.; MITCHELL, M. Time derivatives in air temperature and enthalpy as non-invasive welfare indicators during long distance animal transport. **Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 110, n. 3, p. 253-260, nov. 2011

VIVEIROS, K, K, S. **Ambiência e manejo de espera pré-abate de suínos em condições de clima tropical**: influência nos indicadores termofisiológicos e de qualidade da carne. 2022. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022

XIONG, Y.; GREEN, A.; GATES, R. S. Characteristics of trailer thermal environment during commercial swine transport managed under U.S. industry guidelines. **Animals**, Basel, v. 5, p. 226-244, 2015.

ZAPPATERRA, M.; FAUCITANO, L.; COSTA, L. N. Road Transport: a review of its effects on the welfare of piglets. **Animals**, [s.l.], v. 13, n. 10, p. 1604, 2023

ZHAO, Y.; XIN, H.; HARMON, J. D.; BASS, T. J. Mortality rate of weaned and feeder pigs as affected by ground transportation conditions. **Transactions of the ASABE**, [s.l.], v. 59, p. 943-948, 2016.

## APÊNDICE A – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazendo uma análise conjunta dos parâmetros ambientais e fisiológicos coletados, juntamente com dados encontrados na literatura, percebe-se que a prática de molhamento dos animais durante o carregamento para o transporte não traz benefícios reais ao conforto térmico. Essa prática é comumente realizada em regiões com valores médios de temperatura elevados, como na região Nordeste do Brasil, enquanto que em outras regiões do país o protocolo não é adotado.

Nas condições de realização do presente trabalho, o molhamento da carga durante a etapa de transporte de leitões não apresentou benefícios aos animais. O volume de água gasto para a realização do protocolo foi demasiado, podendo este ter sido empregado de forma racional em outras atividades envolvendo a produção de suínos, ainda mais na região onde as atividades foram desenvolvidas, que sofre com constantes períodos de estiagem e escassez de água.

Cabe a recomendação de não realizar o protocolo de molhamento dos animais durante a etapa de carregamento, e caso este seja realmente necessário, para fins de higienização dos animais ou em situações de temperaturas próximas a temperatura crítica superior da categoria em questão, que seja realizado após o transporte durante o descarregamento dos animais, de maneira uniforme, com força da água, temperatura e duração controladas, além de posterior tratamento adequado da água utilizada para evitar acúmulo nas instalações e poluições (Figura). Dessa forma, fazem-se necessárias novas pesquisas sobre o transporte de leitões e a prática de molhamento, para o desenvolvimento de novos protocolos e estruturas adequadas para o manejo do mesmo.

Figura – Acúmulo de água no solo proveniente do molhamento

