

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

GERARDO AURÉLIO CRUZ NETO

**USANDO TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO PARA AVALIAR O ESTRESSE
TÉRMICO EM LEITÕES APÓS TRANSPORTE RODOVIÁRIO**

Chapadinha – MA

2022

USANDO TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO PARA AVALIAR O ESTRESSE TÉRMICO EM LEITÕES APÓS TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Maranhão como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Agrícola.

GERARDO AURÉLIO CRUZ NETO

Orientador: Prof. Dr. Nítalo André Farias
Machado

Coorientador: Prof. Dr. Jordânio Inácio
Marques

Chapadinha – MA

2022

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Cruz Neto, Gerardo Aurélio.

Usando termografia de infravermelho para avaliar o estresse térmico em leitões após transporte rodoviário / Gerardo Aurélio Cruz Neto. - 2022.

38 f.

Coorientador(a): Jordânio Inácio Marques.

Orientador(a): Nitalo André Farias Machado.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha - MA, 2022.

1. Análise de imagem. 2. Bem-estar animal. 3. Bioclimatologia. 4. Zootecnia de precisão. I. Machado, Nitalo André Farias. II. Marques, Jordânio Inácio. III. Título.

TCC defendido e aprovado em: ____ de _____ de _____, pela Comissão Examinadora, constituída pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nitalo André Farias Machado (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Jordânio Inácio Marques (Coorientador)
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Patrício Gomes Leite (Examinador)
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Mr. Marcos Renan Lima Leite (Examinador)
Universidade Federal do Piauí - UFPI

À minha mãe *Edna*, por sempre acreditar, incentivar e torcer pelo êxito dos meus projetos, mesmo nos momentos mais difíceis. Agradeço pelo seu amor, paciência e, sobretudo, pela sua sabedoria em todos os conselhos e direcionamentos, além do seu exemplo de força, superação e de vida. À memória do meu pai *José de Maria*, que partiu de forma tão precoce e repentina, mas que deixou um legado enorme e um grande exemplo de caráter. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Senhor Deus Pai Todo-Poderoso, pelo maior presente de todos, o dom da vida, e com ele o direcionamento e a sabedoria que me orientam às decisões mais corretas no dia-a-dia.

Sou grato à Universidade Federal do Maranhão, Campus CCCh, por abrir as portas da instituição em mais uma nova oportunidade, permitindo a graduação em Engenharia Agrícola.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nítalo André Farias Machado, por toda a sua disponibilidade, conhecimento e orientações repassados no decorrer da elaboração deste trabalho, que foram de fundamental importância para que tudo se concretizasse em tempo hábil.

Aos meus irmãos, Danielle Furtado Soeiro e José Pires Monteles Neto, por toda força, motivação, incentivo, exemplos pessoais e profissionais de vida, companheirismo, amor e lealdade que sei que tenho em abundância vindos de vocês. Sem vocês, nada seria possível. Vocês são grandes referências pra mim.

Aos meus sobrinhos Benício, Joaquim e Benjamim, por serem parte da minha vida e me ensinarem o tamanho da importância do amor incondicional e da pureza dos corações de vocês, que levarei sempre comigo.

À Francisca, minha segunda mãe, por ser sempre uma eterna fonte de lealdade comigo e com minha família, e todo o incentivo e suporte que sempre nos dá, e ao Lucas, meu irmão, por ser um exemplo de batalha constante, mesmo com as limitações que a vida inevitavelmente traz.

Aos meus cunhados, Dayara e Dr. Veras (*in memoriam*), por todo o incentivo pessoal e profissional, além dos seus exemplos de dedicação à família, ao trabalho e ao bem estar dos que estão ao seu redor.

Agradeço também especialmente aos amigos que a UFMA proporcionou participarem do meu convívio e por serem exemplos de companheirismo, dedicação, suporte e superação. Muito obrigado Arlindo, Atacília, Caio, Diemerson, Elves, Enzo, Geovane, Ivanária, Janine, João Pedro, João Mateus, Larissa, Letícia, Marcos, Matheus, Tamara, Vinícius e Wesley por estarem juntos comigo durante estes anos e permitirem vivenciar e compartilhar tantas experiências enriquecedoras. Obrigado a todos e que estejamos juntos sempre.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. Panorama da Suinocultura.....	12
2.2. Ambiência Animal	14
2.3. Avaliação do estresse térmico.....	16
2.4. Termografia de Infravermelho.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

RESUMO

O estresse térmico durante o transporte de leitões é considerado um dos fatores que detém grande impacto econômico devido as perdas produtivas na suinocultura. Um método prático e não invasivo para o monitoramento do conforto térmico animal é a técnica de Termografia de Infravermelho (TIV). O objetivo com este estudo foi avaliar o estresse térmico de leitões transportados no semiárido do Brasil utilizando imagens infravermelhas. Foram monitoradas 5 operações de transporte entre fazendas no estado do Ceará, Brasil. O monitoramento ambiental e da carga foi realizado com o auxílio de *data loggers*. Após o transporte, a Temperatura Orbital (TO) e a Temperatura Superficial (TS) dos leitões foram obtidas por TIV. Nesse período, a Temperatura Retal (TR, °C), a Frequência Respiratória (FR, respirações/ min) e a concentração de Cortisol Salivar (CS, ng/ mL) também foram determinados. Os resultados indicam que a TO e a TS apresentaram maiores correlações com a TR ($r = 0,968$; $r = 0,781$, respectivamente - altas) e a FR ($r = 0,750$ – alta; e $r = 0,691$ - moderada) em comparação com o Cortisol Salivar ($r = 0,347$ e $r = 0,359$ - baixas) e a Umidade Relativa do Ar dentro da carroceria durante o trânsito ($r = 0,365$ e $r = 0,342$ – baixas). O diagrama de Bland-Altman mostrou que o método de detecção do estresse térmico por TIV usando a TO e TS concorda com o método padrão de avaliação pela TR dos animais. Portanto, a TIV é uma ferramenta eficiente na detecção do estresse térmico de leitões submetidos ao transporte em condições ambientais extremas, sendo recomendada a região orbital para análises das imagens térmicas geradas.

Palavras-chave: análise de imagem, bem-estar animal, bioclimatologia, zootecnia de precisão

ABSTRACT

Heat stress during transport of piglets is considered one of the factors that have a great economic impact due to production losses in pork farming. A practical and non-invasive method for monitoring animal thermal comfort is the Infrared Thermography (IRT) technique. The objective of this study was to evaluate the heat stress of piglets transported in the semiarid region of Brazil using infrared images. Five transport operations between farms in the state of Ceará, Brazil were monitored. Environmental and load monitoring was carried out with the aid of data loggers. After transport, the Orbital Temperature (OT) and the Surface Temperature (ST) of the piglets were obtained by IRT. During this period, Rectal Temperature (RT, °C), Respiratory Rate (RR, breaths/min) and Salivary Cortisol concentration (SC, ng/mL) were also determined. The results indicate that OT and ST showed greater correlations with RT ($r = 0.968$; $r = 0.781$, respectively - high) and RR ($r = 0.750$ - high; and $r = 0.691$ - moderate) compared to Salivary Cortisol ($r = 0.347$ and $r = 0.359$ - lows) and the RH inside the trailer during transit ($r = 0.365$ and $r = 0.342$ - lows). The Bland-Altman diagram showed that the method of detecting heat stress by IRT using OT and ST agrees with the standard method of evaluating animals by RT. Therefore, IRT is an efficient tool for detecting thermal stress in piglets submitted to transport under extreme environmental conditions, and the orbital region is recommended for analysis of the thermal images generated.

Keywords: image analysis, animal welfare, bioclimatology, precision animal production.

1. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, há crescente preocupação em torno dos padrões de bem-estar animal durante o transporte de suínos (EFSA et al., 2022). Em muitos países, o transporte é realizado em veículos não climatizados e em horários com condições ambientais fora da zona de conforto térmico dos animais (MACHADO et al., 2022). Como resultado, o estresse térmico tem sido destacado como um dos principais fatores de risco associados às perdas econômicas durante o transporte (DALLA-COSTA et al., 2019; ROMERO et al., 2022).

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) tem sido amplamente utilizado para o monitoramento do estresse térmico de suínos (MIRANDA-DE LA LAMA et al., 2014). No entanto, o ITU é um indicador geral e indireto, sem robustez para gerar informações individualizadas (HOFFMANN et al., 2020). O método mais usual baseia-se no ITU combinado com avaliações de gravações do comportamento animal e/ ou indicadores fisiológicos, como a frequência cardíaca, a temperatura retal, cortisol salivar e temperatura do trato gastrointestinal (PEREIRA et al., 2018; URREA et al., 2021).

A principal abordagem de aquisição dos dados desses parâmetros usados em combinação com o ITU requer a contenção dos animais, como o uso de *swab*, monitor cardíaco, termômetro clínico, *iButton*, ou então são sujeitos a treinamento específico do observador ou máquina para coleta dos dados, como a radiotelemetria e avaliação de gravações do comportamento animal (MACHADO et al., 2021). Além disso, a viabilidade econômica e operacional desse método convencional na rotina das fazendas é questionável.

Nesse sentido, o monitoramento digital do estresse térmico de leitões após o transporte comercial é uma lacuna no conhecimento, especialmente em regiões semiáridas. Uma das tecnologias que pode permitir o monitoramento fácil, não invasivo, em tempo real e prático do estresse térmico em condições comerciais é a termografia infravermelha (TIV). Essa técnica está cada vez mais presente na pecuária de precisão como ferramenta prática na detecção de doenças e monitoramento de respostas térmicas de rebanhos (MCMANUS et al., 2022).

A tecnologia de TIV possibilita medir a radiação infravermelha emitida do calor da microcirculação e vasoconstrição periférica dos capilares mais próximos da superfície da pele dos animais na forma de imagens térmicas (MOTA-ROJAS et al., 2021). No entanto, necessita-se de diretrizes específicas para a gestão de vários parâmetros, como janelas térmicas e emissividade e monitoramento ambiental, para sua viabilidade técnica e eficiente precisão na temperatura dos alvos, justificando assim estudos específicos em condições comerciais de transporte no semiárido.

Em seu estudo, Pulido-Rodríguez et al., (2019) utilizaram a TIV como indicador de estresse em suínos na fase de creche. Os autores concluíram que a temperatura orbital (TO) obtida por TIV pode ser um indicador de temperatura corporal e estado de bem-estar de leitões em fase de creche. Rocha et al., (2019) analisaram janelas térmicas para a medição da variação da temperatura da superfície corporal por TIV em resposta ao manuseio e transporte de suínos durante o pré-abate no Canadá, sendo documentado correlação ($r = 0.50$) entre a TO e o cortisol salivar.

O objetivo com este estudo foi avaliar a eficiência da Termografia de Infravermelho como método de detecção e monitoramento do estresse térmico em leitões após o transporte em uma região semiárida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama da Suinocultura

A demanda da população mundial por alimentos, sobretudo por proteína animal, faz com que cada vez mais seja necessária a adoção de práticas de manejo que resultem em oferta de qualidade seguindo padrões aceitos internacionalmente. Dentre as principais produções de proteína animal, destaca-se a suinocultura.

A suinocultura é o ramo da Zootecnia que se dedica à criação racional de suínos. Num sistema intensivo, os animais são mantidos em confinamento, e recebem ração balanceada, práticas sanitárias e instalações apropriadas. Há também, neste sistema, a possibilidade de controle da ventilação, da temperatura e da umidade do ar. A alimentação de qualidade garante excelentes índices produtivos e reprodutivos, juntamente com fatores como climatização e controle sanitário (SOUSA, 2020).

Os maiores produtores de carne suína no mundo são: China (36.340 milhões de toneladas), União Europeia (23,219 milhões de toneladas), Estados Unidos (12,845 milhões de toneladas), Brasil (4,125 milhões de toneladas) e Rússia (3,611 milhões de toneladas); esses países detêm 80% da produção mundial de carne suína (USDA, 2021). Em relação às exportações, há uma grande concentração em quatro exportadores: União Europeia (41,15% do total exportado), Estados Unidos (26,30%), Canadá (12,29%) e Brasil (9,38%); juntos representam 79,75% de toda carne exportada no mundo (USDA, 2021).

O Brasil ocupa uma posição de destaque no cenário mundial de produção e exportação de proteína animal. O complexo de carnes é um segmento importante do agronegócio brasileiro, gerando divisas, emprego e renda. Esse desempenho difere do observado no passado (XAVIER, 2022). No 2º trimestre de 2022, o abate de suínos no país chegou à marca de 14,07 milhões de cabeças abatidas, considerando a série histórica iniciada em 1997. Essa quantidade representa alta de 7,2% em comparação com o mesmo período de 2021 e aumento de 3% frente ao 1º trimestre deste ano (IBGE, 2022).

Segundo Xavier (2022), as exportações brasileiras subiram 23% em comparação ao ano anterior, considerando que no período compreendido entre 2008 e 2019, o crescimento anual girava em torno de 13 a 19%. Esse fato pode estar associado à pandemia de Covid-19, que resultou em algumas mudanças, como a valorização das commodities no mercado global, e à moeda brasileira enfraquecida frente ao dólar, devido à taxa de juros mais baixa da história do Brasil.

A produção brasileira em 2021 foi de 4,325 milhões de toneladas, apresentando um crescimento de 4,8 % em relação a 2020 (USDA, 2021). A produção brasileira de carne suína nos últimos dez anos tem demonstrado um crescimento médio anual superior à carne de frango e bovina, 2,98, 0,98 e 0,56%, respectivamente (USDA, 2021).

A suinocultura brasileira apresenta imenso potencial para seu desenvolvimento, visto que o Brasil tem condições adequadas para sua cultura, apesar de encontrar entraves como as barreiras sanitárias, ambientais, segurança alimentar, rastreabilidade total, bem-estar animal e políticas internacionais de comércio (DALLA COSTA et al., 2005).

A suinocultura tornou-se uma atividade de alta competitividade tanto no Brasil como no exterior. Para que o suinocultor possa manter-se no mercado, ou ainda, aumentar a produção a baixo custo, com qualidade e competitividade, é essencial um constante trabalho de modernização, adaptação e melhoria de todos os setores e áreas da linha de produção (LEITE et.al., 2000). A cadeia produtiva de suínos brasileira participará cada vez mais da crescente demanda mundial por alimentos a partir do momento em que seus agentes econômicos reconheçam os principais problemas do setor e busquem alternativas para superá-los (ABCS, 2016).

Para a maximização da rentabilidade/ redução de custos por parte do produtor e, conseqüentemente, a oferta de uma carne de maior qualidade com um menor preço, é necessário atingir certos patamares de eficiência produtiva. Neste sentido, o acompanhamento individual dos animais durante toda a cadeia produtiva é indispensável (PANDORFI et al., 2012).

Alguns desafios são constantes relacionados à exploração do potencial do animal, dentre eles, o conforto térmico (apesar do clima propício, há muita variabilidade no clima e estações conforme a região) dificultando o bem estar dos animais (CECCHIN et al., 2016). A heterogeneidade da forma da criação de suínos no Brasil ainda é uma das grandes preocupações para a indústria, sendo bem tecnificada nas regiões Sul e Sudeste, e rústica no Norte e Nordeste do país, onde os estabelecimentos estão mais voltados para subsistência familiar, os quais ainda são apontados de impedir a melhoria da atividade na região (SILVA FILHA et al. 2011).

Quando se trata do agronegócio na região Nordeste em relação à suinocultura, percebe-se que a maioria dos criadores visa apenas o destino final da carne suína para o comércio local ou próprio consumo, infelizmente, indicando assim, um baixo gasto com mecanização, o que de fato é característica da atividade nessa região, composta por propriedades de pequeno porte, devido à falta de capital e ao baixo investimento em tecnologia (FEHR, 2017).

2.2. Ambiência Animal

As exigências internacionais atualmente não dizem respeito somente à oferta de qualidade dos produtos, mas também passam pelo manejo adequado e instalações bem estruturadas que assegurem o conforto físico e psicológico do animal, conceituando-se como ambiência animal. Como dito por Da Costa (2002), além da oferta de produtos seguros, nutritivos e saborosos, os programas de qualidade devem enfatizar também os compromissos com a produção sustentável e a promoção do bem-estar humano e animal, assegurando satisfação do consumidor, renda ao produtor e sem causar danos ao ambiente.

Ainda segundo Da Costa (2000), um conceito bem amplo a respeito de ambiência seria o espaço constituído por um meio físico e, ao mesmo tempo, psicológico, preparado para o exercício das atividades do animal que nele vive, sendo o ambiente de criação que envolve tudo a respeito do animal e o que está inserido nesse espaço, inclusive nós, seres humanos.

Da Costa (2002) ainda trata de exemplos sobre a importância da definição de ações de manejos melhores na criação de bovinos, porém, extensivos às demais culturas, como a suinocultura, onde indica sobre a possibilidade de ganhos diretos e indiretos em todos os segmentos envolvidos com a produção de carne, atestando que determinados riscos, como contusões nas carcaças e a carne mais dura e escura, podem ser diminuídos quando os animais são manejados com calma e tranquilidade.

Outro conceito interessante a respeito do bem-estar animal é o defendido por Broom (1986), onde o bem-estar é o estado de um indivíduo em relação às suas tentativas de se adaptar ao seu ambiente, de modo que a ambiência exerce grande influência nesse processo de adaptação.

A partir de mudanças estruturais, funcionais e comportamentais observadas no animal, segundo Baêta e Sousa (1997), é possível observar que a promoção do bem-estar animal está intimamente associada à sua adaptação ao ambiente criatório, objetivando um bom funcionamento biológico quanto à sobrevivência, saúde e sucessos produtivos e reprodutivos.

A FAWC (Farm Animal Welfare Council), órgão consultivo independente estabelecido pelo governo do Reino Unido, estabeleceu um conceito de bem-estar animal, conforme Nääs (2007), a partir do reconhecimento de cinco liberdades inerentes aos animais, que são: liberdade fisiológica (ausência de fome e sede), liberdade ambiental (adaptação de edificações), liberdade sanitária (ausência de doenças e fraturas), liberdade comportamental (expressão de comportamentos normais) e liberdade psicológica (ausência de medo ou ansiedade).

Silva e Vieira (2010) afirmam que, considerando as evoluções tecnológicas atuais, as tendências mundiais para um desenvolvimento sustentável faz com que o olhar dos profissionais em ambiência animal se volte para novos horizontes, ultrapassando as fronteiras das propriedades rurais ou empresas de produção de proteína animal, focalizando as perdas produtivas ao longo do processo, tornando-se comum a presença desses profissionais voltados a estudos de conforto térmico nos ambientes, galpões de produção e ao bem-estar dos animais nas diferentes instalações e sistemas produtivos, sendo notável a íntima correlação entre bem-estar animal e ambiência, consistindo em elementos importantes dos principais problemas e soluções da produção animal.

Conforme Da Costa et al. (2009), a demanda internacional tem sido além da garantia sanitária e do paladar da carne, conclamando por um sistema de produção que respeite o animal, oferecendo garantias de bem-estar desde o nascimento até o abate. Ainda segundo os mesmos autores, os envolvidos com o processo produtivo que acompanharam a evolução conceitual dos produtos animais e modificaram o manejo, a infraestrutura e treinaram o pessoal, perceberam diversos benefícios, como a saúde dos animais e melhoria na rotina de trabalho, entre outros, e, principalmente, o retorno financeiro agregado a um produto mais seguro, nutritivo e saboroso.

Além dos fatores físicos do ambiente, como espaço, arquitetura da paisagem, luz, som e equipamentos, existem ainda os fatores químicos, como os gases presentes na atmosfera, e fatores biológicos, como a natureza do material alimentar. Também considera-se os fatores psicológicos, como o medo, a ansiedade decorrente das interações inter-específicas (humano-animal) e intra-específicas, como a taxa de lotação, o comportamento e a ordem de dominância, que decorrem em disputas por recursos ou espaço (FRASER e BROOM, 1990; EWING et al., 1999).

Curtis (1983) complementou os conceitos de fatores ambientais com os fatores climáticos, onde estão inseridos a temperatura, umidade relativa do ar, movimento do ar (ventos) e radiação, de modo que esses componentes fazem parte do ambiente térmico do animal, e a ocorrência desses componentes em valores extremos dificultam a resposta reprodutiva e até mesmo a sobrevivência do animal.

De Moraes et al., (2020), determinam que, para estudar algumas variáveis de desempenho e comportamentais dos animais, como ócio nas posições deitado e em pé, animal consumindo alimento, bebendo água, fuçando em pé ou deitado, dormindo, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, é necessário o conhecimento do comportamento normal dos suínos para poder identificar possíveis comportamentos anormais.

Estes mesmos autores dizem que este tipo de avaliação pode identificar os problemas ocorridos em suínos tanto no ambiente social quanto em modificações corporais, adequando-se a melhor maneira de resolvê-los, melhorando também a produção em termos econômicos e em relação ao bem-estar animal. Portanto, estabelecer um protocolo etológico que seja aplicado em experimentos de desempenho individual para suínos nas fases de crescimento e terminação é algo complexo e que exige avaliações práticas para uma possível consolidação.

2.3. Avaliação do estresse térmico

Levando-se em consideração que os animais estão passíveis de estressores durante o processo na cadeia produtiva, um dos principais estressores e que afetam diretamente o desempenho produtivo e comportamental é o estresse térmico.

Um detalhe interessante acerca da suinocultura no Brasil é abordado por Rodrigues et al., (2010), em que o estresse calórico é um dos principais limitantes da produtividade, considerando que as principais linhagens exploradas no país, onde o clima predominante é o Tropical, têm sua origem em raças europeias e norte asiáticas, portanto, adaptadas às condições mais frias. Consequentemente, o estresse térmico é comum na grande maioria de suínos no Brasil.

É interessante entender o conceito de homeostasia, que está correlacionada e proporciona um melhor entendimento sobre o bem-estar animal. Pandorfi (2005) define homeostase como o equilíbrio do meio interno do organismo, que ocorre por meio de uma série de sistemas funcionais de controle, envolvendo mecanismos fisiológicos e reações comportamentais, mantendo estável a temperatura corporal, a frequência respiratória, o balanço hídrico e as interações sociais.

Ainda segundo Rodrigues et al., (2010), o estresse climático é causado por elementos como temperatura, umidade e radiação solar, por exemplo, podendo afetar diretamente em parâmetros produtivos, como crescimento, produção de leite e reprodução dos animais, sendo necessária a manutenção da temperatura corporal como mecanismo para controle da homeostasia do organismo. Deste modo, o clima é um dos principais fatores limitantes para a obtenção de produtividade máxima, agravando-se, sobretudo, nas fases finais da criação, onde ocorre aumento da sensibilidade dos suínos aos calor, conforme Hannas (1999).

Os suínos têm menor tolerância ao calor em comparação com outros animais domésticos, sendo mais suscetíveis à hipertermia (excesso de temperatura corporal) quando expostos ao estresse pelo calor. Isto pode ser explicado pelo fato de os suínos terem as glândulas sudoríparas

pouco desenvolvidas, e as vias respiratórias passam a assumir um papel mais importante na dissipação de calor corporal, à medida em que a temperatura do meio em que se encontra o animal, trocando calor com o ambiente, vai se elevando até a zona de termoneutralidade, a temperatura de máximo conforto térmico. Acima dessa zona, tanto o excesso quanto a baixa umidade do ambiente serão prejudiciais (ANDERSSON e JONASSON, 2006; RODRIGUES et al., 2010).

Um dos principais sinais de identificação da elevação do estresse térmico do animal é o aumento da Frequência Respiratória (FR) que, como dito por Furlan e Macari (2002), ocorre durante o estresse por calor para estimular a perda evaporativa e manter o equilíbrio térmico corporal, resfriando o corpo de forma mais adequada. A Frequência Respiratória está sujeita a alterações devido a variações intrínsecas e, principalmente, extrínsecas, sendo elas atribuídas ao ambiente, como condições climáticas, especialmente a temperatura, umidade do ar, radiação solar, velocidade dos ventos, estação do ano, hora do dia, densidade e sombreamento (PEREIRA, 2005).

Outra forma de averiguação do estresse térmico dos suínos se dá através da Temperatura Retal (TR), onde este parâmetro é usado frequentemente como índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente, de modo que o aumento do seu valor significa que o animal está estocando calor, consequentemente resultando em estresse calórico, justificando que isso ocorre porque os mecanismos de liberação de calor se tornaram insuficientes para manter a homeotermia (FERREIRA, 2002).

É interessante frisar que a homeotermia é a capacidade de alguns animais em manter a temperatura corporal, independente das variações de temperatura ambiente, portanto, os suínos são animais homeotermos, segundo Rodrigues et al., (2010), com temperaturas corporais que variam entre 38,6 a 39,3°C em condições normais, controladas regularmente através do hipotálamo, e, por sua vez, transmite as informações a diversos tecidos responsáveis pela geração ou dissipação de calor corporal (ANDERSSON e JONASSON, 2006).

Rodrigues et al., (2010), ainda explicam sobre mais um parâmetro de análise do estresse térmico, a temperatura de superfície corporal, que depende das condições ambientais, como já dito anteriormente (umidade e temperatura, por exemplo), e também de condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor, representando as trocas de calor com o ambiente. Ao passo em que a temperatura ambiental aumenta, a eficiência da perda de calor pela superfície corporal diminui, ainda que o animal consiga manter a temperatura corporal por vasodilatação. Em suínos jovens, a pele é o principal órgão termorregulador, por onde são realizadas as trocas de calor, e a temperatura é influenciada pelo fluxo sanguíneo que a percorre.

Em seu estudo, Weschenfelder et al., (2013), confirmam que há uma relação confiável confirmada entre a temperatura da superfície ocular medida pela termografia infravermelha e a concentração de lactato sanguíneo em leitões sob situações de estresse pontual. Isto pode ser explicado por estudos realizados por Kessel et al., (2010), e Johnson et al., (2011), onde estabeleceram que a Temperatura Orbital (TO), a partir de estudos com termografia infravermelha, pode ser um bom indicador da temperatura do núcleo, considerando a sua proximidade com o cérebro, especificamente a temperatura de pequenas áreas em torno da margem da pálpebra e a carúncula lacrimal, estreitamente ligados com a atividade simpática pelos leitos capilares inervados e respondem às mudanças no fluxo sanguíneo.

Outro critério de avaliação do estresse térmico dos suínos e muito utilizado é o cortisol, que, conforme definição de Cunha (2012), é um glicocorticoide do eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenocortical (HHA), pertencente à família dos esteroides, cuja principal função é aumentar os níveis de glicose no sangue, e a resposta dos glicocorticoides a situações de estresse é proporcional à sua gravidade. Segundo Cunningham (2004), os níveis menores de estresse resultam em menor produção de cortisol em comparação com níveis elevados de estresse.

Dalla Costa et al., (2006), Koeppen e Stanton (2009), citados por Baptista et al., (2011), explicam que as variações na concentração de cortisol ocorrem nas reações aos agentes estressores e aos desafios ambientais. Cunha (2012) determina ainda que a utilização do sangue para dosagem de cortisol é restrita em muitas espécies animais, considerando que a captura e o manuseio podem estressar o animal, interferindo, deste modo, na avaliação precisa do hormônio. Como dito por Gispert et al., (2000), a redução na qualidade da carne está diretamente associada à alta temperatura corporal e aumento dos níveis de cortisol no sangue, ocasionados por estresse.

2.4. Termografia de Infravermelho

É certo dizer que boa parte dos métodos de aferição do estresse em animais mostram-se invasivos, portanto, contribuem também com o aumento dessas taxas. Exemplo disso é o que ocorre com a aferição da Temperatura Retal, um método considerado invasivo e desconfortável para os suínos. Como o bem-estar animal é uma das prioridades a nível internacional para assegurar um bom manejo, faz-se necessário o uso de tecnologias e métodos mais adequados, não-invasivos e com boa resposta de mensuração e confiabilidade nos dados obtidos. Deste modo, uma alternativa confiável e eficaz é o uso da Termografia de Infravermelho, uma solução tecnológica não-invasiva e de obtenção de dados com muita fidelidade.

Dalla Costa et al., (2009), tratam da importância de um manejo adequado durante as operações de pré-abate que envolve uma série de atividades, sendo elas jejum na granja, embarque, transporte, desembarque, alojamento nas baias dos frigoríficos, período de descanso, atordoamento e abate, podendo ocasionar perdas quantitativas e qualitativas se não forem bem executadas, dados os potenciais agentes estressores envolvidos nesse manejo e que podem ocasionar alterações fisiológicas e metabólicas em consequência do desconforto físico e/ ou emocional.

Centurión (2012), ao citar Eddy et al., (2001), Van Hoogmoed e Snyder (2002), define Termografia como uma técnica que utiliza medição de energia de radiação dos corpos no campo dos raios infravermelhos, com o objetivo de formular imagens térmicas a partir da mensuração de padrões diferenciais de distribuição de temperaturas através da troca ou perda de calor de um componente. Centurión (2012) ainda complementa que o raio infravermelho é a luz invisível ao olho humano devido à longitude do seu comprimento de onda, sendo a parte do espectro eletromagnético que percebemos como calor.

Warriss et al., (2006), definem a Termografia de Infravermelho como uma técnica não invasiva que permite mensurar a temperatura de superfície corporal sem conter o animal. Pulido-Rodríguez et al., (2017), tratam da aplicação dessa tecnologia na região ocular de suínos, considerando que se mostra como um indicador confiável para a condição de estresse pontual de suínos.

Eddy et al., (2001), dizem que o aumento da quantidade de radiação emitida por um objeto é diretamente proporcional ao aumento da temperatura, comparando a intensidade de radiação desse objeto e de uma referência de temperatura observada por termovisores. Ou seja, objetos mais “quentes” se destacam em meio a um ambiente mais “frio”, como, por exemplo, animais ou seres humanos que sofreram uma troca de calor e acabaram se tornando mais visíveis, independente do dia ou da noite, apresentando-se como uma técnica extremamente útil, permitindo realizar medições sem contato físico e inspecionar superfícies com alto rendimento (CENTURIÓN, 2012).

Este mesmo autor explica que a Termografia de Infravermelho atua em seres vivos aumentando ou diminuindo a intensidade de emissão de raios infravermelhos em diferentes circunstâncias, onde as imagens emitidas do corpo todo de um animal variam em tons de vermelho ao verde, tons de azul, branco e de amarelo, e o branco representa zonas de temperatura mais elevadas, e o azul de temperaturas mais baixas. Aplicação desse conceito é que as variações de temperatura de certas zonas do organismo estão diretamente ligadas à

irrigação sanguínea, como um tecido lesionado, normalmente mais irrigado que o normal, indicativo de uma inflamação aguda no local.

Dada a sua flexibilidade de aplicação, a Termografia de Infravermelho surge como aliada para definição de outros aspectos de manejo, a partir da mensuração da temperatura corporal, como o trabalho desenvolvido por Rauber (2016), onde aplica a tecnologia como suporte para avaliar estratégias de alimentação de precisão para suínos, com boa aplicabilidade da mensuração da temperatura orbital para esses estudos, porém, com um espaço aberto para o melhor desenvolvimento da metodologia para uso em projetos futuros.

Para Pulido-Rodriguez et al., (2017), a mensuração de variáveis fisiológicas em suínos, como a Temperatura Retal, é delicada pela necessidade de contenção dos animais, e o cortisol salivar não é uma medida instantânea da condição fisiológica do animal, concluindo que a termografia infravermelha é uma boa alternativa não invasiva e de rápida mensuração, sendo um bom indicador da temperatura corporal e do bem-estar de leitões em fase de creche, por exemplo, a partir da obtenção da temperatura da superfície orbital.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local do estudo e procedimentos experimentais

Este estudo foi realizado no estado do Ceará, Nordeste do Brasil, entre 09 e 13 de setembro de 2019. Um total de cinco viagens foram monitoradas, com um ponto de partida da unidade de produção de leitões desmamados localizada no município de Maranguape, Brasil (3° 53' 24" S, 38° 41' 09" W e 68 m acima do nível do mar) e a unidade de terminação localizada em Caridade, Brasil (4° 13' 56" S, 39° 11' 33" W e 144 m acima do nível do mar). As viagens foram realizadas durante a tarde (14:00 às 17:00 horas) em uma rodovia pavimentada, seguindo uma rota fixa de 97 km, e foram conduzidos por um mesmo caminhoneiro, representando uma típica jornada comercial. De acordo com dados fornecidos pelas estações do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET), as viagens foram executadas com uma radiação solar média de 490 kJ/ m² (max 477 kJ/ m² e min 515 kJ/ m²), temperatura ambiental média de 32,62°C (max 33,63°C e min 32,02°C) e umidade relativa do ar média de 52% (max 57% e min 45%). Não houve chuva durante o período das viagens.

O manejo pré-carregamento e transporte dos animais foram padronizados em todas as jornadas e de acordo com o padrão comercial. Todas as viagens foram realizadas em um caminhão Ford® Cargo 1519 com carroceria Tritel® — HT de dois andares, contendo seis compartimentos (altura = 0,95 m, comprimento = 2,40 m, e largura = 1,30 m, totalizando área de 3,20 m²) por andar (Figura 1). A alimentação dos animais foi suspensa 60 ± 15 min (min 42 e max 82 min) antes do embarque. A densidade de transporte utilizada foi de 136 kg/ m². No carregamento, todos os animais foram guiados com a ajuda de bandeiras pelos funcionários da fazenda. Uma rampa de carregamento de concreto pré-moldada com inclinação de 30° foi utilizada para o embarque dos animais no andar inferior. No andar superior da carroceria do caminhão, o carregamento era executado com suporte adicional de uma rampa metálica (~ 3 m, inclinação 58°). O molhamento da carga foi feito utilizando uma mangueira durante o embarque dos animais, o consumo médio de água foi de 2.700 ± 180 litros/ carga. O carregamento levou 20 ± 3 min e o descarregamento levou 12 ± 3 min. O tempo médio em trânsito foi de 1h 39 min ± 12 min.



Figura 1 - Caminhão e reboque experimental

Animais

Um total de 1080 leitões mestiços (Large White x Landrace x Duroc) de ambos os sexos, com aproximadamente 68 dias de idade foram transportados. Uma subamostra de 60 animais, com peso médio corporal de 25 ± 2.3 kg, foram selecionados por amostragem aleatória blocada por sexo (apenas fêmea) e por localização na carga (1 leitão por compartimento do caminhão, totalizando 12 animais por viagem). Esses animais foram identificados com marcações de tinta no dorso e região auricular na baía da fazenda, 120 ± 15 min antes do início da operação de transporte, para coleta dos parâmetros fisiológicos na chegada ao destino final, cerca de 30 ± 5 minutos após o transporte. O banco de dados utilizado neste estudo é proveniente de ensaios do Núcleo de Estudos em Ambiência Agrícola e Bem-Estar Animal – NEAMBE da Universidade Federal do Ceará. Assim, os procedimentos experimentais com animais seguiram as diretrizes e foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (nº 9871250719/2019).

Parâmetros fisiológicos

Os indicadores utilizados no protocolo de parâmetros fisiológicos coletados dos animais foram: Frequência Respiratória (respirações/ min), Temperatura Retal (°C), e Cortisol Salivar (ng/mL). A coleta dos dados de Frequência Respiratória foi realizada previamente à contenção dos suínos, sem interferência física. Em seguida, os animais foram contidos leve e brevemente (máximo 2 min) em uma posição de decúbito ventral para a coleta da Temperatura Retal e coleta da saliva para posterior análise do Cortisol Salivar.

A Frequência Respiratória foi medida por dois especialistas treinados simultaneamente, observando o movimento do flanco dos animais por 30 s (MACHADO et al., 2021). A Temperatura Retal foi mensurada com auxílio de uma termorresistência PT-100 conectada a um termômetro digital portátil (Modelo SALVTERM 200, Salvi, São Paulo, Brasil) inserida no reto do animal a uma profundidade que o bulbo tenha contato com a mucosa retal (PEREIRA et al., 2022).

O Cortisol Salivar foi determinado usando o kit comercial *Elisa Salimetrics* (NeogenCorp. Lexington, KY, EUA). A saliva foi coletada com um *swab* de plástico com um meio Stuart estéril inserido em um tubo Eppendorf. O *swab* plástico foi mantido na boca por cerca de 20 ± 3 s. As amostras foram armazenadas em congelador a -20 °C por aproximadamente 50 min até o laboratório onde a análise foi realizada (MACHADO et al., 2022).

Imagens infravermelhas

O banco de dados utilizado neste estudo continha 120 imagens termográficas, capturadas com uma câmera Fluke TiS10 (Fluke Corporation, Everett, Washington, EUA). As imagens tinham resolução de 320×240 pixels e foram armazenadas no formato de cores RGB (*Red-Green-Blue*). A câmera termográfica possui ajuste de foco automático e foi calibrada com a temperatura local e emissividade (ϵ) indicada para tecidos biológicos de suínos, com $\epsilon = 0,98$ (SOERENSEN et al., 2014). Duas janelas térmicas corporais foram analisadas, correspondentes à região orbital e dorsal dos animais. Assim, as imagens foram capturadas a uma distância fixa de 1 m e 0.50 m dos animais para região dorsal e orbital, respectivamente. As imagens obtidas foram analisadas com o *software* Connect® (Fluke Corporation, Everett, Washington, EUA) para determinação da Temperatura Superficial (°C) e Temperatura Orbital (°C), conforme Figura 2.

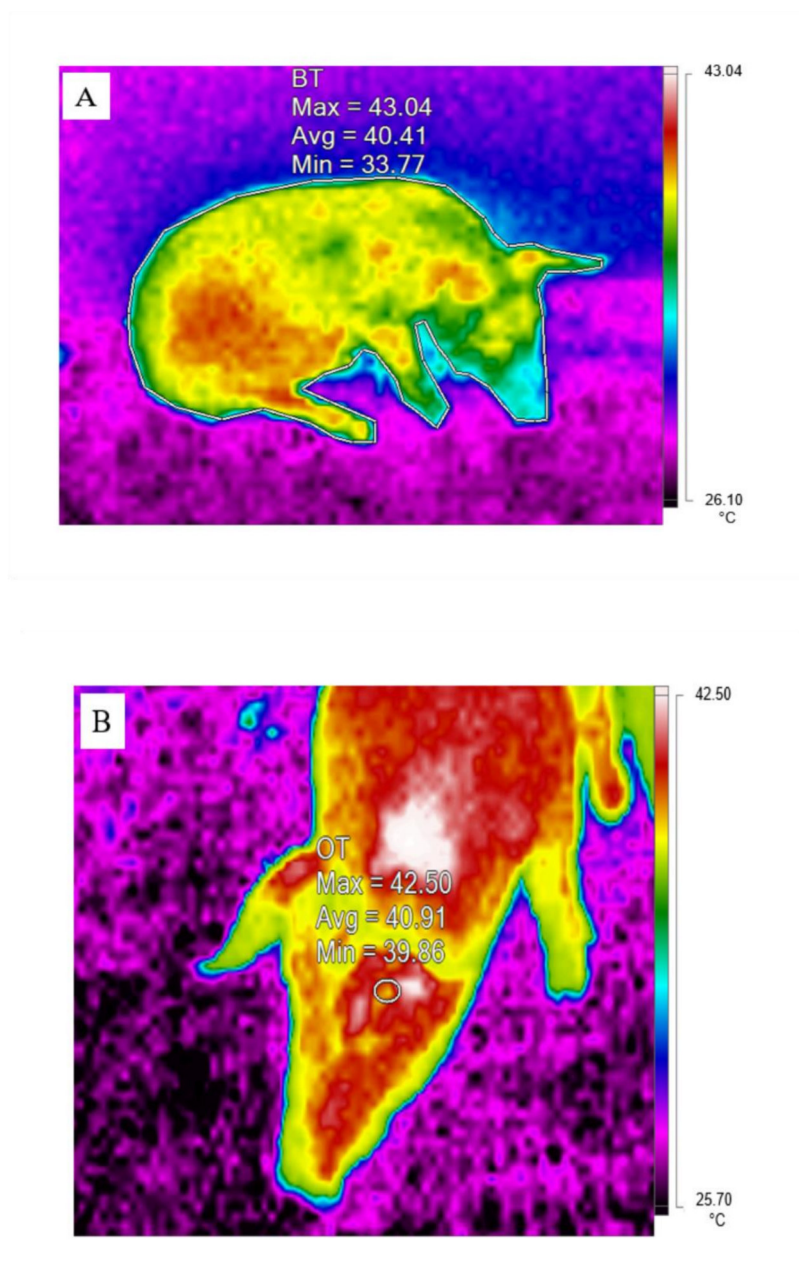


Figura 2 - Imagens infravermelhas da Temperatura Superficial (A) e Temperatura Orbital (B) após o transporte de leitões no semiárido

Avaliação Térmica

Os dados de Temperatura (TA, °C) e Umidade Relativa do Ar (RH, %) foram registrados a cada 10 minutos por *data loggers* (Onset®, U23-001 HOBO® Pro v2, Massachusetts, USA) posicionados no centro de cada um dos 12 compartimentos da carroceria do caminhão na altura do animal. A caracterização microclimática do reboque foi realizada usando o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) de acordo com Berman et al., (2016), conforme a equação 1.

Neste estudo, o ITU foi utilizado para classificar as ocorrências do *Livestock Weather and Safety Index* (LWSI), que são divididas em quatro categorias: normal ($ITU \leq 74$), alerta ($75 \leq ITU \leq 78$), perigo ($79 \leq ITU \leq 83$) e emergência ($ITU \geq 84$).

$$ITU = 3,43 + (1,058 \times TA) - (0,293 \times UR) + (0,0164 \times TA \times UR) + 35,7 \quad (1)$$

Onde: TA é a Temperatura do Ar em ° C e UR é a Umidade Relativa (%).

Análises Estatísticas

A hipótese de normalidade dos resíduos foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($P < 0,05$). A análise de correlação linear de Pearson foi realizada para avaliar o grau de correlação entre a Temperatura Superficial e Temperatura Orbital obtidas por Termografia de Infravermelho com os parâmetros fisiológicos e ITU, pelo procedimento CORR do SAS/STAT (*Statistical System Institute Inc.* Cary, NC, EUA). A intensidade das correlações (r) foi classificada em quintis de cinco partes: $0 \leq r < 0,3$ muito fraca; $0,3 \leq r < 0,5$ fraca; $0,5 \leq r < 0,7$ moderada; $0,7 \leq r < 0,9$ forte e $0,9 \leq r < 1$ muito forte. Por fim, uma análise de concordância foi realizada com base no diagrama de Bland-Altman, usando ajustes de curva de nível de confiança de 95%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação térmica medidos durante as viagens são mostrados na Figura 3. Durante o trânsito, a Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar no interior dos compartimentos do caminhão tiveram médias de 31,75 °C e 69%, variando entre 29,22 °C a 34,40 °C e 56% a 84%, respectivamente. O ITU permaneceu entre 83,2 a 96,40, alinhando-se com a proposta de estado térmico de “emergência” do limiar (ITU > 83). Esse cenário confirma o ambiente térmico desafiador a qual os animais estavam submetidos durante o transporte rodoviário no semiárido.

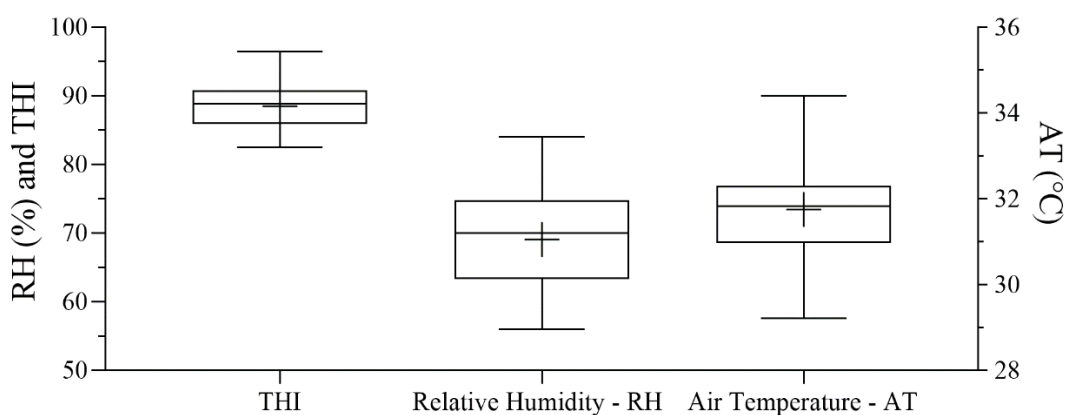


Figura 3 – *Boxplots* da Temperatura do Ar (AT), Umidade Relativa do Ar (RH) e do Índice de Temperatura e Umidade (THI) no interior do reboque durante o transporte no semiárido.

Nessas condições térmicas a capacidade de dissipar calor dos leitões é comprometida (Zhao et al., (2016). Assim, o sistema nervoso autônomo dos animais é acionado, e o eixo Hipotálamo-Hipófise-Adrenocortical é ativado na tentativa de manter a homeostase. Nossa compreensão sobre esse processo está bem documentada, com resultado em adaptações comportamentais e fisiológicas dos animais, incluindo alterações no tônus vascular periférico e no fluxo sanguíneo pela vasodilatação periférica (SCHAEFER et al., 2002). Esse conceito permite sugerir a potencialidade de detecção e monitoramento do estresse térmico por Termografia Infravermelho (TIV).

Os resultados obtidos no presente estudo sugere que a TIV é uma ferramenta com potencial utilização para o monitoramento do estresse térmico de leitões durante as operações de transporte em condições ambientais extremas. Neste estudo, altas correlações ($P < 0.01$) com intensidades muito forte e forte foram obtidas entre a Temperatura Orbital (TO) e a

Temperatura Superficial dos animais (TS), determinadas por TIV, com a Temperatura Retal dos leitões, com coeficientes de correlação $r = 0,968$ e $0,781$, respectivamente, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de correlação de Pearson e P valor das correlações entre a Temperatura Retal (RT), Temperatura Superficial Dorsal (DST), Temperatura Orbital (OT), Cortisol Salivar (SC), Frequência Respiratória (RR), Temperatura do Ar (AT), Umidade Relativa do Ar (RH) e Índice de Temperatura e Umidade (THI)

	RT	DST	OT	SC	RR	AT	RH	THI
RT		0.7810	0.9681	0.3133	0.6565	0.8987	0.2855	0.7551
DST	<0.01		0.8715	0.3589	0.6914	0.8468	0.3419	0.7378
OT	<0.01	<0.01		0.3471	0.7499	0.8999	0.3652	0.8115
SC	0.0199	0.0083	0.011		0.2697	0.3032	-0.0877	0.1931
RR	<0.01	<0.01	<0.01	0.0609		0.6309	0.6424	0.7620
AT	<0.01	<0.01	<0.01	0.0244	<0.01		0.3249	0.8550
RH	0.028	<0.01	<0.01	0.5243	<0.01	0.011		0.6893
THI	<0.01	<0.01	<0.01	0.1579	<0.01	<0.01	<0.01	

As temperaturas das imagens infravermelhas obtidas da região orbital e dorsal dos leitões apresentaram correlações forte e moderada ($P < 0.01$), respectivamente, com a medida da frequência respiratória dos animais, com coeficientes de correlação $r = 0,750$ e $0,691$. Constatase que ambas as regiões anatômicas apresentaram baixa correlação com cortisol salivar, bem como com os valores de umidade relativa durante o trânsito. Por outro lado, apresentarem altas correlações com a temperatura do ar e ITU durante as viagens.

Pelos diagramas de Bland-Altman (Figura 4), observa-se que o método de detecção do estresse térmico por TIV usando a TO e TS concorda do método padrão de avaliação pela temperatura retal dos animais. Esse resultado mostra claramente que o método proposto de monitoramento do estresse térmico por TIV pode substituir, sem viés de tendência significativa, a detecção do estresse térmico pela Temperatura Retal dos animais. Por outro lado, o método proposto apresenta uma tendência de erros sistemáticos e não concorda com o método padrão de avaliação pela Frequência Respiratória e Cortisol Salivar, independente da janela térmica utilizada, identificou-se viés significativo para CS e FR, apresentando inclinação da linha de tendência diferente de zero, dessa forma, tende a subestimar de forma crescente esses parâmetros (Figura 4 C, D, E e F).

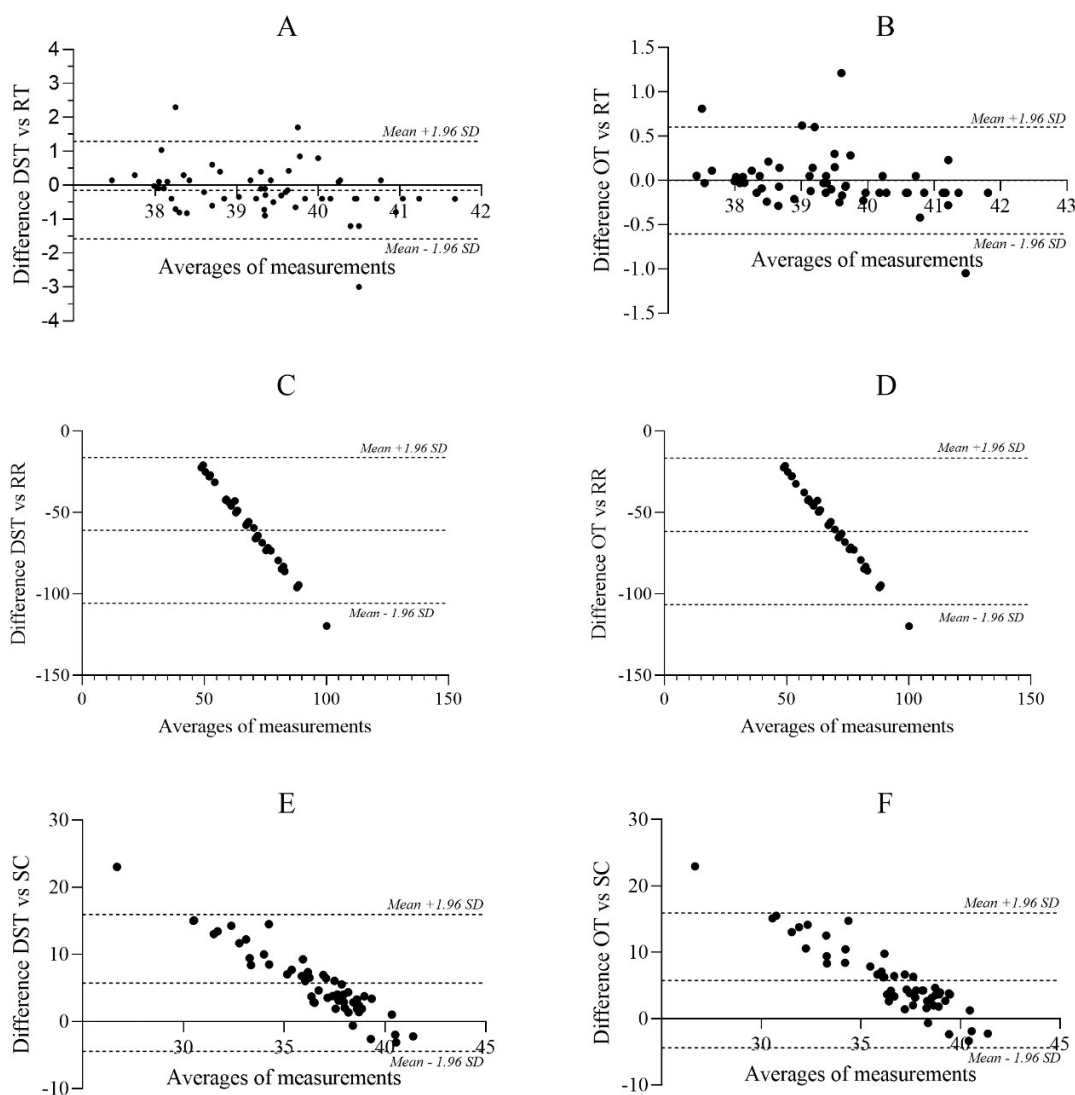


Figura 4 – Concordância entre a Temperatura Orbital (OT) e Temperatura Superficial Dorsal (DST) com a Temperatura Retal (RT), Cortisol Salivar (SC), Frequência Respiratória (RR) dos animais.

No geral, a análise de imagens infravermelhas mostrou-se capaz de fornecer informações com boa precisão sobre o estado do estresse térmico de leitões transportados em condições extremas do semiárido, especialmente utilizando a região anatômica orbital. A temperatura retal é considerada um ótimo estimador do estado de estresse térmicos dos animais de interesse zootécnico, pois é a que mais reflete a temperatura do núcleo corporal dos animais. Os resultados mostram que a TIV pode ser uma ferramenta com boa predição da TR, especialmente usando a janela térmica orbital. Uma provável explicação da região orbital ter apresentado

melhores resultados deve-se a maior concentração de canais capilares inervados que elevam o fluxo sanguíneo do cérebro (MOTA-ROJAS et al., 2021).

Nesse sentido, essa condição pode ter proporcionado a maior sensibilidade da TO na detecção do estresse térmico. Além disso, torna-se oportuno mencionar o maior risco de ocorrer a subestimação dos valores de TS pelo contato do animal com superfícies úmidas durante o transporte ou no manuseio de desembarque, especialmente por conta do molhamento da carga, ou superestimativa pelo transporte dos animais no andar superior do caminhão, que não possuía proteção contra radiação solar, como é de costume localmente.

Marques et al., (2018) realizaram um estudo em câmara bioclimática e mostraram que a região térmica ocular é sensível a variação da temperatura do ar e pode ser uma boa preditora da TR. Esses autores observaram a elevação de 1.71 °C da TO em caprinos com o aumento de 4 °C da temperatura ambiental. Os autores relacionaram esse comportamento com a ativação de mecanismos sensíveis de perda de calor à manutenção da homeotermia dos animais, principalmente pelo alto coeficiente de correlação entre TR e TO documentado no presente estudo.

Em seu estudo, Schmidt et al. (2013) comentaram que por razões anatômicas, a região orbital e a parte de trás das orelhas são pontos confiáveis para medição da temperatura da superfície corporal por meio da termografia. No Brasil, Pulido-Rodríguez et al., (2019) utilizaram a Termografia de Infravermelho como indicador de estresse em suínos na fase de creche. Os autores concluíram que a TO pode ser um indicador de temperatura corporal e estado de bem-estar de leitões em fase de creche.

Rocha et al., (2019) analisaram sítios anatômicos para a medição da variação da temperatura da superfície corporal por termografia de infravermelho em resposta ao manuseio e transporte de suínos durante o pré-abate no Canadá. Os autores constataram uma maior correlação ($r = 0.50$) entre a TO e o cortisol salivar. No entanto, nossos resultados demonstram que, em condições ambientais extremas, a utilização da técnica de termografia de infravermelho é mais eficaz, favorecendo uma interpretação mais confiável por meio das imagens térmicas.

5. CONCLUSÃO

A Termografia de Infravermelho é uma tecnologia potencial e mostra-se eficiente na detecção do estresse térmico nas operações de transporte de leitões em condições ambientais extremas. A janela térmica da região orbital dos animais é uma área confiável para análise do estresse térmico de forma não invasiva por Termografia de Infravermelho, porém, são necessários estudos mais detalhados para o desenvolvimento de métodos que tornem o processamento das imagens e obtenção dos resultados térmicos mais práticos às atividades de transporte comercial.

REFERÊNCIAS

ABCS - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos: **Mapeamento da suinocultura brasileira; Mapping of Brazilian Pork Chain**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Brasília, DF, 2016.

ANDERSSON, B. E.; JONASSON, H. **Regulação da Temperatura e Fisiologia Ambiental**. DUKES. Fisiologia dos Animais Domésticos. 12^a edição. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, RJ. 2006, 946 p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.246.

BAPTISTA, R. I. A. A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, C. N. **Indicadores do bem-estar em suínos**. Ciência Rural, v. 41, p. 1823-1830, 2011.

BERMAN, A. et al. A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. **International Journal of Biometeorology**. v.60, p.1453-1462, 2016.

BROOM, D. M. 1986. Indicators of poor welfare. **British Veterinary Journal**.142: 524-526.

CECCHIN, D. et al.. Índice fuzzy para o conforto térmico de suínos na fase de crescimento e terminação com base na temperatura superficial e frequência respiratória. **Revista Energia na Agricultura**, v. 31, n. 4, p.334-341, 2016.

CENTURIÓN, R. A. O. **Ambiente térmico e bem-estar de suínos no período de descanso pré-abate**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2012.
<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/733>

CUNHA, D. Cortisol como indicador do estresse na espécie suína. **Medicina Veterinária**, v. 6, n. 3, p. 18–25, 2012. Disponível em:

<<http://journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/616>>. Acesso em: 18 out. 2022.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 3º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p. 350-384.

CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Iowa: Iowa State University Press, 1983, 409 p.

DA COSTA, M. J. R. P. **Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto**. Anais de Etologia, 18: 3-15, 2000.

DA COSTA, M. J. R. P. **Ambiência e qualidade de carne**. In: Congresso das Raças Zebuínas, ABCZ. 2002. p. 170-174.

DA COSTA, E. V. et al. Bem-estar, ambiência e saúde animal. **Ciência Animal Brasileira**, 2009.

DALLA COSTA, O. A. et al. **Efeito do tempo de jejum dos suínos na granja sobre o bem-estar, medido pelo cortisol na saliva e pela frequência cardíaca, durante o manejo pré-abate**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 3p. (Comunicado técnico, 439).

DALLA COSTA, O. A.; LUDKE, J. V.; COSTA, M. J. R. P. **Aspectos econômicos e de UDG bem estar animal no manejo dos suínos da granja até o abate**. In: Seminário Internacional de Aves e Suínos, 4. 2005, Florianópolis. Anais. Florianópolis: EMBRAPA, 2005. p.1-25.

DALLA COSTA, O. A. et al. Efeito do manejo pré-abate sobre alguns parâmetros fisiológicos em fêmeas suínas pesadas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 852-858, 2009.

DALLA COSTA, O. A. et al. Risk factors associated with pig pre-slaughtering losses. **Meat Science**, 155, 61–68.

DE MORAES, P. et al. **Etologia de Suínos em Crescimento e Terminação**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n. 2, 28 fev. 2020.

EDDY, A. L.; VAN HOOGLMOED, L. M.; SNYDER, J.R. Review: The Role of Thermography in the Management of Equine Lameness. **The Veterinary Journal**, v. 162, p. 172-181, 2001.

EFSA – *European Food Safety Authority*.. **Scientific Opinion on the welfare of pigs during transport**. *EFSA Journal* 2022; 20(9):7445, 108 pp.

EWING, S. A.; LAY Jr., D. C.; VON BORELL, E. **Farm animal well-being – stress physiology, animal behavior, and environmental design**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 1999. 357p.

FAUCITANO, L. Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 96, p. 728-738, 2018.

FEHR, M. B. A. **Análise das variáveis de custo de produção de suínos nas regiões nordeste, centro-oeste, sudeste e sul do Brasil**. 2017. 24p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

FERREIRA, R. A. **Criação de Suínos em Clima Quente**. In: **II semana de ciências agrárias da universidade estadual do sudoeste da Bahia**. 2002. II Semana de Ciências Agrárias do Sudoeste da Bahia. Itapetinga: Editora UESB, 2002. v. 1. p. 73-101.

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

FURLAN, L. F.; MACARI, M. Termoregulação. IN: FURLAN, L. F.; MACARI, M.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal: Funesp, 2002. p. 209-230.

GISPERT, M. et al. A survey on pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**. 55, 97–106p.

HANNAS, M. I. **Proteína bruta para suínos machos castrados mantidos em diferentes condições térmicas dos 15 aos 30 kg**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

HOFFMANN, G. et al. Animal-related, non-invasive indicators for determining heat stress in dairy cows. **Biosystems Engineering**. Vol. 199. 2020. Pages 83-96. ISSN 1537-5110.

IBGE (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção pecuária municipal**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>>. Acesso em: 13 out. de 2022.

IBGE (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Abate de suínos chega a 14 milhões de cabeças no 2º trimestre, maior resultado desde 1997. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34819-abate-de-suinos-chega-a-14-milhoes-de-cabecas-no-2-trimestre-maior-resultado-desde-1997>>. Acesso em: 13 out. de 2022.

ITO, M.; GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F. **Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 44, p. [125]-156, set. 2016. <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9974>

JOHNSON, S. R. et al. 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. **Journal of Equine Veterinary Science**. 31: 63-66.

KESSEL, L. et al. 2010. The relationship between body and ambient temperature and corneal temperature. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**. 51: 6593-6597.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. **Berne y Levy: fisiología**. 3. ed. Barcelona: Elsevier Mosby, 2009. 834p.

LEITE, D. M. G. et al. **Software para gerenciamento de granjas suínolas**. In: Congresso e Mostra de Agroinformática, 1. 2000. Ponta Grossa. Anais. Ponta Grossa: UEPG, 2000. (Meio eletrônico). Acesso em: 14 out. 2022. Disponível em: http://200.201.9.33/artigos/pdf/info_065.pdf

MACHADO, N. A. F. et al. (2021d). Uso da pupilometria no diagnóstico de estresse em leitões transportados em clima tropical. **Engenharia Agrícola**. 41(4):402–408.

MACHADO, N. A. F. et al. Effect of distance and daily periods on heat-stressed pigs and pre-slaughter losses in a semiarid region. **International Journal Of Biometeorology**, v. 1, p. 1-12, 2022.

MARQUES, J. I. et al. (2018). Pupillary dilation as a thermal stress indicator in boer crossbred goats maintained in a climate chamber. **Small Ruminant Research**. 158: 26–29.

MCMANUS, R. et al. Thermography for disease detection in livestock: A scoping review. **Frontiers in Veterinary Science**. p. 1163, 2022.

MERCADO AGROPECUÁRIO. **A cadeia produtiva de suínos em 2020 e sinalizações para 2021**. Informativo, novembro, 2020. Disponível em: <http://www.sistemafaemg.org.br/Content/uploads/agronegocio-secoes/gvN71612358060322.pdf>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

MIRANDA-DE LA LAMA, G. C.; VILLARROEL, M.; MARÍA, G. A. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: a review. **Meat Science**. Volume 98. Issue 1, 2014, Pages 9-20. ISSN 0309-1740.

MOTA-ROJAS, D. et al. Physiological and behavioral mechanisms of thermoregulation in mammals. **Animals (Basel)**. 2021 Jun. 10;11(6):1733. PMID: 34200650; PMCID: PMC8227286.

NÄÄS, I. A. **Novas Perspectivas da Ambiência em relação ao Bem Estar dos suínos e do trabalhador**. Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, resumo, 2007.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. (2012). Zootecnia de Precisão: princípios básicos e atualidades na suinocultura. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 13(2), 558-568.

PEREIRA, A. L. et al. Physiological responses, water consumption, and feeding behaviour of lamb breeds fed diets containing different proportions of concentrate. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 10, n. 1, p. 2106-2106, 2022.

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**. Vol. 216. 2018. Pages 67-74. ISSN 1871-1413.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 196P.

PFISTER, J. A.; MALECHEK, J. C. (1986). The Voluntary Forage Intake and Nutrition of Goats and Sheep in the Semi-Arid Tropics of Northeastern Brazil. **Journal of Animal Science**. 63 (4): 1078–1086.

PINHEIRO, D. G.; BARBOSA-FILHO, J. A. D.; MACHADO, N. A. F. (2020). Effect of wetting method on the broiler transport in Brazilian Northeast. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology** 8: 168–173.

PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F. et al. Termografia infravermelha da superfície ocular como indicador de estresse em suínos na fase de creche. **Pesquisa Veterinária Brasileira** [online]. 2017, v. 37, n. 5 [Acessado 18 Outubro 2022], pp. 453-458. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000500005>>. ISSN 1678-5150.

RAUBER, S. M. **Termografia infravermelho na avaliação de estratégias de alimentação de precisão para suínos**. 2016.

RIOJA-LANG, F. C. et al. (2019). A review of swine transportation research on priority welfare issues: A canadian perspective. **Frontiers in Veterinary Science**, 6:1–12.

RISSATO, I. S. **Suínocultura no Brasil e mundo: Uma visão teórico/prática de matrizes e maternidade**. 2022. 26p. Trabalho de Curso (Curso Bacharelado de Zootecnia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

ROCHA, L. M. et al. Validation of Anatomical Sites for the Measurement of Infrared Body Surface Temperature Variation in Response to Handling and Transport. **Animals (Basel)**. 2019 Jul 6;9(7):425. PMID: 31284574; PMCID: PMC6680931.

RODRIGUES, N. E. B.; ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T. Adaptações fisiológicas de suínos sob estresse térmico. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 7, n. 2, p. 1197-1211, 2010.

ROMERO, M. H.; SÁNCHEZ, J. A. and HERNANDEZ, R. O. (2022). Field trial of factors associated with the presence of dead and non-ambulatory pigs during transport across three colombian slaughterhouses. **Frontiers in Veterinary Science**. 9:790570.

SANTOS, R. C. et al. (2013). **Perdas econômicas decorrentes do transporte de suínos em Mato Grosso do Sul: Estudo de caso**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 9, 1682-1697.

SCHAEFER, A. L. et al. (2002). **Novel non-invasive measures of animal welfare**. In **Proceedings of the National AnimalWelfare Advisory**. Committee (NAWAC) and the International Society for Applied Ethology (ISAE) Conference, Hamilton, New Zealand, 27–28.

SCHMIDT, M. et al. (2013). Assessment of body temperature in sows by two infrared thermography methods at various body surface locations. **Journal of Swine Health and Production**, 21: 203–9. <https://www.aasv.org/shap/issues/v21n4/v21n4p203.html>

SILVA FILHA, O. L. et al. **Os produtores de suínos no município de Floresta, Estado de Pernambuco, Brasil**. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, v.1, s.1, p. 416-418, 2011.

SILVA, I.; VIEIRA, F. M. C. **Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira**. Archivos de Zootecnia, v. 59, n. 232, p. 113-131, 2010.

SOERENSEN, D. D. et. al. (2014). Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. **Computers and Electronics in Agriculture**, 109: 52–58.

SOUSA, M. E. S. **Panorama da suinocultura do estado do Maranhão**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Agronegócio, Faculdade Vale do Aço, Açailândia, 2020. 47 f. <http://repositorio.favale.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/98>

URREA, V. M. et al. Behavior, blood stress indicators, skin lesions, and meat quality in pigs transported to slaughter at different loading densities. **Journal of Animal Science**. Vol. 99. Issue 6. June 2021.

USDA (2021) United States Department of Agriculture. **Production, Supply and Distribution**. Disponível em: <
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 13 out. de 2022.

VAN HOOGLMOED, L. M.; SNYDER, J. R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **The Veterinary Journal**, v. 164, p. 129-141, 2002.

WARRISS, P. D. et al. 2006. Estimating the body temperature of groups of pigs by thermal imaging. **Veterinary Record**. 158:331-334.

WESCHENFELDER, A. V. et al. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. **Meat Science**. 95 (3): 616-620.

XAVIER, B. S. et al. **Exportações brasileiras de carne suína para os principais destinos: uma análise de persistência aos choques**. 2022.
<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/12357>

ZHAO, Y. et al. (2016). Mortality rate of weaned and feeder pigs as affected by ground transportation conditions. Transactions of the ASAE. **American Society of Agricultural Engineers**. 59: 943–8.

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, pág. 339-346, 2017.