



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NATÁLIA NAMI OGAWA

**VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO
INDICADOR DE ESTRESSE NO
PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE EM SUÍNOS NANI E
NÃO NANI**

Londrina
2023

NATÁLIA NAMI OGAWA

**VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO
INDICADOR DE ESTRESSE NO
PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE EM SUÍNOS NANI E
NÃO NANI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Bridi

Londrina
2023

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

O34v Ogawa, Natália Nami.
Validação da termografia infravermelha como indicador de estresse no pré-abate e qualidade de carne em suínos NANI e Não NANI / Natália Nami Ogawa. - Londrina, 2023.
84 f. : il.

Orientador: Ana Maria Bridi.
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Abate - Tese. 2. Estresse - Tese. 3. Fadiga - Tese. 4. Fisiologia - Tese. I. Bridi, Ana Maria . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 63

NATÁLIA NAMI OGAWA

**VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO
INDICADOR DE ESTRESSE NO
PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE EM SUÍNOS NANI E
NÃO NANI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Maria Bridi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

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

Prof. Dr. Luiene Moura Rocha
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 31 de março de 2023.

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu marido, e a todos os professores e colegas do curso que me apoiaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar comigo em todos os momentos e por abençoar a minha trajetória na pós-graduação.

Agradeço aos meus pais e ao meu marido, por não medirem esforços para contribuir para os meus estudos e por me apoiarem em todas as minhas decisões. Obrigada pelo incentivo, paciência e suporte.

Agradeço a minha orientadora professora Dra. Ana Maria Bridi, que foi minha inspiração desde o primeiro ano da graduação. Sou muito grata por ter me acolhido e não desistido de mim. Se não fosse pela sua orientação e seus conselhos, nada disso teria sido possível. Muito obrigada.

Agradeço a todos os membros do Grupo de Pesquisa e Avaliação de Carnes e Carcaças (GPAC), especialmente meus colegas da pós-graduação (Amanda Gobeti Barro, Daniela Kaizer Terto, Giovanna Lima Silva, Guilherme Agostinis Ferreira e Jéssica Gonçalves Vero). Obrigada por toda ajuda e pelas conversas que tivemos no Lab. Vocês deixaram os meus dias mais leves e me deram forças para continuar.

Agradeço a CAPES pelo suporte financeiro, e pelo investimento na ciência. Me sinto muito privilegiada por ter essa oportunidade de poder realizar um sonho de fazer o mestrado.

Agradeço a Universidade Estadual de Londrina e ao programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Gratidão por poder estudar em uma Universidade tão renomada e por ter professores incríveis ao meu lado.

Agradeço ao Frigorífico Rainha da Paz, em especial ao Doutor Saulo Climaco por acreditar na ciência e nos disponibilizar o local para realizar a pesquisa, e a todos os funcionários por todo o suporte nas coletas. Sou muito grata por me receberem tão bem mesmo com a rotina corrida e nos auxiliarem nas coletas.

***O importante é não parar de questionar; a
curiosidade tem sua própria razão de existir***
(Albert Einstein)

OGAWA, Natália Nami. **Validação da termografia infravermelha como indicador de estresse no pré-abate e qualidade de carne em suínos NANI e Não NANI.** 2023. 84 páginas. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

Essa pesquisa foi dividida em dois experimentos com o objetivo de validar o uso da termografia infravermelha para prever o estresse e a qualidade da carne em suínos no pré-abate (experimento 1) e a avaliação do estresse e da qualidade da carne em suínos NANI e Não NANI no pré-abate (experimento 2). **Experimento 01:** Foi avaliada a temperatura superficial ocular de 241 suínos com a câmera termográfica e os dados foram associados com os parâmetros hematológicos, bioquímicos e parâmetros da qualidade da carne desses animais. A glicose obteve uma correlação muito fraca e positiva com a temperatura superficial máxima (TSO MÁX), mínima (TSO MÍN) e média (TSO MÉD) ($r = 0,13$; $r = 0,14$; $r = 0,14$, respectivamente) e a taxa de linfócitos apresentou uma correlação muito fraca e negativa com as TSO MÁX ($r = -0,19$), MÍN ($r = -0,26$) e MÉD ($r = -0,19$). Houve uma correlação muito fraca e negativa entre as TSO MÁX ($r = -0,23$) e MÍN ($r = -0,21$) com os valores de pH do *Longissimus thoracis* e entre as TSO MÁX ($r = -0,15$), MÍN ($r = -0,19$) e MÉD ($r = 0,14$) com os valores de pH do *Semimembranosus*. A correlação entre a TSO MÉD e os valores de pH do músculo *Longissimus thoracis* foi fraca e negativa ($r = 0,30$). A correlação entre a TSO MÁX com a L^* foi muito fraca e positiva ($r = 0,28$) e a correlação entre a TSO MÍN e MÉD com a L^* foi fraca e positiva ($r = 0,37$ e $r = 0,33$, respectivamente). Houve correlação muito fraca e positiva entre a TSO MÁX com a perda de água ($r = 0,25$) e correlação fraca e positiva entre a TSO MÍN ($r = 0,36$) e MÉD ($r = 0,33$) com a perda de água. A correlação entre as TSO MÁX, MÍN e MÉD com a perda de peso por resfriamento foi muito fraca e positiva ($r = 0,23$; $r = 0,25$; $r = 0,21$, respectivamente). O modelo de calibração e predição não apresentaram uma boa correlação. Os modelos de calibração e previsão para glicose e linfócitos não apresentaram exatidão. Dentre os parâmetros de qualidade da carne, os modelos para predição da cor (L^* e b^*) e da perda de água também não apresentaram boa exatidão. Por outro lado, os modelos para predição do pH mensurado no *Longissimus thoracis* e *Semimembranosus* e da perda de peso por resfriamento atenderam esse pressuposto de exatidão. Todos os modelos analisados nesse estudo não foram considerados adequados para predição dos parâmetros de estresse e da qualidade da carne. A temperatura superficial ocular obteve fraca correlação com a maior parte dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e com os parâmetros de qualidade da carne, indicando que o estresse gerado no pré-abate influenciou fracamente as respostas fisiológicas, a temperatura corporal dos suínos e a qualidade da carne. Como o desempenho do modelo de validação para predição dessas variáveis por meio da termografia infravermelha não foi satisfatório a termografia infravermelha não se mostra como uma alternativa viável para substituir a avaliação dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e parâmetros da qualidade da carne em suínos no pré-abate para avaliar o grau de estresse e qualidade da carne. **Experimento 02:** Esse estudo avaliou o uso potencial de biomarcadores de estresse fisiológico e dos parâmetros da qualidade da carne em 241 suínos submetidos ao manejo pré-abate, sendo 131 suínos sem nenhuma anomalia aparente (suínos Não NANI) e 110 suínos NANI (*non-ambulatory, non-injured*). Os suínos NANI apresentaram temperatura retal, valores de hemoglobina, hematócrito, hemácias e níveis de plaqueta superiores ao dos suínos Não NANI. Não houve diferença na morfologia e na concentração dos glóbulos vermelhos entre os

suínos NANI e Não NANI, e todos ficaram dentro dos valores esperados. Os suínos NANI apresentaram leucocitose e neutrofilia e linfopenia. A taxa de albumina foi superior nos suínos Não NANI ($4,67 \pm 0,05$) em relação aos suínos NANI ($4,42 \pm 0,07$) e os valores foram considerados elevados em relação aos valores de referência para os dois grupos. Os valores de LDH foram superiores nos suínos NANI ($6516,28 \pm 1364,37$) em relação aos suínos Não NANI ($1348,31 \pm 272,27$) e os dois grupos estiveram acima da referência. Os valores de pH foram superiores nos suínos Não NANI e como consequência os suínos NANI que apresentaram menor pH, apresentaram carnes mais claras e mais exsudativas e apresentaram maior perda de peso no resfriamento. Não houve diferença significativa na incidência da anomalia PSE e DFD entre os grupos. Dentre as carnes dos suínos NANI avaliadas, 2,73% foram classificadas como PSE e 0,91% como DFD. Os suínos Não NANI não apresentaram nenhuma anomalia na carne. Os parâmetros hematológicos e bioquímicos não auxiliaram na separação das classes e dentre os parâmetros de qualidade da carne, o principal item que descreveu o suíno NANI foi a perda de água. Os suínos NANI manifestaram alta temperatura corporal e maiores alterações no hemograma em relação aos suínos Não NANI provavelmente por conta do estresse ocasionado pelo manejo pré-abate. Na tentativa de manter a homeostase, esses animais responderam mais intensamente ao estresse e como consequência, apresentaram anomalias na carne.

Palavras-chave: Abate, estresse, fadiga, fisiologia.

OGAWA, Natália Nami. **Validation of infrared thermography as an indicator of pre-slaughter stress and meat quality in NANI and non-NANI pigs.** 2023. 84 pages. State University of Londrina, Londrina 2023.

ABSTRACT

This research was divided into two experiments with the objective of validating the use of infrared thermography to predict stress and meat quality in pre-slaughter pigs (experiment 1) and the evaluation of stress and meat quality in NANI and non-NANI pigs at pre-slaughter (experiment 2). **Experiment 01:** The ocular surface temperature of 241 pigs was evaluated with a thermographic camera and the data were associated with the hematological, biochemical and meat quality parameters of these animals. Glucose showed a very weak and positive correlation with maximum (MAX SOT), minimum (MIN SOT) and mean (MED SOT) surface temperature ($r = 0.13$, $r = 0.14$, $r = 0.14$, respectively) and lymphocyte count showed a very weak and negative correlation with MAX SOT ($r = -0.19$), MIN ($r = -0.26$) and MED ($r = -0.19$). There was a very weak and negative correlation between the MAX ($r = -0.23$) and MIN ($r = -0.21$) with the pH values of the Longissimus thoracis and between the MAX ($r = -0.15$), MIN ($r = -0.19$) and MED ($r = 0.14$) with the pH values of the Semimembranosus. The correlation between the TSO MÉD and the pH values of the Longissimus thoracis muscle was weak and negative ($r = 0.30$). The correlation between MAX TSO with L^* was very weak and positive ($r = 0.28$) and the correlation between MIN and MED TSO with L^* was weak and positive ($r = 0.37$ and $r = 0.33$, respectively). There was a very weak and positive correlation between MAX TSO with water loss ($r = 0.25$) and weak and positive correlation between MIN TSO ($r = 0.36$) and MED ($r = 0.33$) with water loss. The correlation between the MAX, MIN, and MED TSO with weight loss on chilling was very weak and positive ($r = 0.23$; $r = 0.25$; $r = 0.21$, respectively). The calibration and prediction model did not show a good correlation. The calibration and prediction models for glucose and lymphocytes did not show accuracy. Among the meat quality parameters, the models for predicting color (L^* and b^*) and water loss also did not show good accuracy. On the other hand, the models for predicting the pH measured in the Longissimus thoracis and Semimembranosus and the weight loss by cooling met this accuracy assumption. All models analyzed in this study were not considered adequate for predicting stress parameters and meat quality. The ocular surface temperature was weakly correlated with most of the hematological, biochemical and meat quality parameters, indicating that pre-slaughter stress weakly influenced the physiological responses, body temperature and meat quality. As the performance of the validation model to predict these variables by infrared thermography was not satisfactory, infrared thermography is not a viable alternative to replace the evaluation of hematological, biochemical and meat quality parameters in pre-slaughter pigs to assess the degree of stress and meat quality. **Experiment 02:** This study evaluated the potential use of biomarkers of physiological stress and meat quality parameters in 241 pigs submitted to pre-slaughter management, 131 pigs without any apparent abnormality (Non NANI pigs) and 110 NANI (non-ambulatory, non-injured) pigs. The NANI pigs had higher rectal temperature, hemoglobin, hematocrit, RBC and platelet levels than the Non NANI pigs. There was no difference in red blood cell morphology and concentration between the NANI and Non NANI pigs, and all were within expected values. The NANI pigs had leukocytosis and neutrophilia and lymphopenia. The albumin content was higher in the NANI compared to the NANI pigs and the values were considered high compared to the reference values for both groups. LDH values

were higher in the NANI versus the Non NANI pigs and both groups were above the reference. The pH values were higher in the Non NANI pigs and as a consequence the NANI pigs that had lower pH, had lighter and more exudative meats and showed greater weight loss on cooling. There was no significant difference in the incidence of PSE and DFD anomaly between the groups. Among the meats from the NANI pigs evaluated, 2.73% were classified as PSE and 0.91% as DFD. The Non NANI pigs did not show any abnormalities in the meat. The hematological and biochemical parameters did not help in separating the classes and among the meat quality parameters, the main item that described the NANI pig was water loss. The NANI pigs manifested high body temperature and greater changes in the hemogram in relation to the non-NANI pigs probably due to the stress caused by pre-slaughter handling. In an attempt to maintain homeostasis, these animals responded more intensely to stress and as a consequence, presented abnormalities in the meat.

Keywords: Slaughter, stress, fatigue, physiology.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 01 – VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO INDICADOR DE ESTRESSE EM SUÍNOS NANI E NÃO NANI NO PRÉ-ABATE

Figura 1 – Análise do termograma realizadas no programa FLIR Tools®.49

LISTA DE GRÁFICOS

ARTIGO 02 – AVALIAÇÃO DO ESTRESSE NO PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE DOS SUÍNOS NANI E NÃO NANI

- Gráfico 1** – Análise de componentes principais com a temperatura superficial ocular e os parâmetros hematológicos e bioquímicos dos suínos NANI e Não NANI..... 78
- Gráfico 2** – Análise de componentes principais com a temperatura superficial ocular e os parâmetros da qualidade da carne dos suínos NANI e Não NANI..... 79

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 01 - VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO INDICADOR DE ESTRESSE EM SUÍNOS NANI E NÃO NANI NO PRÉ-ABATE

Tabela 1 – Análise descritiva da temperatura superficial ocular e temperatura retal, dos parâmetros hematológicos e bioquímicos e dos parâmetros da qualidade da carne dos suínos56

Tabela 2 – Matriz de correlação de Pearson entre a temperatura superficial ocular (TSO) e parâmetros hematológicos e bioquímicos e os parâmetros da qualidade da carne59

Tabela 3 – Resultados das análises estatísticas dos conjuntos de calibração e validação para a glicose e linfócitos, pH LT, pH SEM, L*, b*, perda de água (%) e PPR (%)60

ARTIGO 02 - AVALIAÇÃO DO ESTRESSE NO PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE DOS SUÍNOS NANI E NÃO NANI

Tabela 1 – Análise de variância (média \pm erro padrão) da temperatura retal e dos parâmetros hematológicos e bioquímicos dos suínos NANI e Não NANI75

Tabela 2 – Análise de variância (média \pm erro padrão) da temperatura retal e dos parâmetros da qualidade da carne dos suínos NANI e Não NANI76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DFD	<i>Dark and Firm, Dry</i> - escura, firme e seca
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NANI	<i>Non-ambulatory, non-injured</i>
NAI	<i>Non-ambulatory, injured</i>
pH	potencial hidrogeniônico
PSE	<i>Pale, Soft and Exudative</i> - pálida, flácida e exsudativa
TIV	Termografia infravermelha

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 BEM-ESTAR ANIMAL.....	20
2.2 MANEJO PRÉ-ABATE.....	21
2.2.1 <i>Non-ambulatory, non-injured</i> (NANI).....	22
2.3 ESTRESSE.....	23
2.3.1 Característica dos suínos em relação ao estresse.....	24
2.3.2 Fisiologia do estresse e formas de avaliação.....	24
2.4 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO ESTRESSE.....	25
2.5 TEMPERATURA CORPORAL.....	26
2.6 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA.....	27
2.7 QUALIDADE DA CARNE.....	28
2.7.1 pH.....	29
2.7.2 Cor.....	30
2.7.3 Capacidade de retenção de água e perda de água.....	31
2.7.4 Anomalias da carne.....	32
3 REFERÊNCIAS	34
4 HIPÓTESE	43
5 OBJETIVOS DO ESTUDO	44
5.1 OBJETIVOS GERAIS.....	44
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	44

6 ARTIGO 01. VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO COMO INDICADOR DE ESTRESSE EM SUÍNOS NANI E NÃO NANI NO PRÉ-ABATE.....	45
1 INTRODUÇÃO.....	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 SELEÇÃO DOS ANIMAIS	48
2.2 TEMPERATURA CORPORAL	48
2.3 ANÁLISE DE SANGUE	50
2.4 QUALIDADE DA CARNE	50
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4 CONCLUSÃO.....	61
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
7 ARTIGO 02. AVALIAÇÃO DO ESTRESSE NO PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE DOS SUÍNOS NANI E NÃO NANI.....	66
1 INTRODUÇÃO.....	67
2 MATERIAL E MÉTODOS	68
2.1 SELEÇÃO DOS ANIMAIS	68
2.2 TEMPERATURA CORPORAL	69
2.3 ANÁLISE DE SANGUE	69
2.4 QUALIDADE DA CARNE	70
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	71
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72

4 CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	84

1. INTRODUÇÃO

A carne suína é uma das mais consumidas no mundo, sendo o Brasil o quarto maior produtor e exportador desse produto (ABPA 2022; USDA, 2020). Segundo os dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), em 2021 a produção nacional foi de 4,701 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 5,97% em relação ao ano anterior. O segundo trimestre de 2022 registrou o recorde de 1,3 milhões de toneladas produzidas, essa produção representa 6,78% a mais que o mesmo período do ano passado e 4,53% superior ao abate do primeiro trimestre de 2022 (IBGE, 2022). No Brasil, o consumo de carne suína não supera o de carne bovina e de aves, porém o crescimento do consumo per capita tem aumentado em relação aos anos anteriores. Nos últimos 10 anos, houve um crescimento de 12,08%, passando de 14,9 kg/hab em 2011 para 16,7 kg/hab em 2021 (ABPA, 2022). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre janeiro a junho de 2022 foram consumidos em média 18kg per capita. A quantidade representa quase um quilo a mais do que o registrado no mesmo período de 2021 (16,9 kg) e também bateu o recorde histórico no Brasil.

Esse crescimento da suinocultura brasileira e o aumento do consumo nacional são consequências de uma trajetória de sucesso da cadeia produtiva suinícola. A suinocultura brasileira tem se destacado cada vez mais nacionalmente e mundialmente pelas melhorias na área de genética, nutrição, manejo, biossegurança e implementação de programas de qualidade que incluem a preservação do meio ambiente e o bem-estar animal (RIBEIRO et al., 2019). Dentre as inovações aplicadas na suinocultura, tem-se a aprimoração constante dos manejos pré-abate.

Sabe-se que o manejo pré-abate tem um papel fundamental na produção animal, pois quando realizado de forma adequada, garante o bem-estar e consequentemente a qualidade da carne, além de diminuir os prejuízos econômicos (BISPO et al., 2016). O manejo pré-abate também contribui de forma positiva no comércio, visto que os países importadores estão cada vez mais seletivos, buscando as indústrias que adotam o bem-estar animal em seu manejo durante a produção da carne (DALLA COSTA et al., 2010). Para se manter em uma posição de destaque no cenário mundial, como um dos maiores produtores e exportadores de carne suína, o Brasil deve agir de forma proativa nesse sentido, introduzindo as práticas de bem-

estar animal e aperfeiçoando cada vez mais as técnicas de manejo. Para que desse modo, o Brasil produza não apenas em quantidade, mas também em qualidade e de maneira competitiva no mercado mundial (MARCHI, 2012).

Dentre as perdas quantitativas resultantes do manejo pré-abate mal empregado, destaca-se a presença de suínos incapacitados (MARCHI, 2012; STEVENSON, 2000). Estes podem ser classificados em dois grupos: animais que apresentam algum tipo de lesão (NAI – *Non-ambulatory, injured*) ou animais fadigados (NANI – *Non-ambulatory, non-injured*) (RITTER; ELLIS, [s.d.]). Os suínos NANI não apresentam lesão, trauma ou doença aparente (DALLA COSTA et al., 2019b; MCGLONE; MCPHERSON; ANDERSON, 2004) e respondem ao estresse mais intensamente, apresentando sintomas como respiração ofegante, descoloração da pele, tremores musculares, vocalização anormal e paralização dos movimentos (RITTER et al., 2009c). Tais eventos podem interferir negativamente na qualidade da carne e nas perdas econômicas por apresentarem anomalias na carne desses animais (CARR et al., 2008). Isso reforça o fato de que o manejo pré-abate, que garante o bem-estar animal, é essencial para a produção de um produto de qualidade.

O principal indicador utilizado para avaliar o grau de bem-estar animal é o estresse (GRANDIN, 1998; MACHADO FILHO, 2000; MOBERG; MENCH, 2000). Porém, a maioria das mensurações são invasivas ou necessita que o animal seja contido (STEWART et al., 2005). Essas situações geram desconforto ao animal e podem influenciar em sua resposta fisiológica (CLARK; RAGER; CALPIN, 1997), fornecendo resultados não precisos.

A termografia infravermelha tem se mostrado uma ótima alternativa para a avaliação do estresse, visto que é uma técnica não invasiva e prática que possibilita avaliar a temperatura corporal dos animais, que oscilam de acordo com o ambiente que ele se encontra e o manejo ofertado de forma rápida e eficaz (BOUZIDA; BENDADA; MALDAGUE, 2009).

Desta forma, este estudo visa validar a utilização da termografia infravermelha como indicador de estresse e qualidade da carne em suínos no momento pré-abate.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BEM-ESTAR ANIMAL

O Bem-estar tem relação com outros fatores como: necessidade, liberdade, felicidade, adaptação, controle, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde (BROOM; MOLENTO, 2004). Devido à complexidade do tema, não há consenso no meio científico considerando as diferentes raízes que impactam no conceito de bem-estar animal (MANTECA et al., 2013). No entanto, ter um conceito claramente definido é essencial em estudos científicos, para que o bem-estar possa ser medido de forma objetiva e comparado em situações diversas ou avaliado em uma situação específica (BROOM; MOLENTO, 2004).

De acordo com Fraser (2008), a maioria das definições têm como base três linhas de pensamento. O funcionamento biológico do organismo animal, o seu estado emocional e a possibilidade de expressar seus padrões normais de comportamento. Uma das definições mais aceitas e difundidas atualmente é a de Broom (1986). Segundo o autor, bem-estar é o estado do animal durante suas tentativas de se ajustar ao ambiente que ele se encontra. Broom e Molento (2004) acrescentaram a essa ideia que as tentativas de adaptação do animal ao ambiente serão definidas pelos graus de dificuldades impostas pelo ambiente, quanto maior o grau de dificuldade de adaptação, menor será o seu bem-estar, e quanto menor o grau de dificuldade de adaptação, maior será o grau de bem-estar animal. Portanto, o bem-estar animal é uma característica do animal individual, e não algo proporcionado ao animal pelo homem. Além disso, o grau de bem-estar pode ser melhorado como resultado de algo que lhe seja fornecido, porém não é possível oferecer o bem-estar ao animal.

As avaliações do bem-estar devem ser baseadas no conhecimento científico e devem ser feitas totalmente separadas de questões éticas (BROOM; MOLENTO, 2004). O uso de protocolos que consideram medidas padronizadas e objetivas como critério de avaliação do bem-estar animal são comumente utilizadas (VELARDE et al., 2009). Em vista disso, os “cinco domínios” proposto por Mellor e Reid (1994) (MELLOR; REID, 1994), que levam em conta a nutrição (1), o ambiente (2), a saúde (3), o comportamento (4) e o estado mental (5), apresentam-se como um

modelo sistemático, estruturado e abrangente. Esse modelo considera quatro domínios que levam em conta os estados internos ou físico-funcionais do animal (1, 2, 3 e 4) e, quando estes são comprometidos, são utilizados para avaliar as experiências efetivas dos animais (5). Esse sistema não representa a exata relação entre a estrutura e a função do organismo animal, por isso não deve ser considerado como uma definição absoluta do bem-estar e deve ser utilizado somente como uma ferramenta de avaliação e gerenciamento de bem-estar animal.

2.2. MANEJO PRÉ-ABATE

O manejo pré-abate compreende uma série de atividades (jejum na granja, embarque, transporte, desembarque, alojamento nas baias do frigorífico, descanso e insensibilização) realizadas desde a granja até o abate (DALLA COSTA et al., 2010; KEPHART; HARPER; RAINES, 2010; KÖHLER; FREITAS, 2005). Tais atividades necessitam de cuidados especiais para promover o bem-estar animal, e como consequência, garantir a qualidade da carne (KÖHLER; FREITAS, 2005; MALENA et al., 2007).

Quando o manejo pré-abate é deficiente, isso reduz o bem-estar animal e resulta em perdas qualitativas e quantitativas da carne, devido ao estresse, perda de peso, e contusões, podendo levar até à morte do animal, trazendo prejuízos para produtores, frigoríficos e consumidores (MARCHI, 2012; STEVENSON, 2000). Portanto, um manejo pré-abate eficiente, além de garantir o bem-estar animal e a qualidade da carne, também diminui os prejuízos econômicos (BISPO et al., 2016). Além disso, o manejo pré-abate adequado que garante o bem-estar animal contribui de forma positiva no comércio, pois os países importadores estão cada vez mais seletivos às indústrias que adotam o bem-estar animal em seu manejo durante a produção da carne (DALLA COSTA et al., 2010).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) define o abate humanitário como o conjunto de diretrizes técnicas e científicas que garantem o bem-estar dos animais desde a recepção até a operação de sangria (BRASIL, 2000). Esta definição abrange dois aspectos importantes: a preocupação em oferecer recursos que possibilitam um bem-estar aos animais e a implementação de pesquisas que busquem o desenvolvimento ou a melhoria das técnicas de pré-abate e de abate (RICCI; DALLA COSTA, 2015).

2.2.1. *Non-ambulatory, non-injured* (NANI)

Dentre as perdas quantitativas em decorrência do manejo pré-abate mal empregado, destaca-se a mortalidade no transporte, a presença de suínos incapacitados no desembarque e as condenações de carcaça devido a presença de fraturas e hematomas (MARCHI, 2012; STEVENSON, 2000). São classificados como suínos incapacitados aqueles animais que apresentam algum tipo de lesão (NAI – *Non-ambulatory, injured*) ou animais fadigados (NANI – *Non-ambulatory, non-injured*) (RITTER et al., 2009a).

Os suínos NANI não apresentam lesão, trauma ou doença aparente e podem estar em pé, sentados ou deitados (DALLA COSTA et al., 2019a; RITTER et al., 2009b). Estes animais manifestam sintomas agudos em resposta ao estresse, como respiração ofegante, descoloração da pele, tremores musculares, vocalização anormal e paralização dos movimentos (RITTER et al., 2009).

A incidência de suínos NANI interfere negativamente nas perdas econômicas. Nos Estados Unidos as perdas estimadas durante o transporte são de aproximadamente 100 milhões de dólares anuais (RITTER et al., 2009b). De acordo com Ritter et al. (2009), as perdas referentes aos suínos mortos e incapacitados devido ao transporte são em torno de US\$ 0,28 e US\$ 0,17 por cabeça, respectivamente. Essas perdas estão relacionadas à rejeição parcial das carcaças que apresentam hematomas e fraturas e, em casos graves, ao descarte de animais nos frigoríficos por conta da eutanásia (HARLEY et al., 2012).

Além das perdas quantitativas, o estado de estresse agudo, apresentado pelos suínos incapacitados, pode impactar também sobre a qualidade da carne desses animais. Segundo Carr et al. (2005), a maior parte dos cortes *in natura* provindos de suínos fatigados, originaram carnes DFD (Dark and Firm, Dry - escura, firme e seca), com pH final elevado, baixa luminosidade e perda por gotejamento. Isso ocorre porque os suínos submetidos a situações de estresse crônico têm as reservas de glicogênio muscular esgotadas precocemente no pré-abate. Com isso, a produção de lactato muscular é reduzida e a acidificação *post-mortem* é influenciada (RÜBENSAM, 2000).

Por outro lado, se o animal for submetido aos estímulos estressantes momento antes do abate, ocorrerá a aceleração do metabolismo muscular, fazendo com que haja o aumento da concentração de lactato e a queda brusca do pH

muscular. Essa resposta ao estresse favorecerá a produção de carne PSE (Pale, Soft and Exudative - pálida, flácida e exsudativa) (WARRISS et al., 1998a).

Ritter et al. (2006) relataram que os suínos NANI podem se recuperar quando mantidos em condições que permitam que estes descansem e voltem a apresentar um equilíbrio fisiológico. A maioria dos animais NANI consegue se recuperar, porém, quando não acontece a recuperação, são encaminhados para o abate emergencial (DALLA COSTA et al., 2019c).

2.3. ESTRESSE

Muitos pesquisadores que levam em conta a definição do bem-estar baseado no funcionamento biológico do animal, descrevem que a medida que o estresse aumenta, o bem-estar diminui (MANTECA et al., 2013). Deste modo, o estresse pode ser considerado como o estímulo ambiental que possui o potencial de sobrecarregar ou desafiar os sistemas de controle ou de homeostasia do animal, reduzindo sua capacidade de adaptação ao ambiente que se encontra. Por esse motivo, o estresse deve ser utilizado somente para descrever as situações em que o animal falha em suas tentativas de enfrentar adversidades e se encontra em bem-estar pobre (BROOM; MOLENTO, 2004).

O transporte é considerado um dos fatores mais estressantes para os suínos, pois durante o trajeto da granja até o frigorífico, os animais são submetidos à diversos sons adversos ou críticos, cheiros, vibrações, mudanças de velocidade, variação das condições ambientais, menor espaço individual, interação homem-animal e eventualmente manejos com bastões elétricos (CORREA et al., 2013, 2014; EDWARDS et al., 2010; RITTER et al., 2009c). Por ser um evento energeticamente exigente, está relacionado com o aumento da incidência de suínos NANI (FAUCITANO; LAMBOOIJ; GRANDIN, 2019).

O estresse, além de impactar no bem-estar animal, interfere negativamente na questão econômica e na qualidade do produto, pois pode resultar em perdas de animais, depreciação das carcaças e defeitos na qualidade da carne (FAUCITANO; LAMBOOIJ; GRANDIN, 2019).

2.3.1. Característica dos suínos em relação ao estresse

Suínos são animais mais susceptíveis ao estresse em relação aos outros mamíferos. Eles possuem uma massa cardíaca pequena e baixo ritmo cardíaco. Esse fator quando combinado com a intensificação do processo de melhoramento genético, pode sujeitar os suínos às anomalias cardíacas e ao estresse agudo (YANG; LING, 1997; ZURBRIGG et al., 2017).

Algumas raças podem ser mais vulneráveis ao estresse que outras por apresentarem uma mutação genética no gene RYR1 (receptor rianodina), fornecendo a expressão da síndrome do estresse suíno (PSS). A PSS é uma miopatia na qual ocorre a contratura muscular esquelética, acompanhada de hipermetabolismo e elevação da temperatura corporal. Esses sintomas podem ser desencadeados pelo estresse, como o transporte, a temperatura ambiental, o exercício e as brigas (MITCHELL; HEFFRON, 1982).

Outra característica importante dos suínos, é que estes são animais homeotérmicos. Sua temperatura corporal se mantém relativamente constante e é influenciada pela temperatura ambiental (BRACKE et al., 2020). A perda de calor pode se dar por meio de vários mecanismos, como radiação, evapotranspiração, condução e convecção (MARAHERNS, 2014), porém os suínos não possuem muitas glândulas sudoríparas funcionais e isso dificulta a perda de calor mediante evapotranspiração, tornando-os mais susceptíveis ao estresse por conta do calor (YOUSEF, 1985).

2.3.2. Fisiologia do estresse e formas de avaliação

Quando os animais são expostos aos estímulos estressantes, eles desenvolvem uma série de respostas neuroendócrinas e comportamentais, que visam manter o equilíbrio de suas funções vitais (VON BORELL, 1995).

A primeira reação é a alteração do seu comportamento, para escapar ou aliviar-se do agente estressor. O estresse faz com que ocorra a ativação do sistema autônomo, objetivando a defesa biológica. Essa ativação ocorre por meio de uma resposta rápida ao estresse, também conhecida como “reação de luta ou fuga” (MOBERG; MENCH, 2000). Essa resposta ocorre quando os estímulos externos e internos são transmitidos pelo sistema nervoso ao hipotálamo, que secreta o hormônio liberador de corticotrofina (CRH). Esse hormônio é transportado até a hipófise

(pituitária), estimulando a síntese e a liberação de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que, por sua vez, estimula a liberação de glicocorticóides (cortisol) e catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pela glândula adrenal. O CRH também estimula a rápida resposta de “luta ou fuga”, que em um mecanismo coordenado pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, cria diferentes sinais, que incluem o aumento da frequência respiratória e cardíaca nos animais (MATTERI et al., 2000).

O grau de bem-estar animal pode ser mensurado cientificamente e o estresse é o principal indicador utilizado para sua avaliação (GRANDIN, 1998; MACHADO FILHO, 2000; MOBERG; MENCH, 2000).

Há dois principais métodos para medir o estresse: por meio da resposta comportamental e pela avaliação dos parâmetros fisiológicos (endócrinos e enzimáticos) nos fluidos ou tecidos dos animais. Além disso, o estresse pré-abate pode ser detectado por avaliações na carcaça (SHAW; TUME, 1992).

Os indicadores comportamentais baseiam-se no comportamento anormal (apatia total, estereotipia e alta agressividade) dos animais e são capazes de fornecer informações imediatas sobre o bem-estar de um animal. O comportamento estereotipado é um comportamento constante, repetitivo e sem função aparente, como por exemplo os movimentos da língua e o balançar da cabeça ou do corpo (BROOM e MOLENTO, 2004).

2.4. PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DO ESTRESSE

Para explicar e quantificar os sintomas de estresse, é possível mensurar os parâmetros hematológicos e bioquímicos (FÀBREGA et al., 2002). A ciência que estuda o tecido conjuntivo do sangue e seus componentes (glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas), incluindo a avaliação dos órgãos formadores de sangue, a produção dessas células, sua dinâmica e as doenças associadas a esses órgãos, chama-se hematologia. Um teste que inclui informações quantitativas e qualitativas sobre esses três componentes das células sanguíneas é chamado de hemograma completo. Tanto na medicina humana quanto na veterinária, o hemograma é o exame de triagem mais solicitado por ser relativamente rápido, minimamente invasivo, barato e por fornecer informações importantes sobre o estado geral do paciente. Essas informações, aliadas à história clínica e ao exame físico do animal, permitem o diagnóstico de uma ampla variedade de doenças. É didaticamente

dividido em eritrograma, leucograma e plaquetograma (CHANNON; PAYNE; WARNER, 2002).

Os exames bioquímicos de sangue realizados na rotina clínica veterinária têm como principal objetivo a quantificação de analitos presentes no plasma derivado de tecidos e órgãos específicos, onde são produzidos e/ou armazenados. A análise quantitativa desses compostos combinados com valores de referência apropriados (espécie, idade, sexo, região) auxilia na avaliação clínica, nutricional e metabólica dos animais e no diagnóstico das mais diversas patologias de forma prática, rápida e econômica. Deve ser utilizada em conjunto com o histórico médico e exame físico do animal (DIAZ GONZALEZ; SILVA, 2017).

2.5. TEMPERATURA CORPORAL

Frequentemente a temperatura corporal é empregada em diagnósticos clínicos de mamíferos. Dado que a temperatura corporal permanece dentro seus limites razoáveis, mesmo em consequência de grandes variações nas condições ambientais (CUNNINGHAM, 2011).

Normalmente a temperatura retal é um pouco mais baixa que a temperatura central do animal, e as alterações da temperatura retal ocorre somente após a alteração da temperatura central. Entretanto, a temperatura retal é considerada um bom indicador da temperatura central corporal, pois apresenta maior inércia em suas mudanças, atingindo o equilíbrio de forma mais lenta em relação à outras regiões. Em suínos a temperatura retal média é de 39,2°C e a faixa normal varia de 38,7 a 39,8°C (CUNNINGHAM, 2011). Ela pode ser utilizada como indicador do conforto ou estresse calórico dos animais, como avaliação do grau de adaptabilidade dos animais a um determinado ambiente ou condição e também como indicador de doenças (BROWN-BRANDL et al., 2003). Além disso, ela tem sido utilizada em diversos estudos científicos como indicador de estresse (BERTOL et al., 2005; RITTER et al., 2009b; VERMEULEN et al., 2015).

Porém, para a obtenção da temperatura retal é necessário conter o animal, conseqüentemente, causando a eles situações de elevado estresse. Partindo desse princípio, a temperatura retal apresenta-se como um método ineficaz, visto que os resultados obtidos não são precisos (MOSTAÇO, 2014). Outras técnicas de mensuração da temperatura corpórea seguem o mesmo pressuposto, e por serem

invasivas, e demandarem a contenção do animal, ou muitas vezes necessitarem de um treino específico prévio para o manuseio do equipamento, torna-se um desafio para registrar a temperatura corporal do animal em tempo real (ROCHA et al., 2019).

2.6. TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Na maioria dos casos as fontes metabólicas de calor estão distantes da pele (fígado, coração e músculos dos membros por exemplo), por isso torna-se necessário a transferência de calor entre esses locais. Como os tecidos corporais são maus condutores térmicos, o calor é transferido principalmente pela convecção na circulação (CUNNINGHAM, 2011).

A termografia infravermelha (TIV) é uma técnica que permite detectar variações micro circulatórias decorrente da alteração metabólica animal (BERTONI et al., 2020). O método é considerado não invasivo, permite análises à distância, gera imagens bidimensionais, é portátil e permite o registro em vídeos. Essa técnica é baseada no princípio de que todos os corpos formados de matéria emitem certa carga de radiação infravermelha proporcionalmente a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada pelo uso da câmera termográfica. A câmera permite a transformação da radiação infravermelha em uma faixa visível do espectro e gera o termograma que expressa o gradiente térmico em um padrão de cores e com isso permite mapear um corpo ou uma região para distinguir áreas de diferentes temperaturas (EMBRAPA, 2020).

De acordo com Luzi et al. (2013), é possível utilizar a termografia no estudo do bem-estar animal em diversas áreas, sendo elas: 1 – Termorregulação corpórea e de órgãos e capacidade de adaptação em relação às condições ambientais ou estresse térmico pelo frio ou calor e alteração de comportamento; 2 - alterações na temperatura do corpo e/ou na temperatura da superfície de áreas do corpo em resposta a lesões, doenças, infecções, patologias e inflamação; 3 - Consequências da exposição a fatores de estresse que induzem alterações nas respostas cardiovasculares, tônus vasomotor, perfusão e troca de calor local como mutilações, procedimentos cirúrgicos ou de identificação de estresse e dor; 4 - Respostas na temperatura corporal e nas temperaturas de áreas do corpo devido à contenção ou transporte de animais.

Porém, alguns cuidados devem ser tomados para a execução adequada da técnica. Os principais fatores que podem prejudicar a mensuração correta da temperatura estão relacionados às interferências na transferência da radiação térmica. Dentre as interferências, as mais importantes são a emissividade do objeto, as influências atmosféricas e a calibração adequada da distância entre o objeto e o equipamento (VAINIONPÄÄ, 2014).

Na pesquisa realizada por Pampariene et al. (2016), que retrata sobre a influência que a temperatura do ambiente exerce sobre a utilização da TIV, os pesquisadores concluíram que o ângulo da TIV, o momento no qual a TIV é realizada, a região analisada, a qualidade e a sensibilidade da câmera térmica, e o software utilizado para a leitura das temperaturas também podem interferir nos resultados.

Para evitar erros durante a mensuração pela TIV, protocolos padronizados devem ser empregados, dando importância ao período de preparação e estabilização térmica do animal, e a escolha de um local adequado, diminuindo a interferência ambiental, favorecendo, assim, a reprodutibilidade da mensuração térmica (RING, 2006).

Fatores físicos, como o grau de sujidade na pele do animal a ser avaliado, devem ser considerados na mensuração, uma vez que a presença de resíduos e umidade interferem no termograma, atuando como uma barreira que dificulta a passagem da radiação infravermelha (METZNER et al., 2014).

2.7. QUALIDADE DA CARNE

Diversos fatores podem influenciar a qualidade da carne, entre eles estão: a genética, o bem-estar animal, nutrição, idade, sexo, dentre outros (HEINEN, 2013). Os consumidores têm se tornado cada vez mais esclarecidos em relação às condutas empregadas na produção animal e estão buscando produtos de maior qualidade (MARCHI, 2012).

De acordo com Monteiro (2007), a qualidade da carne pode ser determinada por uma combinação de parâmetros objetivos (pH, capacidade de retenção de água e gordura intramuscular) e subjetivos (cor, maciez, suculência, aparência da carne, resistência à mastigação, sabor e aroma).

2.7.1. pH

O pH é considerado um dos parâmetros mais importantes para prever a qualidade final da carne suína (TROEGER; WOLTERS DORF, 1989). A extensão e a velocidade da queda do pH pós-abate têm consequências importantes nas proteínas da carne, que impactam diretamente na cor final e na Capacidade de Retenção de Água (CRA) (BERNARDES; PRATA, 2001). Além disso, o pH também influencia em outras características de qualidade da carne como a maciez, o sabor e a conservação (OURIQUE; NICOLAIEWSKY, 1990). O fator mais comum que afeta diretamente o comportamento da queda do pH muscular e influencia o parâmetro de capacidade de retenção de água, a coloração e por consequência a qualidade da carne é o estresse pré-abate (SHAW; TUME, 1992).

Em suínos, na primeira hora *post mortem*, quando a temperatura da carcaça apresenta-se entre 37 e 40 °C, o pH declina de 7,2 a 6,2 (pH inicial), e após 12 a 24 horas após o abate, o pH se estabelece entre 5,5 a 5,8 (pH final) (BRIDI e SILVA, 2009). Quando esses animais são expostos ao estresse agudo no momento pré-abate isso pode ocasionar carnes PSE. Situações estressantes, em geral, aceleram a taxa da glicólise, elevando a concentração de ácido láctico no músculo, resultando em pH mais baixo ($\leq 5,5$) na primeira hora *post mortem*. A combinação do baixo pH e alta temperatura da carcaça gera a desnaturação das proteínas musculares, deste modo ocorre a redução da capacidade de retenção de água e isso faz com que a carne apresente uma coloração mais clara devido à exsudação e à presença de líquido na superfície da carne (HUFF-LONERGAN; SOSNICKI, 2002). Já as carnes DFD normalmente são originadas quando os animais se deparam com fatores estressantes crônico antes do abate. Dado que o elevado gasto energético *ante mortem* diminui as reservas de glicogênio. Assim, a produção de ácido láctico é reduzida e o pH final é elevado ($\approx >6,0$). A carne que tem pH final alto tende a ter cor mais escura e a superfície relativamente seca (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005; MAGANHINI et al., 2007).

2.7.2. Cor

Segundo Bryne et al. (1997), a palavra cor associa três sentidos. A química, caracterizada pela presença de corantes, pigmentos e outros materiais similares; a física, que diz respeito à eventos que ocorrem na via óptica; e às sensações da consciência através da observação do ser humano.

Sua percepção ocorre através do recebimento da radiação eletromagnética visível (comprimento de onda 380 ~ 750 nm) pelo órgão visual e processamento dos estímulos recebidos pelo cérebro (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2005). Os estímulos cromáticos são constituídos por três sensações diferentes: Matiz, luminosidade e saturação (HUTCHINGS, 2011; WYSZECKI; STILES, 1982). Matiz é a diferença da absorção em diferentes comprimentos de ondas. É o atributo que descreve os nomes das cores (vermelho, verde, roxo, etc.). Saturação é a variedade de cores em relação ao brilho. Está associada com o grau de reflexão ou emissão de luz visível a um determinado comprimento de onda. Matiz e saturação são mensurações cromáticas qualitativas e quantitativas, respectivamente. Luminosidade é a proporção de luz refletida. É representada por uma escala de tons cinzentos que varia de 0 a 100, sendo que 0 representa tons pretos e 100 tons brancos (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2005).

Não é considerada uma propriedade intrínseca do objeto, visto que a cor altera de acordo com a composição do objeto, iluminação local, ângulo de observação, ângulo de iluminação que incide no objeto analisado e a interação dos estímulos pela retina e nervo óptico do observador (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2005; WU; SUN, 2013). Por esse motivo, a análise da cor visual que leva em conta os sentidos, é altamente subjetiva e pessoal (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2005), então torna-se necessário a mensuração da cor por métodos objetivos que expressam a cor em forma de coordenadas, a fim de possibilitar a comparação entre objetos de coloração similares (DAVID; POLIANA; SPRICIGO, [s.d.]).

A cor é conhecida como atributo primário da qualidade dos alimentos, e exerce uma influência muito importante na aceitabilidade do produto no momento da compra (MANCINI; HUNT, 2005). Nas carnes *in natura* os consumidores costumam associar a cor como indicador de carnes frescas e saudáveis (KIM et al., 2016;

MANCINI; HUNT, 2005).

O principal pigmento responsável pela coloração da carne é a mioglobina (PRICE; SCHWEIGERT, 1987), que tem como função transportar e armazenar o oxigênio nos tecidos musculares (PARDI et al., 2001). A mioglobina confere a coloração da carne pela quantidade e pelo seu estado químico (LINDAHL, 2005). A concentração de mioglobina presente na carne pode variar de acordo com a idade do animal (LATORRE et al., 2004; LAWRIE; LEDWARD, 2014), intensidade de atividade física realizada (LAWRIE; LEDWARD, 2014), sítio anatômico do músculo (KLONT; BROCKS; EIKELENBOOM, 1998), composição nutricional da dieta (LAWRIE; LEDWARD, 2014), genética e sexo do animal (LATORRE et al., 2004; LAWRIE; LEDWARD, 2014).

A mensuração da cor pode ser realizada de forma subjetiva, através do painel sensorial, ou também de forma objetiva, com a utilização de equipamentos (DE FELÍCIO, [s.d.]; RAMOS, 2013) Dentre os colorímetros disponíveis no mercado, existem uma variedade de modelos com diferentes sistemas de mensuração (Hunter, CIE), diâmetros de abertura (10 - 22 mm), iluminantes (D65, A e C) e ângulos de observação (2° e 10°) (MANCINI; HUNT, 2005). O método mais utilizado para mensurar a cor da carne é o CIEL*a*b* que permite a diferenciação de cores mais fiéis em relação à percepção humana (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013).

2.7.3. Capacidade de retenção de água e perda de água

A capacidade de retenção de água (CRA) é a capacidade da carne em reter água durante a aplicação de forças, tais como cortes, aquecimento, trituração, prensagem e centrifugação. Já a perda de água por exsudação (*drip loss*) refere-se à porcentagem de umidade que é perdida durante o período de armazenagem, usualmente 24 ou 48 após o corte da amostra (DE OLIVEIRA ROÇA, [s.d.]; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005; SILVA SOBRINHO et al., 2005).

A habilidade de reter água depende basicamente das condições em que se realiza a mudança de pH durante a transformação *post mortem* do músculo em carne, ou seja, se o pH se aproxima mais ou menos do ponto isoelétrico das proteínas (DE OLIVEIRA ROÇA, [s.d.]; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005; SILVA SOBRINHO et al., 2005). À medida que o pH diminui, as proteínas atingem seu ponto isoelétrico e, com isso, a água ligada às proteínas é separada dessas moléculas

devido a anulação das cargas elétricas. Isso contribui para a diminuição da capacidade de retenção de água (BRIDI e SILVA, 2009).

Essa propriedade desperta o interesse para os consumidores, pois interfere tanto no aspecto visual (cor) quanto no aspecto sensorial (suculência) da carne (MAGANHINI et al., 2007). Estudos comprovam que a capacidade de retenção de água está correlacionada com a maciez da carne. Quanto menor a CRA e maior a perda de água, menor é a maciez da carne (CALDARA et al., 2012). A CRA também é um atributo desejado pelas empresas, pois determina o rendimento da carne e derivados. Quando a capacidade de retenção de água é baixa, há uma maior perda de líquido e conseqüentemente menor rendimento (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007), e o líquido exsudado pode acumular nas embalagens tornando-as pouco atrativas para o consumidor. Além disso, ocorre perda da palatabilidade, proteínas solúveis, vitaminas e minerais, e a textura da carne fica comprometida (PARDI et al., 2001).

2.7.4. Anomalias da carne

De acordo com Amin et al. (2014), a carne suína ideal e desejável pelos consumidores é aquela que apresenta coloração vermelha, consistência firme e não é exsudativa (RFN - *red, firm e non-exudative*).

Carnes DFD (*Dark, Firm e Dry*) ocorrem quando o animal é submetido a um estresse de longa duração antes do abate, esgotando as reservas de glicogênio muscular, impedindo a queda do pH (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). O pH alto favorece o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes, a carne apresenta uma maior retenção de água (apresentando aspecto seco na superfície), além de possuir textura firme, coloração escura e um menor tempo de conservação (LUDTKE et al., 2012). Em suínos, as carnes DFD são caracterizadas quando o pH está acima de 6, 24 horas pós abate (ROCHA et al., 2016).

Já a carne PSE (*Pale, Soft e Exsudative*) ocorre quando o animal é submetido a um estresse momentos antes do abate. O estresse estimula a glicólise, levando à formação de ácido lático, o que causa uma queda rápida do pH, enquanto a temperatura do músculo está alta (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). Carnes PSE possuem baixa capacidade de retenção de água, textura flácida e palidez, acarretando uma maior perda de peso e menor rendimento para a industrialização

(MAGANHINI et al., 2007). Em suínos, carnes PSE apresentam pH <5,8 nas primeiras horas *post mortem* (HOFFMAN, 1988).

A ausência do bem-estar leva frequentemente à produção de carnes com anomalias e de menor qualidade, gerando perdas significativas (FRASER, 1999). Portanto é de extrema importância avaliar o bem-estar na produção animal para garantir produtos de qualidade.

3. REFERÊNCIAS

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório anual 2022.

Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-vf.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2023.

AMIN, M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 484–492, 2014.

ANDERSON, D. B. et al. Physiological responses of market hogs to different handling practices. **Proc. Am. Assoc. Swine Vet., Kansas City, MO**, p. 399–400, 2002.

BECERRIL-HERRERA, M. et al. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16h to an Abattoir. **Meat Science**, v. 86, n. 4, p. 945–948, dez. 2010.

BERNARDES, L. A. H.; PRATA, L. F. Qualidade da carne suína-parte 1. **Artigo na web: www.beefpoint.com.br**, 2001.

BERTOL, T. M. et al. Effect of feed withdrawal and handling intensity on longissimus muscle glycolytic potential and blood measurements in slaughter weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 7, p. 1536–1542, 1 jul. 2005.

BERTONI, A. et al. Scientific findings related to changes in vascular microcirculation using infrared thermography in the river buffalo. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 8, n. 4, p. 288–297, 2020.

BISPO, L. C. D. et al. Bem-estar e manejo pré-abate de suínos: Revisão. **PUBVET**, v. 10, p. 795–872, 2016.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X. P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 34, n. 3, p. 120–126, 2009.

BRACKE, M. B. M. et al. **Review of climate control and space allowance during transport of pigs (version 1.0)**. [s.l.] EURCAW-Pigs, 2020.

BRASIL, 2000. **Ministério da Agricultura e Abastecimento**. Normativa nº. 3, Brasília, DF.

BRIDI, A.; SILVA, C. **Avaliação da carcaça**. Avaliação da carne suína. Londrina: Midiograf, p. 1-15, 2009. Disponível em:

<http://www.uel.br/grupopesquisa/gpac/pages/arquivos/Material%20para%20consulta/Bridi%20e%20Silva,%202009_%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20da%20carca%C3%A7a%20su%C3%ADna.pdf> Acesso em: 21 jun. 2022.

BROOM, D.M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – revisão. **ARCHIVES OF VETERINARY SCIENCE**, n. 9, p. 1–11, 2004.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare MEASURES OF ANI... read. **British Veterinary Journal**, v. 142, p. 524–526, 1986.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Domestic animal behaviour and welfare**. [s.l.] Cabi, 2007.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-Estar Animal: Conceito E Questões Relacionadas - Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 1–11, 2004.

BYRNE, A.; HILBERT, D. R. Colors and reflectances. 1997.

CALDARA, F. R. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 815–824, 2012.

CARR, C. C. et al. Effects of slaughter date, on-farm handling, transport stocking density, and time in lairage on digestive tract temperature, serum cortisol concentrations, and pork lean quality of market hogs. **The Professional Animal Scientist**, v. 24, n. 3, p. 208–218, 2008.

CHANNON, H. A.; PAYNE, A. M.; WARNER, R. D. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. **Meat Science**, v. 60, n. 1, p. 63–68, 2002.

CLARK, J. D.; RAGER, D. R.; CALPIN, J. P. Animal well-being IV. Specific assessment criteria. **Comparative Medicine**, v. 47, n. 6, p. 586–597, 1997.

CORREA, J. A. et al. Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for two hours using two vehicle types during two seasons of the year. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 43–55, 2013.

CORREA, J. A. et al. Welfare of pigs being transported over long distances using a pot-belly trailer during winter and summer. **Animals**, v. 4, n. 2, p. 200–213, 2014.

CUNNINGHAM, J. **Tratado de fisiologia veterinária**. [s.l.] Elsevier Health Sciences, 2011.

DALLA COSTA, F. A. et al. Ease of handling and physiological parameters of stress, carcasses, and pork quality of pigs handled in different group sizes. **Animals**, v. 9, n. 10, p. 798, 2019a.

DALLA COSTA, F. A. et al. Ease of handling and physiological parameters of stress, carcasses, and pork quality of pigs handled in different group sizes. **Animals**, v. 9, n. 10, 1 out. 2019b.

DALLA COSTA, O. A. et al. Efeito das condições pré-abate sobre a qualidade da carne de suínos pesados. **Archivos de zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 391–402, 2010.

DALLA COSTA, O. A. et al. Risk factors associated with pig pre-slaughtering losses. **Meat Science**, v. 155, p. 61–68, 2019c.

DAVID, M.; POLIANA, F.; SPRICIGO, C. **Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura Capítulo 1**. [s.l.: s.n.].

DE FELÍCIO, P. E. **QUALIDADE DA CARNE BOVINA: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ORGANOLÉPTICAS**. [s.l.: s.n.].

DE OLIVEIRA ROÇA, R. **PROPRIEDADES DA CARNE**. [s.l.: s.n.].

DIAS, C. P.; SILVA, C. A.; MANTECA, X. **BEM-ESTAR DOS SUÍNOS**. Londrina: Midiograf, 2014.

DIAZ GONZALEZ, F. H.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. [s.l.] Editora da UFRGS, 2017.

EDWARDS, L. N. et al. Use of exsanguination blood lactate to assess the quality of pre-slaughter pig handling. **Meat Science**, v. 86, n. 2, p. 384–390, 2010.

EMBRAPA. **Central de inteligência de aves e suínos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/mundo>. Acesso em: 11 jan. 2022.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **USDA.gov - United States Department of Agriculture**. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/hogs-pork/sector-at-a-glance/#Loc5>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

FÀBREGA, E. et al. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. **Meat Science**, v. 62, n. 4, p. 463–472, 2002.

FAILACE, R. **Hemograma: manual de interpretação**. [s.l.: s.n.].

FAUCITANO, L.; LAMBOOIJ, E.; GRANDIN, T. A. Transport of pigs. **Livestock handling and transport**. Boston, MA: CABI Publishing, p. 307–327, 2019.

FRASER, D. Animal ethics and animal welfare science: Bridging the two cultures. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 65, n. 3, p. 171–189, 1999.

FRASER, D. Understanding animal welfare. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 50, n. SUPPL. 1, 2008.

FREITAS, M. V. et al. Creatinofosfoquinase-isoenzima MB (CK-MB) e Troponina I (cTnI) em cães Revisão de Literatura. MEDVEP. **Revista Científica de Medicina veterinária. Pequenos Animais e Animais de Estimação**, v. 11, p. 156–165, 2014.

GISPERT, M. et al. A survey of pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, v. 55, n. 1, p. 97–106, 2000.

GRANDIN, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 1, p. 249–257, 1997.

GRANDIN, T. The feasibility of using vocalization scoring as an indicator of poor welfare during cattle slaughter. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 56, n. 2–4, p. 121–128, 1998.

HARLEY, S. et al. Good animal welfare makes economic sense: potential of pig abattoir meat inspection as a welfare surveillance tool. **Irish Veterinary Journal**, v. 65, n. 1, p. 1–12, 2012.

HEINEN, S. M. **Principais aspectos considerados por consumidores na aquisição de carne suína**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, , 2013.

HOFFMAN, E. **The right to be human: A biography of Abraham Maslow**. [s.l.] Jeremy P. Tarcher, Inc, 1988.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 194–204, 2005.

HUFF-LONERGAN, E.; SOSNICKI, A. Water-holding capacity of fresh meat. **Fact Sheet**, v. 4669, p. 1–8, 2002.

HUTCHINGS, J. B. **Food colour and appearance**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Trimestrais da pecuária: abate de bovinos, suínos e frangos cresce no 3º trimestre de 2022**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/35738-trimestrais-da-pecuaria-abate-de-bovinos-suinos-e-frangos-cresce-no-3-trimestre-de-2022>. Acesso em: 13 fev. 2023.

KEPHART, K. B.; HARPER, M. T.; RAINES, C. R. Observations of market pigs following transport to a packing plant. **Journal of Animal science**, v. 88, n. 6, p. 2199–2203, 2010.

KIM, T. W. et al. Pork quality traits according to postmortem pH and temperature in Berkshire. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 36, n. 1, p. 29–36, 1 fev. 2016.

KLONT, R. E.; BROCKS, L.; EIKELNBOOM, G. Muscle fibre type and meat quality. **Meat Science**, v. 49, p. S219–S229, 1998.

KÖHLER, R. G.; FREITAS, R. J. S. Qualidade da Carne Suína após dois tempos de Descanso no Frigorífico. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, 2005.

KRAMER, J. W.; HOFFMANN, W. E. Clinical enzymology. In: **Clinical biochemistry of domestic animals**. [s.l.] Elsevier, 1997. p. 303–325.

- LATORRE, M. A. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 2, p. 526–533, 2004.
- LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. **Lawrie's Meat Science**. [s.l.] Woodhead Publishing, 2014.
- LINDAHL, G. **Colour characteristics of fresh pork**. [s.l.: s.n.]. v. 2005
- LUDTKE, C. B. et al. S0103-84782012000300024. p. 532–537, 2012.
- LUZI, F. et al. **Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine**. [s.l.] Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, 2013.
- M. BROWN–BRANDL, T. et al. A NEW TELEMETRY SYSTEM FOR MEASURING CORE BODY TEMPERATURE IN LIVESTOCK AND POULTRY. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 19, n. 5, p. 583, 2003.
- MACHADO FILHO, L. C. P. **Bem-estar de suínos e qualidade de carne: uma visão brasileira**. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA. **Anais...2000**.
- MAGANHINI, M. B. et al. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 69–72, 2007.
- MALENA, M. et al. Comparison of mortality rates in different categories of pigs and cattle during transport for slaughter. **Acta Veterinaria Brno**, v. 76, n. 8, p. 109–116, 2007.
- MANCINI, R. A.; HUNT, MC. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, n. 1, p. 100–121, 2005.
- MANTECA, X. et al. Bem-estar animal: Conceitos e formas práticas de avaliação dos sistemas de produção de suínos. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 34, n. 6 SUPPL. 2, p. 4213–4230, 2013.
- MARAHRENS, M. **Thermal environment & animal thermoregulation during long pig road transport. Presentation at Animal Transport and Certification conference in collaboration with the 40th Annual Global Conference of ATA (Animal Transport Association)**. , 2014.
- MARCHI, P. G. F. DE. Bem-estar animal e suas implicações na qualidade da carne bovina: diagnóstico da situação nos segmentos iniciais da cadeia produtiva no Estado de Mato Grosso. **Aleph**, p. x, 88 p. : il., 2012.
- MATTERI, R. L. et al. Effects of weaning on somatotrophic gene expression and circulating levels of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and IGF-2 in pigs. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 19, n. 4, p. 247–259, 2000.

MCGLONE, J. J.; MCPHERSON, R. L.; ANDERSON, D. L. Moving devices for finishing pigs: efficacy of electric prod, board, paddle, or flag. **The Professional Animal Scientist**, v. 20, n. 6, p. 518–523, 2004.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. **Instrumental measurement of orange juice colour: A review**. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 30 abr. 2005.

MELLOR, D. J.; REID, C. S. W. Concepts of animal well-being and predicting the impact of procedures on experimental animals. **Improving the well-being of animals in the research environment**, p. 3–18, 1994.

METZNER, M. et al. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: Characteristics, methods, and correlation with rectal temperature. **The Veterinary Journal**, v. 199, n. 1, p. 57–62, 2014.

MITCHELL, G.; HEFFRON, J. J. A. Porcine stress syndromes. **Advances in Food Research**, v. 28, p. 167–230, 1982.

MOBERG, G. P.; MENCH, J. A. **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare**. [s.l.] CABI, 2000.

MONTEIRO, J. M. C. Desempenho, composição da carcaça e características de qualidade da carne de suínos de diferentes genótipos. 2007.

MOSTAÇO, G. M. **Determinação da temperatura retal e frequência respiratória de suínos em fase de creche por meio da temperatura da superfície corporal em câmara climática**. Universidade de São Paulo, , 2014.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. [s.l.] Artmed Editora, 2022.

OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S. Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação da qualidade da carne suína. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 2, p. 118–125, 1990.

PAMPARIENE, I. et al. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: Sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test. **Journal of Vibroengineering**, v. 18, n. 1, p. 511–521, 2016.

PARDI, M. C. et al. Ciência, higiene e tecnologia da carne. v. 1. **Goiânia: Centro Editorial e Gráfico da Universidade Federal de Goiás**, 2001.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A.-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 36–60, 2013.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **The science of meat and meat products**. [s.l.] Food and Nutrition Press, 1987.

RAMOS, P. M. **Dupla tonalidade e perda por gotejamento: relação com posição**

anatômica em secção transversal do lombo suíno e glicemia. Universidade de São Paulo, , 2013.

RIBEIRO, I. et al. BEM ESTAR DE SUÍNOS NO MANEJO PRÉ-ABATE EM UM ABATEDOUROFRIGORÍFICO DO TRIÂNGULO MINEIRO, MINAS GERAIS, BRASIL. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 30, 15 dez. 2019.

RICCI, G. DELA; DALLA COSTA, O. A. Abate humanitário de suínos. **Embrapa Suínos e Aves-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.

RING, E. F. J. The historical development of thermometry and thermal imaging in medicine. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v. 30, n. 4, p. 192–198, 2006.

RITTER, M.; ELLIS, M. **Handling Challenges: Non-ambulatory Pigs**. [s.l: s.n.].

RITTER, M. J. et al. Effect of floor space during transport of market-weight pigs on the incidence of transport losses at the packing plant and the relationships between transport conditions and losses. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 10, p. 2856–2864, 2006.

RITTER, M. J. et al. Transport losses in market weight pigs: I. A review of definitions, incidence, and economic impact. **The Professional Animal Scientist**, v. 25, n. 4, p. 404–414, 2009a.

RITTER, M. J. et al. **Review: Transport Losses in Market Weight Pigs: I. A Review of Definitions, Incidence, and Economic Impact**. [s.l: s.n.].

RITTER, M. J. et al. Effects of multiple concurrent stressors on rectal temperature, blood acid-base status, and longissimus muscle glycolytic potential in market-weight pigs¹. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 1, p. 351–362, 1 jan. 2009c.

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**, v. 9, n. 7, p. 425, 2019.

RÜBENSAM, J. M. **Transformações post mortem e qualidade da carne suína**. 1^a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína. **Anais...2000**.

SANTOS, A. L. F. et al. Dosagem sérica de troponina I em cães com desnível do segmento ST utilizando quimioluminescência. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1330–1336, 2011.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Características da carne suína. **Espírito Santos**, 2007.

SCHEFFER, J. F.; GONZÁLEZ, F. H. D. Enzimologia clínica em medicina veterinária. **Monografia Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. 23p, 2003.

SHAW, F. D.; TROUT, G. R.; MCPHEE, C. P. Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. **Meat Science**, v. 39, n. 2, p. 237–246, 1995.

SHAW, F. D.; TUME, R. K. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents—A review of recent work. **Meat Science**, v. 32, n. 3, p. 311–329, 1992.

SILVA SOBRINHO, A. G. DA et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1070–1078, 2005.

STEVENSON, P. **Questões de bem-estar animal na criação intensiva de suínos na união européia**. Conferencia Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne. **Anais...2000**.

STEWART, M. et al. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, v. 14, n. 4, p. 319–325, 2005.

TROEGER, K.; WOLTERS DORF, W. Medición del estrés de los cerdos durante el sacrificio. **Fleischwirtsch, Español**, v. 2, p. 3–8, 1989.

VAINIONPÄÄ, M. Thermographic imaging in cats and dogs: usability as a clinical method. 2014.

VELARDE, A. et al. **Welfare Quality® assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs)**. , 2009.

VERMEULEN, L. et al. Pre-slaughter rectal temperature as an indicator of pork meat quality. **Meat Science**, v. 105, p. 53–56, 2015.

VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 44, n. 2–4, p. 219–227, 1995.

WARRISS, P. D. et al. Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. **The Veterinary Record**, v. 136, n. 13, p. 319–323, 1995.

WARRISS, P. D. et al. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. **Animal Science**, v. 66, n. 1, p. 255–261, 1998a.

WARRISS, P. D. et al. An analysis of data relating to pig carcass quality and indices of stress collected in the European Union. **Meat Science**, v. 49, n. 2, p. 137–144, 1998b.

WU, D.; SUN, D. W. **Colour measurements by computer vision for food quality control - A review**. **Trends in Food Science and Technology**, jan. 2013.

WYSZECKI, G.; STILES, W. S. **Color science**. [s.l.] Wiley New York, 1982. v. 8

YANG, T. S.; LIN, J. H. Variation of heart size and its correlation with growth performance and vascular space in domestic pigs. **Animal Science**, v. 64, n. 3, p. 523–528, 1997.

YOUSEF, Mohamed K. et al. **Stress physiology in livestock. Volume I. Basic principles**. CRC press, 1985.

ZURBRIGG, K. et al. Pig-level risk factors for in-transit losses in swine: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 97, n. 3, p. 339–346, 2017.

4. HIPÓTESE

Suínos que apresentam temperaturas superficiais oculares superiores em termogramas possuem maior nível de estresse e, conseqüentemente, qualidade da carne inferior aos demais suínos.

Os suínos NANI apresentam maior nível de estresse e qualidade da carne inferior em relação aos suínos Não NANI.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVOS GERAIS

Validar o uso da termografia infravermelha em suínos no pré-abate como indicador de estresse e qualidade da carne. Analisar o nível de estresse no pré-abate e a qualidade da carne dos suínos NANI e Não NANI.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os parâmetros hematológicos, bioquímicos e os parâmetros da qualidade da carne a fim de verificar o grau de estresse em suínos NANI e Não NANI no manejo pré-abate e sua influência na qualidade da carne.

Mensurar a temperatura superficial ocular máxima, mínima e média dos suínos com a utilização da câmera termográfica para verificar as alterações fisiológicas desses animais no momento pré-abate.

Correlacionar os dados obtidos por meio das análises hematológicas e bioquímicas, análise da temperatura corporal dos suínos e análises da qualidade da carne.

6. ARTIGO 01 – VALIDAÇÃO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO INDICADOR DO ESTRESSE E DA QUALIDADE DA CARNE EM SUÍNOS NO PRÉ-ABATE

RESUMO

Para essa pesquisa foi avaliada a temperatura superficial ocular de 241 suínos com a câmera termográfica e os dados foram associados com os parâmetros hematológicos, bioquímicos e com os parâmetros da qualidade da carne desses animais. A glicose obteve uma correlação muito fraca e positiva com a temperatura superficial máxima (TSO MÁX), mínima (TSO MÍN) e média (TSO MÉD) ($r = 0,13$; $r = 0,14$; $r = 0,14$, respectivamente) e a taxa de linfócitos apresentou uma correlação muito fraca e negativa com as TSO MÁX ($r = -0,19$), MÍN ($r = -0,26$) e MÉD ($r = -0,19$). Houve uma correlação muito fraca e negativa entre as TSO MÁX ($r = -0,23$) e MÍN ($r = -0,21$) com os valores de pH do *Longissimus thoracis* e entre as TSO MÁX ($r = -0,15$), MÍN ($r = -0,19$) e MÉD ($r = 0,14$) com os valores de pH do *Semimembranosus*. A correlação entre a TSO MÉD e os valores de pH do músculo *Longissimus thoracis* foi fraca e negativa ($r = 0,30$). A correlação entre a TSO MÁX com a L^* foi muito fraca e positiva ($r = 0,28$) e a correlação entre a TSO MÍN e MÉD com a L^* foi fraca e positiva ($r = 0,37$ e $r = 0,33$, respectivamente). Houve correlação muito fraca e positiva entre a TSO MÁX com a perda de água ($r = 0,25$) e correlação fraca e positiva entre a TSO MÍN ($r = 0,36$) e MÉD ($r = 0,33$) com a perda de água. A correlação entre as TSO MÁX, MÍN e MÉD com a perda de peso por resfriamento foi muito fraca e positiva ($r = 0,23$; $r = 0,25$; $r = 0,21$, respectivamente). O valor do coeficiente de determinação foi baixo tanto para as amostras de calibração quanto para as amostras de validação analisadas ($R^2 < 0,3$) e não apresentou uma boa correlação entre os valores previstos os valores obtidos pelos métodos de referência. Os valores da raiz quadrada do erro médio de calibração e previsão para glicose e linfócitos foram aproximadamente 10 vezes maiores que o limite aceitável, indicando que esses modelos não apresentaram exatidão. Dentre os parâmetros de qualidade da carne, os modelos para predição da cor (L^* e b^*) e da perda de água também não apresentaram boa exatidão. Por outro lado, os modelos para predição do pH mensurado no *Longissimus thoracis* e *Semimembranosus* e da perda de peso por resfriamento atenderam esse pressuposto de exatidão. Como os valores da relação de desempenho do desvio para todos os constituintes analisados foram menores que 1,4, o desempenho dos modelos não foi satisfatório e por isso não foram considerados adequados para predição dos parâmetros de estresse e da qualidade da carne. A temperatura superficial ocular obteve fraca correlação com a glicose, linfócitos e com a maior parte dos parâmetros de qualidade da carne, indicando que o estresse gerado no pré-abate influenciou fracamente as respostas fisiológicas e alterou levemente a temperatura corporal dos suínos e a qualidade da carne. Como o desempenho do modelo de validação para predição dessas variáveis por meio da termografia infravermelha não foi satisfatório a termografia infravermelha não se mostra como uma alternativa viável para substituir a avaliação dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e parâmetros da qualidade da carne em suínos no pré-abate para avaliar o grau de estresse e qualidade da carne.

Palavras-chave: Bem-estar animal, câmera termográfica, estresse pré-abate, fisiologia animal, homeostase.

1 INTRODUÇÃO

O estresse pode ser definido como o estímulo que possui a capacidade de sobrecarregar ou desafiar a homeostasia do animal (BROOM, 2011). Manteca et al. (2013) descreveram que à medida que o estresse aumenta, o bem-estar diminui. Além de impactar diretamente no bem-estar animal, o estresse interfere negativamente na questão econômica e na qualidade do produto, pois pode resultar em perdas de animais, depreciação das carcaças e defeitos na qualidade da carne (FAUCITANO; LAMBOOIJ; GRANDIN, 2019). Ele pode ser mensurado por meio da resposta comportamental e dos parâmetros fisiológicos do animal (SHAW; TUME, 1992). Os indicadores comportamentais baseiam-se no comportamento anormal (apatia total, estereotipia e alta agressividade) dos animais e são capazes de fornecer informações imediatas sobre o grau de estresse de um animal (BROOM; MOELNTO, 2004). Já os parâmetros hematológicos e bioquímicos são essenciais para explicar e quantificar os sintomas de estresse (DIAZ GONZÁLEZ; SILVA, 2008).

O manejo pré-abate engloba diversas situações adversas para os animais, pois expõe eles a novos fatores potencialmente estressantes (barulhos, cheiros, variação das condições ambientais e interação homem-animal), e quando não realizado de forma correta pode impactar negativamente no seu bem-estar e em suas respostas ao estresse (CORREA et al., 2010; DALLA COSTA et al., 2019; RITTER et al., 2009a). Os suínos são animais homeotérmicos, que altera o seu metabolismo na tentativa de manter a homeostase (BROOM, 1986; LUDTKE et al., 2012). A aceleração do metabolismo em resposta ao estresse resulta no aumento da temperatura corporal. Por isso, ela é comumente utilizada como indicador do conforto ou estresse calórico, como avaliação do grau de adaptabilidade dos animais a um determinado ambiente ou condição, como indicador de doenças e de estresse (BERTOL et al., 2005; M. BROWN-BRANDL et al., 2003; RITTER et al., 2009b; VERMEULEN et al., 2015). Porém, a maioria de seus métodos mensuração são ineficazes, visto que os resultados obtidos não são precisos pelo fato de que para sua mensuração torna-se necessário conter o animal, causando a eles situações de elevado estresse, ou serem métodos invasivos, ou muitas vezes necessitarem de um treinamento prévio para a utilização do equipamento (ROCHA et al., 2019).

A termografia infravermelha (TIV) é uma técnica que permite detectar variações micro circulatórias decorrente da alteração metabólica animal (BERTONI et

al., 2020). Além de ser um método não invasivo, também permite análises à distância, gera imagens bidimensionais, é portátil e é possível fazer o registro em vídeos (SOERENSEN et al., 2014). Essa técnica é baseada no princípio de que todos os corpos formados de matéria emitem certa carga de radiação infravermelha proporcionalmente a sua temperatura. Esta radiação pode ser capturada pelo uso da câmera termográfica, que converte a radiação infravermelha em uma faixa visível do espectro e gera o termograma que expressa o gradiente térmico em um padrão de cores (GRIFFITH; TÜRLER; GOUDEY, 2002).

O cérebro é conhecido como a temperatura central do corpo, pois aloja o sistema nervoso central que é responsável por regular a temperatura corporal (MCCAFFERTY, 2007). Pela proximidade do olho e do cérebro, a temperatura superficial ocular é considerada um ótimo indicador da temperatura central (JOHNSON et al., 2011; ROCHA et al., 2019). O fluxo sanguíneo da região ocular, tem alta correlação com a atividade simpática (STEWART et al., 2008), e mesmo que as respostas ao estresse sejam baixas, elas podem ser detectadas por meio da termografia infravermelha (WESCHENFELDER et al., 2013).

Visto que a temperatura corporal dos suínos é considerada um indicativo de bem-estar animal e o seu monitoramento fornece informações importantes em relação ao nível de estresse e a qualidade da carne desses animais (GUÀRDIA et al., 2009, 2012) o objetivo dessa pesquisa foi validar a utilização da termografia infravermelha como indicador de estresse e com isso, possibilitar prever a qualidade e possíveis anomalias na carne em suínos no momento pré-abate.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção dos animais

Para essa pesquisa foram coletados os dados de 241 suínos machos castrados com peso médio de abate de $125\pm 4,2$ kg. Após a chegada no frigorífico todos os animais foram encaminhados para a baia de espera. Cada baia contava com 4 bebedouros tipo chupeta suspensos e os animais tiveram livre acesso a água.

Passado as 3 horas de descanso, os suínos receberam uma breve aspersão de água para remover as sujidades do corpo e logo em seguida foram encaminhados para o abate. Os animais foram manejados da baia de espera até o ponto de insensibilização em grupos de 10-15 animais e no restrainer foram manejados em fila indiana.

Anteriormente à sangria os suínos Não NANI foram insensibilizados utilizando o método por eletrocussão com uma corrente elétrica de 250 V aplicado em dois pontos atrás da orelha (fossas temporais) e 120 V aplicados no peito (entre o 4º e 5º espaço intercostal à esquerda) com intensidade de 1A e frequência de 50 Hz. Já os suínos NANI foram submetidos à eletronarcolese por meio de uma corrente elétrica com voltagem 392 V, amperagem 1,7 A e frequência de 600 Hz, aplicada em dois pontos atrás da orelha com o uso do insensibilizador elétrico da marca Fluxo®. Já os suínos NANI foram submetidos à eletronarcolese por meio de uma corrente elétrica com voltagem 392 V, amperagem 1,7 A e frequência de 600 Hz, aplicada em dois pontos atrás da orelha dos suínos com o uso do insensibilizador elétrico da marca Fluxo®.

A seleção dos animais aconteceu de forma aleatória no momento da insensibilização e os suínos selecionados foram identificados com tatuagem no pernil esquerdo na calha de sangria.

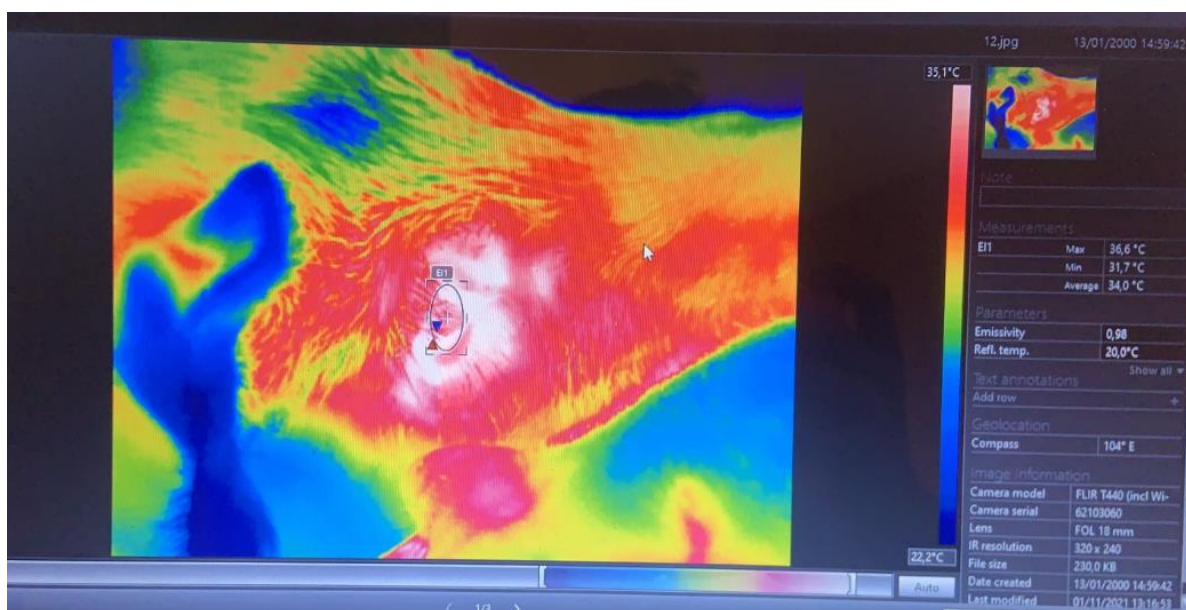
2.2 Temperatura corporal

Após a insensibilização, realizou-se a incisão das artérias carótidas e veias jugulares de aproximadamente 5 cm na região média do pescoço (osso esterno). Após a insensibilização, realizou-se a incisão das artérias carótidas e veias jugulares com a incisão de aproximadamente 5 cm na região média do pescoço (osso esterno). Logo em seguida, foi mensurado a temperatura superficial ocular (TSO) e a

temperatura retal (TR) de cada animal.

A TSO foi mensurada na região do globo ocular esquerdo utilizando a câmera termográfica (FLIR T440®, Teledyne FLIR, Sorocaba, São Paulo, Brasil) com lente 15 ° × 11 ° (40 mm), detector de 640 × 480 pixels, sensibilidade térmica <40 mK (<0,04 ° C a 30 ° C de temperatura ambiente) e faixa de temperatura de -20 a 350 ° C. A emissividade utilizada foi 0,98 (HOFFMANN et al., 2013). Para a padronização, foi adotado a distância entre a câmera e o animal de 1m e o ângulo de 90°. O foco foi ajustado manualmente de acordo com a necessidade e foram capturadas pelo menos duas imagens por animal para que fosse possível selecionar a imagem que apresentasse melhores resoluções para análise posterior. Em seguida foi mensurada a TR com o termômetro veterinário digital da marca MD®. A fim de evitar que as condições ambientais não interferissem nos dados obtidos, utilizou-se o termômetro digital com data logger (HOBOWare®, Sigma Sensors, São José dos Campos, São Paulo, Brasil) para registrar a temperatura e umidade ambiente. Para a determinação da temperatura máxima, mínima e média (°C) das imagens termográficas obtidas, utilizou-se o programa software FLIR Tools® (Figura 1).

Figura 1 – Análise do termograma realizadas no programa FLIR Tools®



Fonte: De autoria própria

2.3 Análise de sangue

O sangue dos animais foi coletado na calha de sangria com o auxílio de um copo plástico e foi transferido para os tubos a vácuo Firslab[®] de 4 ml contendo fluoreto e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) para as análises de lactato e glicose, com somente EDTA para hemograma completo e contendo ativador de coágulo para análise de albumina e lactato desidrogenase (LDH). Os tubos foram invertidos suavemente 8 vezes imediatamente após a coleta para a homogeneização. As amostras de sangue coletadas foram armazenadas em uma caixa de isopor contendo gelo rígido reutilizável (Gelox) para conservação destas durante o transporte até o laboratório. Para separar o soro e o plasma, as amostras foram centrifugadas a 3000 RPM durante 10 minutos a temperatura de 18°C. O soro e o plasma foram transferidos para o Eppendorf e congelados a uma temperatura de -20°C até as análises bioquímicas.

Utilizou-se o aparelho automático de hematologia veterinária pochH-100 iV Diff[®], (ROCHE, São Paulo, SP, Brasil) para avaliar hemograma completo. Os parâmetros analisados foram: concentração de hemoglobina (HB), porcentagem de hematócrito (HT), concentração de leucócitos (Le), porcentagem de segmentados (Seg.), contagem de plaquetas (Pl.), porcentagem de linfócitos (Linf.), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e amplitude da distribuição dos glóbulos vermelhos (RDW).

As amostras de soro, foram analisadas utilizando o reagente Dimension[®] LDI Flex[®] reagent cartridge e Albumina-pp (Analisa[®]) para a mensuração de LDH e albumina, respectivamente. As amostras de plasma foram avaliadas pelo método Siemens / Dimension Gluc Ver Flex e Dimension LA - Ácido Láctico para glicose e lactato. Todas estas análises foram realizadas pelo aparelho Siemens Dimension Xpand Plus (Siemens Healthcare Diagnostics Inc. – EUA).

2.5 Qualidade da carne

A mensuração da cor, pH e perda de água por papel filtro das carcaças ocorreu 24 horas após ao abate. Esses parâmetros foram mensurados na câmara fria com temperatura de refrigeração média de 4°C.

O pH foi determinado por meio da utilização do potenciômetro digital Testo 205® (Testo AG, Lenzkirch, Alemanha), que foi previamente calibrado com duas soluções, ácida (pH = 4) e básica (pH = 7) à temperatura ambiente. O local de mensuração do pH foi na região lombar, entre a última e penúltima costela (*Longissimus thoracis*), e na região do pernil (*Semimembranosus*) (Figura 2).

A análise de perda de água foi realizada segundo o método descrito por Kauffman et al. (1986). Foi realizado um corte superficial na região do pernil para permitir a oxigenação dessa região à temperatura ambiente durante 10 minutos. Para evitar que a carne resseque, a região a ser analisada foi coberta com o plástico filme até o início das mensurações. Após os 10 minutos, retirou-se o plástico, e logo em seguida, colocou-se o papel filtro (Whatman® / Grade 1/ diâmetro 125 mm) com a pinça sobre o pernil por 3 segundos (Figura 3). O papel filtro foi comparado com o padrão fotográfico (Figura 4) contendo a escala de perda de água (score 0-5). Essa comparação foi feita por um único observador, para evitar divergências na observação. A % de perda de água por gotejamento foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$\% \text{ perda de água por gotejamento} = 1,8 + 1,4 (\text{score do papel filtro})$$

(KAUFFMAN et al., 1986)

Terminada a análise de perda de água por papel filtro, foi contabilizado mais 20 minutos, totalizando 30 minutos de exposição para a análise de cor. Foi utilizado o equipamento Minolta CR-10® portátil (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japão) com iluminante D 65, ângulo de 10° e tamanho de abertura de 8,0 mm ((CIE), 1978), para avaliar três diferentes pontos da superfície da amostra e com isso, calcular a média destas (Figura 5). Os resultados foram expressos pelo sistema CIELAB (L*, a*, b*).

Por fim, as carnes foram classificadas em pálida, mole e exsudativa (PSE) e escura, firme e seca (DFD) segundo os valores de pH final (pH24), luminosidade (L*) e perda por gotejamento (PG) segundo Rocha et al. (2016).

2.6 Análise estatística

Visto que as medidas de temperatura corporal dos suínos, os parâmetros hematológicos e os parâmetros de qualidade da carne satisfizeram os pressupostos de distribuição normal (teste Shapiro-Wilk), utilizou-se a análise descritiva para identificar e caracterizar o estresse e a qualidade da carne dos suínos no pré-abate. Com o intuito de verificar a relação entre a temperatura corporal dos suínos, os parâmetros hematológicos e os parâmetros da qualidade de carne, foi feito o teste de correlação de Pearson entre eles. Os resultados da análise descritiva e da correlação de Pearson foram analisados no Software jamovi (versão 2.2, 2022) e foi estabelecido como nível de significância $p < 0,05$ em todos os testes estatísticos.

Posteriormente, a regressão pelo método Quadrados Mínimos Parciais Univariado (Univariate Partial Least Squares - UPLS) foi aplicada nas variáveis que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) na análise de correlação, para que fosse possível prever o estresse e a qualidade da carne a partir das temperaturas obtidas com a câmara termográfica. Para essa análise a TSO MÁX foi considerada como variável independente e os parâmetros hematológicos e os parâmetros da qualidade da carne como variáveis dependentes. A TR não foi incluída na análise univariada (Tabela 3), pois demonstrou um coeficiente de correlação extremamente alto ($> 0,90$), indicando uma forte colinearidade com a TSO MÁX (JUDGE, 1982). Antes de desenvolver os modelos de calibração, o conjunto de dados foi dividido em dois grupos: calibração (171 amostras) e validação (70 amostras) pelo algoritmo de amostragem uniforme Kennard-Stone (KENNARD; STONE, 1969). Em seguida foi desenvolvido modelos de calibração para predição do estresse e qualidade da carne com dados da TSO MÁX utilizando a regressão PLS univariada (UPLS). O UPLS estabelece uma relação quantitativa entre uma matriz x , com respostas analíticas (TSO MÁX), e um vetor y , com a propriedade de interesse (parâmetros hematológicos) (GARTHWAITE, 1994).

Para avaliar o desempenho e validação dos modelos, foram calculados os seguintes indicadores estatísticos: raiz quadrada do erro médio de calibração - RMSEC (Root Mean Squared Error of Calibration), raiz quadrada do erro médio de predição - RMSEP (Root Mean Squared Error of Prediction), R^2 (coeficiente de determinação para o conjunto de calibração e validação) e relação de desempenho do desvio - RPD (Residual Prediction Deviation) (WILLIAMS; MANLEY;

ANTONISZYN, 2019). Nesse estudo, foi utilizada a seguinte classificação para simplificar a interpretação (VISCARRA ROSSEL; MCGLYNN; MCBRATNEY, 2006): modelo excelente ($RPD > 2,5$), modelo muito bom ($2,5 > RPD > 2,0$), modelo bom ($2,0 > RPD > 1,8$), modelo justo ($1,8 > RPD > 1,4$) e modelo muito ruim ($RPD < 1,4$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da temperatura corporal dos suínos (temperatura superficial ocular média = 32,3 e temperatura retal média = 38,9) encontrados nesse estudo (Tabela 1) foram similares aos encontrados em outros estudos (HORCADA et al., 2019; ROCHA et al., 2019). A temperatura corporal atua como índice fisiológico (SELLIER; GUETTIER; STAUB, 2014) e pode estar relacionada com a genética do animal, o seu estado de saúde, a qualidade do transporte e ao manejo ao que o animal foi submetido (VOSLAROVA et al., 2017).

Os valores médios de hematócrito (HT) e hemoglobina (HB) estiveram dentro dos valores de referência (HT = 32 A 50%; HB = 10 a 16g/dL) para os suínos em terminação. Em contra partida, o valor médio das hemácias ($8,53 \times 10^6/\mu\text{L}$) e plaquetas (110571/mm) foram superiores aos valores de referência (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Quando os animais são submetidos ao estresse pré-abate, o organismo libera uma grande quantidade de glóbulos vermelhos oxigenados e plaquetas para prepara o organismo para situações de “luta ou fuga”. Por tanto, suponha-se que os animais analisados apresentaram alto grau de estresse por conta do manejo pré-abate (WEISS; WARDROP, 2011).

Os parâmetros de volume corpuscular médio (50,4fL), hemoglobina corpuscular média (16,8 pg), concentração de hemoglobina corpuscular média (33,2%) e amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos (21%) ficaram dentro dos valores esperados (MEYER; HARVEY, 2004; PRADO, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Visto que todos os resultados foram satisfatórios, presume-se que os animais não apresentaram anemia (JAIN, 1986).

Embora o valor médio de linfócitos apresentou-se dentro da normalidade (4500 a 13000/ μL), os valores de leucócitos e neutrófilos maduros (segmentados) superaram a faixa normal. Isso indica que os animais apresentaram o quadro de leucocitose e neutrofilia, respectivamente (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Esse quadro ocorre como uma resposta a liberação endógena de corticosteroides ou epinefrina (adrenalina), no qual o compartimento marginal (microcirculação) de leucócitos e neutrófilos são mobilizados para a circulação geral (grandes vasos), aumentando a contagem total de leucócitos e neutrófilos. Esta condição geralmente é desencadeada por distúrbios emocionais e físicos e é considerada um indicativo do estresse agudo. Os resultados encontrados,

indicam a tentativa do organismo em combater as alterações fisiológicas ocasionadas pelo estresse gerado momentos antes do abate, ou seja, no momento da insensibilização (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011).

Os valores de glicose estavam dentro dos valores esperados (Glicose = 85 a 100mg/dL) para espécie (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Já a albumina foi superior em relação a referência (1,80 a 3,30 g/dL). Segundo Diaz González e Silva (2008), a única causa de aumento da albumina plasmática (hiperalbuminemia) é a desidratação. Provavelmente esses resultados é consequência do transporte desses suínos da granja até o frigorífico, devido a privação de água durante o esse período. O lactato também superou os valores de referência (WARRIS et al., 1994). Esse resultado era de se esperar, pois o estresse pré-abate aumenta a concentração de lactato sanguíneo através da glicogenólise (LOUDON et al., 2019; STEWART et al., 2018).

Os valores médios da lactato desidrogenase (LDH) (Tabela 1), foram extremamente altos em relação aos valores médios de referência para a espécie (380 a 634U/L) (MEYER et al., 2011). O aumento da LDH pode ser um sinal de danos musculares, pois a lesão muscular libera o LDH de dentro das células na corrente sanguínea e estão associados ao embarque, transporte, desembarque, período de espera no frigorífico, condições climáticas adversas e exercício físico intenso (BRANDT; AASLYNG, 2015; CHULAYO; MUCHENJE, 2017; STEWART et al., 2018).

Quando se trata da qualidade da carne, o parâmetro que apresentou-se fora da normalidade foi a perda de água (MATARNEH; SCHEFFLER; GERRARD, 2023). O estado de estresse agudo apresentado pelos suínos pode ser a principal causa do aparecimento de carnes mais exsudativas (CARR et al., 2005)

Tabela 1. Análise descritiva da temperatura superficial ocular (TSO) e temperatura retal (TR), dos parâmetros hematológicos e bioquímicos e dos parâmetros da qualidade da carne dos suínos

	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO
TSO MÁX (C°)	35.3	35.4	31.3	37.9
TSO MÍN (C°)	29.2	29.4	24.1	32.3
TSO MÉD (C°)	32.3	32.4	28.8	34.6
TR (C°)	38.9	39	36.9	40.3
HT (%)	43.3	43	32	68
HB (g/dL)	14.2	14	12	17
HE (x10 ⁶ /μL)	8.53	8.44	10.1	14.5
VCM (fL)	50.4	51	48.14	53.2
HCM (pg)	16.8	17	10.02	18
CHCM (%)	33.2	33.5	29.6	36.1
RDW (%)	21	17.6	14.4	28
Le. (/μL)	18757	18885	16432	22973
Seg. (/μL)	9622,34	9631,35	7394,4	13554,1
Linf. (/μL)	8459,41	8687,1	5665,75	12244,61
Pl. (/mm)	110571	110602	20414	234592
Albumina (g/dL)	4.55	4.7	4.32	4.86
Glicose (mg/dL)	89	88	84.9	93.7
Lactato (mg/dL)	14.4	13.4	12.3	15.7
LDH (U/L)	3707	3254	1072	7960
pH LT ^[1]	5.81	5.78	5.54	6.3
pH SEM ^[2]	6	5.96	5.66	6.61
L* ^[2]	48.1	47.7	45	52.6
a* ^[2]	3.42	3.5	3,38	4.26
b* ^[2]	12.7	12.6	11	14.6
Perda de água ^[2] (%)	2.62	1.8	1.85	3.6
PPR (%)	2.16	2.16	1.8	2.57

TSO MÁX = temperatura superficial ocular máxima; TSO MÍN = temperatura superficial ocular mín; TSO MÉD = temperatura superficial ocular média; TR = temperatura retal; LDH = Lactato desidrogenase; HE = Hemácias; HB = Hemoglobina; HT = Hematócito; Le. = Leucócitos; Seg. = Segmentados; Pl. = Plaquetas; Linf. = Linfócitos; VCM = Volume corpuscular médio; HCM = Hemoglobina corpuscular média; CHCM = Concentração de hemoglobina corpuscular média; RDW = Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos pH LT = Longissimus thoracis; pH SEM = pH Semimembranosus; L* = Luminosidade; a* = Componente verde-vermelho; b* = Componente azul-amarelo; PPR = perda de peso por resfriamento; [1] Mensurado no músculo longissimus thoracis. [2] Mensurado no músculo Semimembranosus.

A TR apresentou uma correlação significativa muito forte e positiva com a TSO MÁX ($r = 1,00$) e forte e positiva com a TSO MÍN ($r = 0,70$) e MÉD ($r = 0,83$) (Tabela 2). A glicose obteve uma correlação significativa muito fraca e positiva com a TSO MÁX ($r = 0,13$), MÍN ($r = 0,14$) e MÉD ($r = 0,14$). Esses resultados indicam

que esses parâmetros acompanhavam o aumento da TSO. A temperatura retal é considerada um índice fisiológico importante que reflete a saúde e o estado fisiológico dos animais (SELLIER; GUETTIER; STAUB, 2014). De acordo com Diego et al. (2013) e George et al. (2014), a termografia infravermelha pode ser utilizada na predição da temperatura retal. Os resultados encontrados nesse trabalho reforçam esse fato, visto que as TSO e a TR apresentaram correlação extremamente forte entre elas. Essa forte correlação também foi encontrada por outros pesquisadores (LOUGHMILLER et al., 2001; ROCHA et al., 2019). Em condições de estresse pré-abate, ocorre a liberação de epinefrinas em resposta do sistema nervoso simpático, que atua sobre o sistema cardiovascular. O aumento da atividade cardíaca induz a alteração no tônus vascular, no fluxo sanguíneo e na frequência cardíaca (FAUCITANO; LAMBOOIJ; GRANDIN, 2019), promovendo o aumento de sua temperatura corporal (BONELLI; SCHIFFERLI, 2001; ROMERO; SÁNCHEZ; HOYOS, 2016). Além disso, o estresse também é responsável pela elevação da glicose no plasma, pelo aumento da glicogenólise hepática e gliconeogênese (SHAW; TUME, 1992). Além disso, o estresse também é responsável pela elevação da glicose no plasma, pelo aumento da glicogenólise hepática e gliconeogênese a fim de fornecer energia necessária para o corpo enfrentar situações adversas (LOUDON et al., 2019; SHAW; TUME, 1992; STEWART et al., 2018).

Em contrapartida, a taxa de linfócitos apresentou uma correlação significativa muito fraca e negativa com as TSO MÁX ($r = -0,19$), MÍN ($r = -0,26$) e MÉD ($r = -0,19$) (Tabela 2). Isso mostra que à medida que as TSO aumentavam, a porcentagem de linfócitos diminuía. Isso mostra que à medida que as TSO aumentavam, a porcentagem de linfócitos diminuía. Visto que o pré-abate é um evento estressante para os animais (STEVENSON, 2000) e que contribui para a liberação de corticosteroides endógenos (principalmente o cortisol), a diminuição de linfócitos circulantes (linfopenia) é consequência da baixa produção de linfócitos e lise dessas células causadas pela liberação dos corticosteroides em resposta ao estresse (DAY, 2000; FAILACE, 2015).

A respeito dos parâmetros de qualidade, observou-se uma correlação significativa muito fraca e negativa entre as TSO MÁX ($r = -0,23$) e MÍN ($r = -0,21$) com os valores de pH do músculo *Longissimus thoracis* e entre as TSO MÁX ($r = -0,15$), MÍN ($r = -0,19$) e MÉD ($r = -0,14$) e com os valores de pH do músculo *Semimembranosus* (Tabela 2). A correlação entre a TSO MÉD e os valores de pH do

músculo *Longissimus thoracis* foi fraca e negativa ($r = -0,30$). Esses resultados indicam que quanto maior a TSO, menor o pH. Isso fortalece o argumento de que o pH final da carne é influenciado por eventos bioquímicos *pré* e *pós-mortem* (WARNER et al., 2010; WARNER; GREENWOOD; FERGUSON, 2011).

A correlação entre a TSO MÁX com a L^* foi muito fraca e positiva ($r = 0,28$) e a correlação entre a TSO MÍN ($r = 0,37$) e MÉD ($r = 0,33$) com a L^* foi fraca e positiva ($p < 0,05$). Houve correlação muito fraca e positiva entre a TSO MÁX ($r = 0,25$) com a perda de água e correlação fraca e positiva entre a TSO MÍN ($r = 0,36$) e MÉD ($r = 0,33$) com a perda de água ($p < 0,001$). A correlação entre as TSO MÁX ($r = 0,23$), MÍN ($r = 0,25$) e MÉD ($r = 0,21$) com a PPR foi muito fraca e positiva ($p < 0,05$) (Tabela 2). Quando há elevação da TSO, a luminosidade da carne manifesta-se alta, ocorre uma maior perda de água e por conta disso, uma maior PPR. De acordo com Warris et al. (2006), a temperatura superficial dos suínos no pré-abate tem correlação com o aumento da temperatura sanguínea. Esse aumento da temperatura sanguínea afeta diretamente a temperatura muscular e, em vista disso, as reações *pós-mortem* são aceleradas, afetando assim a qualidade da carne. A luminosidade é influenciada diretamente pela quantidade de água na superfície da carne, pois a água tem a capacidade de refletir a luz que incide na carne. Então quanto menor a capacidade de retenção de água e maior a perda de água, maior será o valor de L^* (BECERRIL-HERRERA et al., 2010; GRANDIN, 1997; ROJO et al., 2005).

Tabela 2. Matriz de correlação de Pearson entre a temperatura superficial ocular (TSO) e parâmetros de qualidade da carne em suínos), a temperatura retal (TR), os parâmetros hematológicos e bioquímicos e os parâmetros da qualidade da carne dos suínos

		TSO MÁX	TSO MÍN	TSO MÉD
TSO MÁX	r	—		
TSO MÍN	r	0.70 ***	—	
TSO MÉD	r	0.84 ***	0.87 ***	—
TR	r	1.00 ***	0.70 ***	0.83 ***
HB	r	0.11	0.03	0.08
HT	r	0.13	0.16	0.17
HE	r	0.09	0.10	0.04
VCM	r	-0.21	-0.18	-0.18
HCM	r	0.16	0.27	0.21
CHCM	r	0.12	0.20	0.16
RDW	r	0.14	0.08	0.08
Le.	r	0.13	0.24	0.17
Seg.	r	0.08	0.16	0.09
Linf.	r	-0.19 *	-0.26 ***	-0.19 *
PI.	r	0.07	-0.03	0.11
Albumina	r	-0.04	-0.11	-0.06
Glicose	r	0.13 *	0.14 *	0.14 *
Lactato	r	0.10	0.12	0.12
LDH	r	0.11	0.10	0.13
pH LT ^[1]	r	-0.23 ***	-0.21 **	-0.30 ***
pH SEM ^[2]	r	-0.15 *	-0.19 **	-0.14 *
L* ^[2]	r	0.28 ***	0.37 ***	0.33 ***
a* ^[2]	r	0.07	0.08	0.03
b* ^[2]	r	0.22 **	0.34 ***	0.25 **
Perda de água ^[2]	r	0.25 ***	0.36 ***	0.33 ***
PPR	r	0.23 ***	0.25 ***	0.21 **

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

TSO MÁX = temperatura superficial ocular máxima; TSO MÍN = temperatura superficial ocular mín; TSO MÉD = temperatura superficial ocular média; TR = temperatura retal; LDH = Lactato desidrogenase; HE = Hemácias; HB = Hemoglobina; HT = Hematócito; Le. = Leucócitos; Seg. = Segmentados; PI = Plaquetas; Linf. = Linfócitos; VCM = Volume corpuscular médio; HCM = Hemoglobina corpuscular média; CHCM = Concentração de hemoglobina corpuscular média; RDW = Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos; pH LT = Longissimus thoracis; pH SEM = pH Semimembranosus; L* = Luminosidade; a* = Componente verde-vermelho; b* = Componente azul-amarelo; PPR = perda de peso por resfriamento; [1] Mensurado no músculo longissimus thoracis. [2] Mensurado no músculo Semimembranosus.

A TR não foi incluída na análise univariada (Tabela 3), pois demonstrou um coeficiente de correlação extremamente alto, indicando uma forte colinearidade com a TSO MÁX (JUDGE, 1982).

O valor do coeficiente de determinação (R^2) foi baixo tanto para as

amostras de calibração quanto para as amostras de validação analisadas (Tabela 2). Portanto, não existe uma boa correlação entre os valores previstos pelos modelos univariados desenvolvidos e os valores obtidos pelos métodos de referência.

Os valores da raiz quadrada do erro médio de calibração (RMSEC) e previsão (RMSEP) para glicose e linfócitos (Tabela 3) foram aproximadamente 10 vezes maiores que o limite aceitável, indicando que esses modelos não apresentaram exatidão (NORGAARD et al., 2000). Provavelmente isso ocorreu por conta de que o modelo não conseguiu aprender suficientemente sobre os dados, resultando em um erro elevado tanto nos dados de calibração quanto nos dados de predição (subajuste do modelo) (BRAGA; DOS SANTOS JUNIOR; MARTINS, 2014; LIU; HE; WANG, 2008). Dentre os parâmetros de qualidade da carne, os modelos para predição da cor (L^* e b^*) e da perda de água também não apresentaram boa exatidão. Por outro lado, os modelos para predição do pH LT, do pH SEM e da PPR atenderam esse pressuposto de exatidão.

Como os valores da relação de desempenho do desvio (RPD) para todos os constituintes analisados foram menores que 1,4 (Tabela 3), o desempenho dos modelos não foi satisfatório e por isso não foram considerados adequados para predição dos parâmetros de estresse e da qualidade da carne (WILLIAMS; SOBERING, 1993).

Tabela 3. Resultados das análises estatísticas dos conjuntos de calibração e validação para glicose, linfócitos, pH LT, pH SEM, L^* , b^* , perda de água (%) e PPR (%).

Parâmetros	R ² cal	R ² Val	RMSEC	RMSEP	RPD
Linf.	0,046	0,0087	14,37	11,58	0,94
Glicose	0,0086	0,0164	10,47	10,27	1,004
pH LT	0,0198	0,0355	0,109	0,112	1,03
pH SEM	0,0533	0,0011	0,109	0,140	1,04
L^*	0,0217	0,1274	0,147	1,736	1,03
b^*	0,0564	0,0145	1,139	1,149	0,96
Perda de água (%)	0,0264	0,2257	0,797	2,165	0,88
PPR	0,0119	0,1358	0,195	0,220	0,91

N cal = número de amostras de calibração; N val = número de amostras de validação; R² = coeficiente de determinação para o conjunto de calibração (cal) e validação (val); RMSEC = raiz quadrada do erro médio de calibração; RMSEP = raiz quadrada do erro médio de predição; RPD = relação de desempenho do desvio; Linf. = linfócito; pH LT = Longissimus thoracis; pH SEM = pH Semimembranosus; L^ = Luminosidade; b^* = Componente azul-amarelo; PPR = perda de peso por resfriamento.*

4 CONCLUSÃO

A temperatura superficial ocular obteve fraca correlação com a maior parte dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e com os parâmetros da qualidade da carne, indicando que o estresse gerado no pré-abate influenciou fracamente as respostas fisiológicas, a temperatura corporal dos suínos e a qualidade da carne.

O desempenho do modelo de validação para predição dessas variáveis por meio da termografia infravermelha não foi satisfatório. Portanto, a termografia infravermelha não se mostra como uma alternativa viável para substituir a avaliação dos parâmetros hematológicos, bioquímicos e parâmetros da qualidade da carne em suínos no pré-abate para avaliar o grau de estresse e qualidade da carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECERRIL-HERRERA, M. et al. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16h to an Abattoir. **Meat Science**, v. 86, n. 4, p. 945–948, dez. 2010.

BERTOL, T. M. et al. Effect of feed withdrawal and handling intensity on longissimus muscle glycolytic potential and blood measurements in slaughter weight pigs1. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 7, p. 1536–1542, 1 jul. 2005.

BERTONI, A. et al. Scientific findings related to changes in vascular microcirculation using infrared thermography in the river buffalo. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 8, n. 4, p. 288–297, 2020.

BONELLI, A. M.; SCHIFFERLI, C. Síndrome estres porcino. **Archivos de medicina veterinaria**, v. 33, n. 2, p. 125–135, 2001.

BRAGA, J. W. B.; DOS SANTOS JUNIOR, A. A.; MARTINS, I. S. Determination of viscosity index in lubricant oils by infrared spectroscopy and PLSR. **Fuel**, v. 120, p. 171–178, 2014.

BRANDT, P.; AASLYNG, M. D. **Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review**. **Meat Science** Elsevier Ltd, , 1 maio 2015.

BROOM, D. M. Indicators of poor welfare MEASURES OF ANI... read. **British Veterinary Journal**, v. 142, p. 524–526, 1986.

BROOM, D. M. Advances in studies of behaviour and welfare in relation to animal production. **Advances**, v. 2011, p. 15–25, 2011.

CHULAYO, A.-Y.; MUCHENJE, V. Activities of some stress enzymes as indicators of slaughter cattle welfare and their relationship with physico-chemical characteristics of beef. **animal**, v. 11, n. 9, p. 1645–1652, 2017.

CORREA, J. A. et al. Effects of different moving devices at loading on stress response and meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 12, p. 4086–4093, 2010.

DALLA COSTA, F. A. et al. Ease of handling and physiological parameters of stress, carcasses, and pork quality of pigs handled in different group sizes. **Animals**, v. 9, n. 10, p. 798, 2019.

DAY, M. J. Biology of lymphocytes and plasma cells. **Schalm's Veterinary Hematology**. **Williams and Wilkins, Philadelphia**, p. 240–246, 2000.

DIAZ GONZÁLEZ, F. H.; SILVA, S. C. Patologia clínica veterinária: texto introdutório. **Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2008.

FAILACE, R. **Hemograma: manual de interpretação**. [s.l.] Artmed Editora, 2015.

FAUCITANO, L.; LAMBOOIJ, E.; GRANDIN, T. A. Transport of pigs. **Livestock handling and transport**. Boston, MA: CABI Publishing, p. 307–327, 2019.

GARTHWAITE, P. H. An Interpretation of Partial Least Squares. **Journal of the American Statistical Association**, v. 89, n. 425, p. 122–127, 4 jan. 1994.

GRANDIN, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of animal science**, v. 75, n. 1, p. 249–257, 1997.

GRIFFITH, B.; TÜRLER, D.; GOUDEY, H. Infrared Thermography. **Encyclopedia of Imaging Science and Technology**, 2002.

GUÀRDIA, M. D. et al. Risk assessment of skin damage due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. **Meat Science**, v. 81, n. 4, p. 745–751, 2009.

GUÀRDIA, M. D. et al. A field assessment of the effect of pre-slaughter conditions and genetic-stress susceptibility on blood welfare indicators in pigs. **Animal Welfare**, v. 21, n. 4, p. 517–526, 2012.

HOFFMANN, G. et al. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. **Veterinary research communications**, v. 37, n. 2, p. 91–99, 2013.

HORCADA, A. et al. Using infrared ocular thermography as a tool to predict meat quality from lean cattle breeds prior to slaughter: Exploratory trial. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 4, 2019.

JAIN, N. C. **Schalm's veterinary hematology**. [s.l.] Lea & Febiger, 1986.

JUDGE, G. G. Introduction to the Theory and Practice of Econometrics. 1982.

KAUFFMAN, R. G. et al. **The Use of Filter Paper to Estimate Drip Loss of Porcine Musculature** **Meat Science**. [s.l.: s.n.].

KENNARD, R. W.; STONE, L. A. Computer Aided Design of Experiments. **Technometrics**, v. 11, n. 1, p. 137–148, 1 fev. 1969.

LIU, F.; HE, Y.; WANG, L. Comparison of calibrations for the determination of soluble solids content and pH of rice vinegars using visible and short-wave near infrared spectroscopy. **Analytica chimica acta**, v. 610, n. 2, p. 196–204, 2008.

LOUDON, K. M. W. et al. The use of biochemical measurements to identify pre-slaughter stress in pasture finished beef cattle. **Animals**, v. 9, n. 8, p. 503, 2019.

LOUGHMILLER, J. A. et al. Relationship between mean body surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. **American journal of veterinary research**, v. 62, n. 5, p. 676–681, 2001.

LUDTKE, C. B. et al. Bem-estar animal no manejo pré-abate e a influência na qualidade da carne suína e nos parâmetros fisiológicos do estresse. **Ciência Rural**, v. 42, p. 532–537, 2012.

M. BROWN–BRANDL, T. et al. A NEW TELEMETRY SYSTEM FOR MEASURING CORE BODY TEMPERATURE IN LIVESTOCK AND POULTRY. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 19, n. 5, p. 583, 2003.

MATARNEH, S. K.; SCHEFFLER, T. L.; GERRARD, D. E. The conversion of muscle to meat. In: **Lawrie's meat science**. [s.l.] Elsevier, 2023. p. 159–194.

MCCAFFERTY, D. J. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. **Mammal Review**, v. 37, n. 3, p. 207–223, 2007.

MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation & Diagnosis**. [s.l.] Saunders, 2004.

NORGAARD, L. et al. Interval partial least-squares regression (iPLS): A comparative chemometric study with an example from near-infrared spectroscopy. **Applied spectroscopy**, v. 54, n. 3, p. 413–419, 2000.

PRADO, A. M. DO R. B. DO. Valores hematimétricos normais em suínos Sus Scrofa dom. Lineu, 1758, das raças Landrace e Large White no Paraná, Brasil. 2004.

RITTER, M. J. et al. Transport losses in market weight pigs: I. A review of definitions, incidence, and economic impact. **The professional animal scientist**, v. 25, n. 4, p. 404–414, 2009a.

RITTER, M. J. et al. Effects of multiple concurrent stressors on rectal temperature, blood acid-base status, and longissimus muscle glycolytic potential in market-weight pigs. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 1, p. 351–362, jan. 2009b.

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**, v. 9, n. 7, 1 jul. 2019.

ROJO, A. D. A. et al. Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región del Bajío en México. **Técnica pecuaria en México**, v. 43, n. 3, p. 335–346, 2005.

ROMERO, M. H.; SÁNCHEZ, J. A.; HOYOS, R. Factores asociados con la frecuencia de cerdos no ambulatorios durante el transporte. **Archivos de medicina veterinaria**, v. 48, n. 2, p. 191–198, 2016.

SELLIER, N.; GUETTIER, E.; STAUB, C. A review of methods to measure animal body temperature in precision farming. **American Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 74–99, 2014.

SHAW, F. D.; TUME, R. K. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents—A review of recent work. **Meat science**, v. 32, n. 3, p. 311–329, 1992.

SOERENSEN, D. D. et al. Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 109, p. 52–58, 1 nov. 2014.

STEVENSON, P. **Questões de bem-estar animal na criação intensiva de suínos na união européia**. Conferencia Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne. **Anais...2000**.

STEWART, M. et al. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. **Physiology and Behavior**, v. 93, n. 4–5, p. 789–797, 18 mar. 2008.

STEWART, S. M. et al. Association between loin ultimate pH and plasma indicators of pre-slaughter stressors in Australian lamb. **Meat and Muscle Biology**, v. 2, n. 1, 2018.

VERMEULEN, L. et al. Pre-slaughter rectal temperature as an indicator of pork meat quality. **Meat Science**, v. 105, p. 53–56, 1 jul. 2015.

VISCARRA ROSSEL, R. A.; MCGLYNN, R. N.; MCBRATNEY, A. B. Determining the composition of mineral-organic mixes using UV-vis-NIR diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, v. 137, n. 1, p. 70–82, 2006.

WARNER, R. D. et al. Genetic and environmental effects on meat quality. **Meat science**, v. 86, n. 1, p. 171–183, 2010.

WARNER, R. D.; GREENWOOD, P. L.; FERGUSON, D. M. Understanding genetic and environmental effects for assurance of meat quality. **Control of meat quality**, p. 117–145, 2011.

WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. **Schalm's veterinary hematology**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011.

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**, v. 95, n. 3, p. 616–620, 2013.

WILLIAMS, P. C.; SOBERING, D. C. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 1, n. 1, p. 25–32, 1993.

WILLIAMS, P.; MANLEY, M.; ANTONISZYN, J. **Near infrared technology: getting the best out of light**. [s.l.] African Sun Media, 2019.

7. ARTIGO 02 – AVALIAÇÃO DO ESTRESSE NO PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA CARNE DOS SUÍNOS NANI E NÃO NANI

RESUMO

Esse estudo avaliou o uso potencial de biomarcadores de estresse fisiológico e dos parâmetros da qualidade da carne em 241 suínos submetidos ao manejo pré-abate, sendo 131 suínos sem nenhuma anomalia aparente (suínos Não NANI) e 110 suínos NANI (*non-ambulatory, non-injured*). Os suínos NANI apresentaram temperatura retal, valores de hemoglobina, hematócrito, hemácias e níveis de plaqueta superiores aos dos suínos Não NANI. Não houve diferença entre os suínos NANI e Não NANI para as variáveis volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média e amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos, e todos ficaram dentro dos valores esperados (VCM = 49 a 68fL; HCM = 15 a 25pg; CHCM = 30 a 34%; RDW = 15 a 25%). Os suínos NANI apresentaram leucocitose e neutrofilia e linfopenia. Apesar dos valores de glicose e lactato não apresentarem diferença entre os suínos NANI (glicose = $87,20 \pm 2,06$ mg/dL; lactato = $15,06 \pm 0,62$ mg/dL) e Não NANI (glicose = $90,59 \pm 1,98$ mg/dL; lactato = $13,87 \pm 0,52$ mg/dL), a taxa de albumina foi superior nos suínos Não NANI ($4,67 \pm 0,05$ g/dL) em relação aos suínos NANI ($4,42 \pm 0,07$ g/dL) e os valores foram considerados elevados em relação aos valores de referência (1,8 a 3,3g/dL) para os dois grupos. Os valores de LDH foram 65% superiores nos suínos NANI em relação aos suínos Não NANI e os dois grupos estiveram acima da referência. Os valores de pH, embora dentro do padrão para suínos na fase de terminação, foram superiores nos suínos Não NANI e como consequência os suínos NANI que apresentaram menor pH, apresentaram carnes mais claras e mais exsudativas e apresentaram maior perda de peso no resfriamento. Não houve diferença significativa na incidência da anomalia PSE e DFD em animais NANI e Não NANI. As carnes provenientes dos animais Não NANI não apresentaram nenhuma anomalia PSE e DFD, por outro lado, dentre as carnes dos suínos NANI avaliadas, 2,73% foram classificadas como PSE e 0,91% como DFD. Os parâmetros hematológicos e bioquímicos não auxiliaram na separação das classes e dentre os parâmetros de qualidade da carne, o principal item que descreveu o suíno NANI foi a perda de água. Como conclusão, os suínos NANI manifestaram alta temperatura corporal e maiores alterações no hemograma em relação aos suínos Não NANI provavelmente por conta do estresse ocasionado pelo manejo pré-abate. Na tentativa de manter a homeostase, esses animais responderam mais intensamente ao estresse e como consequência, apresentaram anomalias na carne.

Palavras-chave: Biomarcadores de estresse, hemograma, homeostase, manejo, suinocultura.

1 INTRODUÇÃO

O manejo pré-abate é considerado como uma das etapas mais estressantes para os suínos, e que afeta negativamente a sua saúde, o bem-estar e a qualidade da carne. Isso porque os suínos são criados em pequenos grupos, e com pouca possibilidade de se exercitar dentro das baias. Assim, no manejo pré-abate, eles não estão aptos a exercer todo o esforço necessário para percorrer o espaço entre as baias e o corredor, bem como subir e descer dos caminhões. Esses animais também podem ser expostos a condições climáticas adversas e misturas com animais desconhecidos provocando tanto um estresse físico quanto emocional. O estresse pré-abate também influencia a homeostase corporal e o metabolismo dos animais, resultando em alterações no hemograma e nos parâmetros bioquímicos sanguíneos. (BECERRIL-HERRERA et al., 2010; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ et al., 2011; MOTA-ROJAS et al., 2006). Além disso, o estresse também interfere negativamente na questão econômica e na qualidade do produto, pois pode resultar em perdas de animais, depreciação das carcaças e defeitos na qualidade da carne (FAUCITANO; LAMBOOIJ; GRANDIN, 2019).

Dentre as perdas quantitativas, temos a presença de suínos incapacitados que podem levar à condenação total ou parcial das carcaças durante a inspeção sanitária (MARCHI, 2012; STEVENSON, 2000). Estes problemas estão ligados, principalmente, à mortalidade e a incidência de suínos lesionados (NAI – *Non-ambulatory, injured*) ou fadigados (NANI – *Non-ambulatory, non-injured*) (RITTER et al., 2009). Além de constituírem indicativo de baixo nível de bem-estar animal, o estado de estresse agudo apresentado pelos suínos incapacitados, pode impactar também sobre a qualidade da carne desses animais. Segundo Carr et al. (2005), a maior parte dos cortes *in natura* provindos de suínos fatigados, originaram carnes com anomalias DFD (Dark and Firm, Dry - escura, firme e seca) e PSE (Pale, Soft and Exudative - pálida, flácida e exsudativa).

A previsão da qualidade da carne suína na linha de abate é de suma importância do ponto de vista logístico e financeiro pois facilita a destinação das carcaças de acordo com suas características intrínsecas e qualidade. Até hoje, diversos estudos (CHULAYO; MUCHENJE, 2017; CORREA et al., 2013; DERELI FIDAN, 2019; LOUDON et al., 2019; PIÑEIRO et al., 2007; SACO et al., 2003; SOLER et al., 2013) avaliaram biomarcadores de estresse fisiológico como potenciais

preditores da qualidade da carne. Entretanto, a alta variabilidade dos resultados obtidos reflete a complexidade do tema. Assim, para garantir alta precisão e confiabilidade nos resultados, esse estudo teve como objetivo avaliar o estresse e a qualidade da carne de suínos NANI e não NANI por meio da análise dos biomarcadores de estresse combinada com a avaliação dos parâmetros de qualidade da carne.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção dos animais

Foram analisados 241 suínos machos castrados, sendo 131 suínos sem nenhuma anomalia aparente (suínos Não NANI) e 110 suínos NANI (*non-ambulatory, non-injured*), com peso médio de abate de $125 \pm 4,2$ kg.

Logo após a chegada dos animais no frigorífico, os suínos foram encaminhados para a baia de espera, onde foram submetidos à dieta hídrica. Cada baia contava com 4 bebedouros tipo chupeta suspensos e todos os animais tiveram livre acesso a água.

Depois do período de espera os suínos receberam uma breve aspersão de água a fim de remover as sujidades do corpo. Os suínos Não NANI foram manejados da baia de espera até o ponto de insensibilização em grupos de 10-15 animais e no restrainer foram manejados em fila indiana. Já os suínos NANI foram encaminhados para o abate emergencial com o auxílio de uma carriola.

A seleção dos animais aconteceu de forma aleatória no momento da insensibilização e os suínos selecionados foram identificados na calha de sangria com o uso da tatuagem no pernil esquerdo. Foram considerados como suínos NANI os animais que apresentavam descoloração da pele, respiração pela boca (BERTOL et al., 2005), e que demonstravam incapacidade de se levantar, locomover e acompanhar o resto do grupo devido a fadiga (ANDERSON et al., 2002). Os suínos que não apresentavam tais características, foram considerados como suínos normais ou seja Não NANI.

Anteriormente à sangria os suínos Não NANI foram submetidos à eletrocussão com eletrodos de 250 V aplicado em dois pontos atrás da orelha (fossas temporais) e eletrodos de 120 V aplicados no peito (entre o 4º e 5º espaço intercostal

à esquerda) com intensidade de 1A e frequência de 50 Hz e os suínos NANI foram submetidos à eletronarcole por meio de uma corrente elétrica com voltagem 392 V, amperagem 1,7 A e frequência de 600 Hz aplicada em dois pontos atrás da orelha dos suínos. O insensibilizador elétrico utilizado foi o da marca Fluxo[®].

2.2 Temperatura corporal

Após a insensibilização, realizou-se a incisão das artérias carótidas e veias jugulares com a incisão de aproximadamente 5 cm na região média do pescoço (osso esterno). Logo em seguida, foi mensurado a temperatura retal (TR) de cada animal com o termômetro veterinário digital da marca MD.

2.4 Análise de sangue

Na calha de sangria, o sangue dos animais foi coletado com o copo plástico e transferido para os tubos a vácuo Firslab[®] de 4 ml contendo fluoreto e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) para as análises de lactato e glicose, com somente EDTA para hemograma completo e contendo ativador de coágulo para análise de albumina e lactato desidrogenase (LDH). Os tubos foram invertidos suavemente 8 vezes imediatamente após a coleta para a homogeneização. As amostras de sangue coletadas foram armazenadas em uma caixa de isopor contendo gelo rígido reutilizável (Gelox) para conservação do material. As amostras foram centrifugadas a 3000 RPM durante 10 minutos a temperatura de 18°C para separar o soro e o plasma. Após a centrifugação, o soro e o plasma foram transferidos para o Eppendorf e congelados a uma temperatura de -20°C até acontecerem as análises bioquímicas.

Utilizou-se o aparelho automático de hematologia veterinária poch-100 iV Diff[®], (ROCHE, São Paulo, SP, Brasil) para avaliar hemograma completo. Os parâmetros analisados foram: concentração de hemoglobina (HB), porcentagem de hematócrito (HT), concentração de leucócitos (Le), porcentagem de segmentados (Seg.), contagem de plaquetas (Pl.), porcentagem de linfócitos (Linf.), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) e amplitude da distribuição dos glóbulos vermelhos (RDW).

As amostras de soro, foram analisadas utilizando o reagente Dimension® LDI Flex® reagent cartridge e Albumina-pp (Analisa®) para a mensuração de LDH e albumina respectivamente. As amostras de plasma foram avaliadas pelo método Siemens / Dimension Gluc Ver Flex e Dimension LA - Ácido Láctico para glicose e lactato. Todas estas análises foram realizadas pelo aparelho Siemens Dimension Xpand Plus (Siemens Healthcare Diagnostics Inc. – EUA).

2.4 Qualidade da carne

A mensuração da cor, pH e perda de água por papel filtro das carcaças ocorreu 24 horas após ao abate. Esses parâmetros foram mensurados na câmara fria com temperatura de refrigeração média de 4°C.

O pH foi determinado por meio da utilização do potenciômetro digital Testo 205® (Testo AG, Lenzkirch, Alemanha), que foi previamente calibrado com duas soluções, ácida (pH = 4) e básica (pH = 7) à temperatura ambiente. O local de mensuração do pH foi na região lombar, entre a última e penúltima costela (*Longissimus thoracis*), e na região do pernil (*Semimembranosus*). O eletrodo foi enxaguado com água destilada entre cada mensuração.

A análise de perda de água foi realizada segundo o método descrito por Kauffman et al. (1986). Foi realizado um corte superficial na região do pernil para permitir a oxigenação dessa região à temperatura ambiente durante 10 minutos. Para evitar que a carne resseque, a região a ser analisada foi coberta com o plástico filme até o início das mensurações. Após os 10 minutos, retirou-se o plástico, e logo em seguida, colocou-se o papel filtro (Whatman® / Grade 1/ diâmetro 125 mm) com a pinça sobre o pernil por 3 segundos. O papel filtro foi comparado com o padrão fotográfico contendo a escala de perda de água (score 0-5). Essa comparação foi feita por um único observador, para evitar divergências na observação. A % de perda de água foi calculada de acordo com a equação abaixo:

$$\% \text{ perda de água por gotejamento} = 1,8 + 1,4 (\text{score do papel filtro})$$

(KAUFFMAN et al., 1986)

Terminado a análise de perda de água por papel filtro, foi contabilizado mais 20 minutos, totalizando 30 minutos de exposição para a análise de

cor. Foi utilizado o equipamento Minolta CR-10[®] portátil (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japão) com iluminante D 65, ângulo de 10° e tamanho de abertura de 8,0 mm ((CIE), 1978), para avaliar três diferentes pontos da superfície da amostra e com isso, calcular a média destas. Os resultados foram expressos pelo sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*).

Por fim, as carnes foram classificadas em pálida, mole e exsudativa (PSE) e escura, firme e seca (DFD) segundo os valores de pH final (pH₂₄), luminosidade (L^*) e perda por gotejamento (PG) segundo Rocha et al. (2016).

2.5 Análise estatística

Visto que as medidas de temperatura corporal dos suínos, os parâmetros hematológicos, bioquímicos e os parâmetros de qualidade da carne satisfizeram os pressupostos de distribuição normal (teste Shapiro-Wilk), utilizou-se o teste de análise de variância (ANOVA) para testar esses fatores sobre os suínos NANI e suínos Não NANI. Os resultados foram analisados no Software jamovi (versão 2.2, 2022) e foi estabelecido como nível de significância $p < 0,05$ em todos os testes estatísticos.

Foi realizado a análise de componentes principais para verificar qual variável melhor explica a variação dos dados. Essa análise foi gerada por meio da utilização da linguagem computacional python.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os suínos NANI apresentaram maior temperatura retal ($p < 0,01$) em comparação com os suínos Não NANI (Tabela 1). A temperatura retal atua como índice fisiológico que pode refletir o estado fisiológico e a saúde dos animais (SELLIER; GUETTIER; STAUB, 2014). Visto que os suínos NANI são classificados como suínos incapacitados e apresentam condições de saúde debilitada, a temperatura retal conseqüentemente será superior em comparação aos suínos sem anormalidade aparente (BERTOL et al., 2005). Além disso, o manejo pré-abate que compreende uma série de manejos desafiadores para os suínos (jejum, embarque, transporte, desembarque, alojamento nas baias do frigorífico descanso e insensibilização) pode ser considerado um fator estressante que contribui para a diminuição do bem-estar animal (DALLA COSTA et al., 2010; KEPHART; HARPER; RAINES, 2010; KÖHLER; FREITAS, 2005). Levando em consideração que os suínos NANI são animais mais susceptíveis ao estresse em relação aos suínos Não NANI, logo, apresentaram maior TR (RITTER et al., 2009).

Os valores de hemoglobina (HB), hematócrito (HT) e hemácias (HE) foram superiores nos suínos NANI em relação aos suínos Não NANI ($p < 0,05$) sendo que os dois grupos apresentaram valores de HT superiores ao valor de referência para a espécie ($HT = 5 \text{ a } 8 \times 10^6 / \mu\text{L}$) (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Em casos de estresse, ocorre a compressão do baço para a liberação de grande quantidade de glóbulos vermelhos oxigenados e plaquetas (contração esplênica), com a finalidade de aumentar a atividade física do animal (WEISS; WARDROP, 2011). Estudos anteriores demonstraram que o pré-abate pode resultar em uma resposta significativa ao estresse agudo, uma vez que esse evento inclui o manejo, carregamento e descarregamento dos animais, jejum, restrição de espaços e exposição dos animais à novos ambientes (PIÑEIRO et al., 2007; SACO et al., 2003; SOLER et al., 2013). Portanto, pode-se supor que os animais NANI tiveram um maior nível de estresse em comparação aos Não NANI. Tais resultados podem ser reforçados pela diferença da média dos níveis de plaqueta desses animais. Onde os animais NANI apresentaram taxas superiores em comparação aos suínos Não NANI ($p < 0,05$).

Não houve diferença (Tabela 1) entre os suínos NANI e Não NANI para as variáveis volume corpuscular médio ($p = 0,495$), hemoglobina corpuscular

média ($p = 0,127$), concentração de hemoglobina corpuscular média ($p = 0,18$) e amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos ($p = 0,442$), e todos ficaram dentro dos valores esperados (MEYER; HARVEY, 2004; PRADO, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Visto que todos os resultados foram satisfatórios, presume-se que os animais não apresentaram anemia (JAIN, 1986).

Suínos NANI apresentaram uma taxa de leucócitos superior (Tabela 1) ao dos suínos Não NANI ($p < 0,01$), e os valores superaram a faixa normal (leucocitose) (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). Também houve diferença nos resultados dos neutrófilos maduros (segmentados), sendo que os suínos NANI apresentaram 9,15% a mais que os suínos Não NANI ($p < 0,01$). Sabe-se que aumento dos componentes da série branca pode ser observado após alguns segundos da descarga adrenérgica e em minutos após liberação de cortisol (CAMPBELL; TRALL, 2015). Segundo Diaz González e Silva (2008), a leucocitose fisiológica ocorre como uma resposta a liberação endógena de corticosteroides ou epinefrina (adrenalina), no qual o compartimento marginal (microcirculação) de leucócitos e neutrófilos e/ou linfócitos são mobilizados para a circulação geral (grandes vasos), aumentando a contagem total de leucócitos e neutrófilos. Assim uma neutrofilia ou linfocitose, ou ambas, podem se manifestar. Esta condição geralmente é desencadeada por distúrbios emocionais e físicos e é considerada um indicativo do estresse ou exercício físico intenso. Em relação aos linfócitos, os suínos NANI apresentaram um nível abaixo do valor de referência (linfopenia) ($p < 0,01$) (MEYER; HARVEY, 2004; WEISS; WARDROP, 2011). O aumento ou diminuição do número de linfócitos dependerá do momento em que há predominância da secreção de adrenalina ou cortisol que resultará em linfocitose ou linfopenia (CAMPBELL; TRALL, 2015). A linfopenia, definida como diminuição da quantidade de linfócitos circulantes, está associada a quadros de infecções (bacterianas ou virais) agudas; estados de estresse ou em casos de terapias com esteroides, onde há a liberação de glicocorticoides, já que essas substâncias além de dificultar a produção de linfócitos, promove a lise dessas células (DAY, 2000). Os resultados encontrados, indicam a tentativa do organismo em combater as alterações fisiológicas ocasionadas pelo estresse agudo gerado no pré-abate no momento da insensibilização, sendo que os suínos NANI responderam com maior intensidade.

Apesar dos valores de glicose e lactato não apresentarem diferença (Tabela 1) entre os suínos NANI e Não NANI ($p = 0,237$ e $p = 0,144$ respectivamente)

a taxa de albumina foi superior nos suínos Não NANI em relação aos suínos NANI ($p < 0,01$), e os valores foram considerados elevados em relação aos valores de referência (1,80 a 3,30 g/dL) para os dois grupos. Segundo Diaz González e Silva (2008), a única causa de aumento da albumina plasmática (hiperalbuminemia) é a desidratação. Provavelmente esses resultados são consequência do transporte desses suínos da granja até o frigorífico, devido a privação de água e alimentos durante esse período (ČOBANOVIĆ et al., 2020).

Os valores de LDH (Tabela 1) foram 65% superiores nos suínos NANI em relação aos suínos Não NANI ($p < 0,01$) e os dois grupos estiveram acima da referência (380U/L a 634U/L), como proposto por Meyer et al. (2011). A LDH é uma enzima indicadora do estresse importante para o monitoramento da qualidade das condições de pré-abate (CHULAYO; MUCHENJE, 2017; CORREA et al., 2013; DERELI FIDAN, 2019; LOUDON et al., 2019). O aumento dos valores de LDH está associado ao embarque, transporte, desembarque, período de espera no frigorífico, condições climáticas adversas e exercício físico intenso (BRANDT; AASLYNG, 2015; CHULAYO; MUCHENJE, 2017; STEWART et al., 2018). Durante a atividade muscular extenuante e danos musculares ocasionados no pré-abate, a LDH é liberada na corrente sanguínea como consequência de rupturas na membrana da célula muscular. Os resultados encontrados sugerem um efeito aditivo entre a genética e diferença de manejo entre os grupos, sendo que os suínos NANI são animais mais susceptíveis ao estresse e tiveram menor tempo para se recuperar fisicamente antes do abate em relação aos suínos Não NANI e como consequência apresentaram valores de LDH superiores (CHULAYO; MUCHENJE, 2017).

Tabela 1. Análise de variância (média ± erro padrão) da temperatura retal e dos parâmetros hematológicos e bioquímicos dos suínos NANI e Não NANI

Parâmetros	Não NANI	NANI	P
TR (°C)	38,68±0,07	39,27±0,05	<0,01
HB (g/dL)	14±0,13	15,07±1,99	0,03
HT (%)	42,36±0,47	46,83±1,6	0,014
HE (x 10 ⁶ /µL)	8,33±0,09	9,32±0,23	0,003
VCM (fL)	50,68±0,42	49,56±1,54	0,495
HCM (pg)	16,68±0,19	17,43±0,43	0,127
CHCM (%)	33,3±0,15	32,53±0,52	0,18
RDW (%)	21,79±4,17	18,52±0,63	0,442
Le (/µL)	17160,52±589,48	20498,12±2478,32	<0,01
Seg. (%)	8151,25,6±489,45	11612,18±1923,24	<0,01
Linf. (%)	8499,61±494,315	7483,86±1242,59	<0,01
Pl. (/mm)	37298,9±16875,51	183804,92±50678,34	0,01
Albumina (g/dL)	4,67±0,05	4,42±0,07	0,005
Glicose (mg/dL)	90,59±1,98	87,20±2,06	0,237
Lactato (mmol/L)	13,87±0,52	15,06±0,62	0,144
LDH (U/L)	1348,31±272,27	6516,28±1364,37	<0,01

TR = Temperatura retal; HB = Concentração de hemoglobina; HT = Hematócito; HE = Hemácias; VCM = Volume corpuscular médio; HCM = Hemoglobina corpuscular média; CHCM = Concentração de hemoglobina corpuscular média; RDW = Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos; Le = Leucócitos; Seg. = Segmentados; Linf. = Linfócitos; Pl = Plaquetas; LDH = Lactato desidrogenase.

Os valores de pH (Tabela 2), embora dentro do padrão para suínos na fase de terminação (MATARNEH; SCHEFFLER; GERRARD, 2023), foram superiores nos suínos Não NANI ($p < 0,01$). Após o abate dos animais, ocorre o metabolismo anaeróbico onde o glicogênio é convertido em ácido láctico que é responsável pela queda do pH das carcaças *post mortem* (MATARNEH; SCHEFFLER; GERRARD, 2023). O valor final do pH depende da energia disponível que o animal tenha antes do abate. Os suínos Não NANI apresentaram valores superiores aos suínos NANI por conta do estresse (LUDTKE et al., 2010) causado pelo manejo pré-abate e conseqüentemente pelo esgotamento de suas reservas energéticas.

De acordo com os resultados expressos na Tabela 2, os suínos Não NANI apresentaram pH superior no lombo e no pernil e conseqüentemente valores superiores de luminosidade (L^*) e inferiores de perda de água ao dos suínos NANI que tiveram pH menor. Isso reforça o fato de que o pH confere aspectos importantes para as proteínas da carne, as quais interferem diretamente na coloração e na capacidade de retenção de água (MANTECA et al., 2013).

Quando a capacidade de retenção de água é baixa, ocorre a perda de umidade, e conseqüentemente de peso durante o armazenamento das carcaças (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007). Isso pode ser confirmado com os resultados de perda de peso no resfriamento (PPR). Animais NANI apresentaram maior perda de água ($p < 0,01$), por isso, perderam mais peso em comparação aos suínos Não NANI.

Tabela 2. Análise de variância (média \pm erro padrão) da temperatura retal e dos parâmetros da qualidade da carne dos suínos NANI e Não NANI

Parâmetros	Não NANI	NANI	P
TR (C°)	38,68 \pm 0,07	39,27 \pm 0,05	< 0,01
pH LT [1]	5,84 \pm 0,01	5,78 \pm 0,01	< 0,01
pH SEM [2]	6,04 \pm 0,02	5,95 \pm 0,01	< 0,01
L^* [2]	46,85 \pm 0,1	49,49 \pm 0,14	< 0,01
a^* [2]	3,39 \pm 0,09	3,46 \pm 0,09	0,551
b^* [2]	11,95 \pm 0,08	12,92 \pm 0,12	< 0,01
PERDA DE ÁGUA (%) [2]	1,86 \pm 0,03	3,52 \pm 0,13	< 0,01
PPR (%)	2,1 \pm 0,02	2,24 \pm 0,02	< 0,01

TR = temperatura retal; pH LT = pH Longissimus thoracis; pH SEM = pH Semimembranosus; L^* = Luminosidade; a^* = Componente verde-vermelho; b^* = Componente azul-amarelo; PPR = perda de peso por resfriamento; [1] Mensurado no músculo Longissimus thoracis; [2] Mensurado no músculo Semimembranosus.

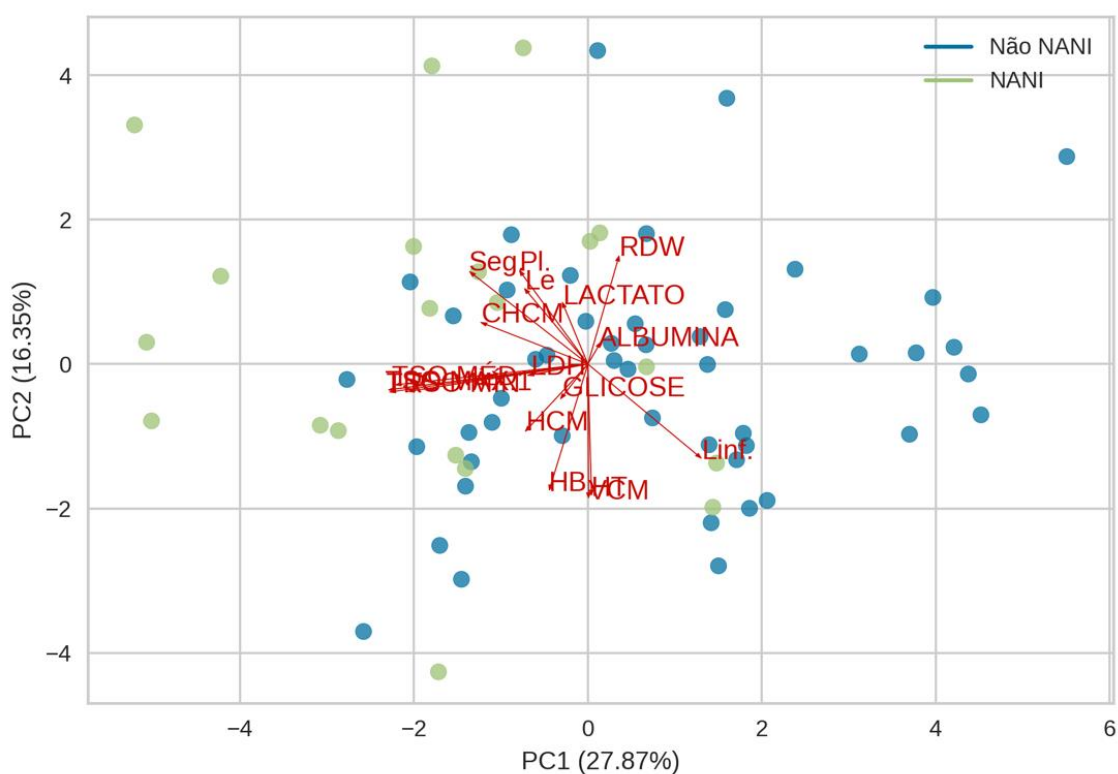
Não houve diferença ($p > 0,05$) na incidência da anomalia PSE e DFD em animais NANI e Não NANI. As carnes provenientes dos animais Não NANI não apresentaram nenhuma anomalia PSE e DFD, por outro lado, dentre as carnes dos suínos NANI avaliadas, 2,73% foram classificadas como PSE e 0,91% como DFD.

O transporte é uma atividade altamente energética para os suínos e o tempo prolongado de transporte está relacionado com a aceleração da glicogênese e o esgotamento do glicogênio muscular (DALLA COSTA et al., 2019). Com isso, o estresse a longo prazo durante o transporte pode levar a uma menor produção de ácido láctico *post mortem* resultando em carnes DFD (LOUDON et al., 2019).

Momento antes da mensuração da temperatura retal, todos os suínos passaram pela insensibilização. A insensibilização é um manejo que gera um estresse breve, porém intenso para os animais. Por isso os animais têm a sua temperatura corporal elevada por conta das reações metabólicas em resposta ao estresse (FAUCITANO; LAMBOOIJ; GRANDIN, 2019), podendo gerar carnes mais exsudativas (TRAOREC, 2012).

Observa-se que os parâmetros hematológicos e bioquímicos (Gráfico 1) não auxiliaram na separação das classes. A análise de sangue oferece informações que podem ser utilizadas como ferramenta e devem ser associadas com outros sinais e exames, para só assim realizar o diagnóstico. Os suínos são animais mais susceptíveis ao estresse em relação aos mamíferos por conta de sua fisiologia. Por esse motivo, é importante que a avaliação do bem-estar seja realizada por vários pontos de vista e de forma cautelosa. A avaliação dos parâmetros hematológicos e bioquímicos é capaz de identificar a alteração do metabolismo animal em resposta ao estresse, porém ela não dispensa o uso de outros métodos de estudo (DIAZ GONZÁLEZ; SILVA, 2008).

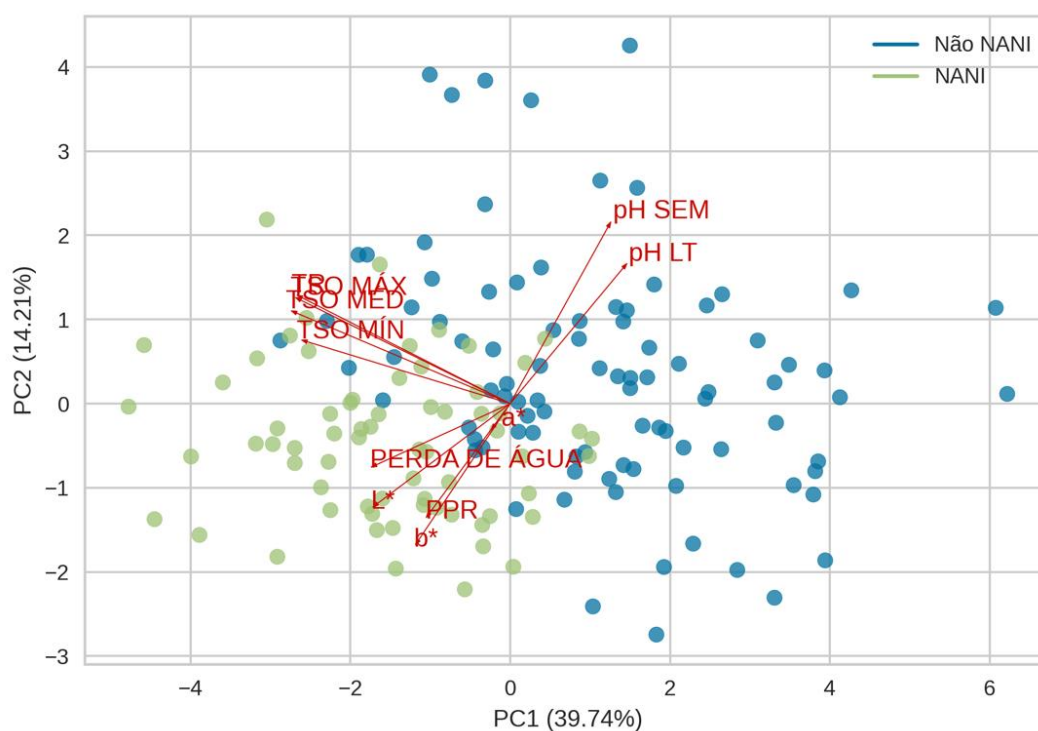
Gráfico 1. Análise de componentes principais com a temperatura superficial ocular e os parâmetros hematológicos e bioquímicos dos suínos NANI e Não NANI



PC1 = componente principal 1; PC2 = componente principal 2; TR = temperatura retal; HB = Concentração de hemoglobina; HT = Hematócrito; HE = Hemácias; VCM = Volume corpuscular médio; HCM = Hemoglobina corpuscular média; CHCM = Concentração de hemoglobina corpuscular média; RDW = Amplitude de distribuição dos glóbulos vermelhos; Le = Leucócitos; Seg. = Segmentados; Linf. = Linfócitos; PI = Plaquetas; LDH = Lactato desidrogenase.

Em relação aos parâmetros de qualidade da carne (Gráfico 2) nota-se que ocorreu a formação de um grupo: classificação dos suínos NANI por meio da variável perda de água. Este comportamento comprovou que dentre os parâmetros de qualidade da carne, o principal item que descreve o suíno NANI é a perda de água. A exposição dos animais ao estresse agudo momento antes do abate, faz com que haja um gasto das reservas de energia, e conseqüentemente a elevação da quantidade de ácido láctico no músculo, resultando em uma queda acentuada do pH nas primeiras horas *post-mortem*. O estado de estresse agudo apresentado pelos suínos NANI, pode impactar sobre a qualidade da carne (CARR et al., 2005), favorecendo o aparecimento de carnes mais exsudativas (WARRISS et al., 1998).

Gráfico 2. Análise de componentes principais com a temperatura superficial ocular e os parâmetros da qualidade da carne dos suínos NANI e Não NANI



PC1 = componente principal 1; PC2 = componente principal 2; TSO MÁX = temperatura superficial ocular máxima; TSO MÍN = temperatura superficial ocular mínima; TSO MÉD = temperatura superficial ocular média; TR = temperatura retal; L* = Luminosidade; a* = Componente verde-vermelho; b* = Componente azul-amarelo; pH LT = pH *Longissimus thoracis*; pH SEM = pH *Semimembranosus*; PPR = perda de peso por resfriamento.

4 CONCLUSÃO

Os suínos NANI manifestaram alta temperatura corporal e maiores alterações no hemograma em relação aos suínos Não NANI provavelmente por conta do estresse ocasionado pelo manejo pré-abate. Na tentativa de manter a homeostase, esses animais responderam mais intensamente ao estresse e como consequência, apresentaram anomalias na carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, D. B. et al. Physiological responses of market hogs to different handling practices. **Proc. Am. Assoc. Swine Vet., Kansas City, MO**, p. 399–400, 2002.
- BECERRIL-HERRERA, M. et al. Changes in blood constituents of swine transported for 8 or 16h to an Abattoir. **Meat Science**, v. 86, n. 4, p. 945–948, dez. 2010.
- BERTOL, T. M. et al. Effect of feed withdrawal and handling intensity on longissimus muscle glycolytic potential and blood measurements in slaughter weight pigs¹. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 7, p. 1536–1542, 1 jul. 2005.
- BRANDT, P.; AASLYNG, M. D. **Welfare measurements of finishing pigs on the day of slaughter: A review**. **Meat Science** Elsevier Ltd, , 1 maio 2015.
- CAMPBELL, T. W.; TRALL, M. A. Hematologia e bioquímica clínica veterinária. **São Paulo: Roca**, 2015.
- CHULAYO, A.-Y.; MUCHENJE, V. Activities of some stress enzymes as indicators of slaughter cattle welfare and their relationship with physico-chemical characteristics of beef. **animal**, v. 11, n. 9, p. 1645–1652, 2017.
- ČOBANOVIĆ, N. et al. Identifying physiological stress biomarkers for prediction of pork quality variation. **Animals**, v. 10, n. 4, p. 614, 2020.
- CORREA, J. A. ET AL et al. Welfare and carcass and meat quality of pigs being transported for two hours using two vehicle types during two seasons of the year. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 1, p. 43–55, 2013.
- DALLA COSTA, O. A. et al. Efeito das condições pré-abate sobre a qualidade da carne de suínos pesados. **Archivos de zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 391–402, 2010.
- DAY, M. J. Biology of lymphocytes and plasma cells. **Schalm's Veterinary Hematology**. **Williams and Wilkins, Philadelphia**, p. 240–246, 2000.
- DERELI FIDAN, E. Relationship in Broiler Breast Meat Quality and some Blood Parameters: Implications of Different Colours Clothes and Visual Human Contact. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 9, n. 2, p. 323–328, 2019.
- DIAZ GONZÁLEZ, F. H.; SILVA, S. C. Patologia clínica veterinária: texto introdutório. **Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2008.
- FAUCITANO, L.; LAMBOOIJ, E.; GRANDIN, T. A. Transport of pigs. **Livestock handling and transport**. **Boston, MA: CABI Publishing**, p. 307–327, 2019.
- JAIN, N. C. **Schalm's veterinary hematology**. [s.l.] Lea & Febiger, 1986.
- KAUFFMAN, R. G. et al. **The Use of Filter Paper to Estimate Drip Loss of Porcine Musculature** **Meat Science**. [s.l: s.n.].

KEPHART, K. B.; HARPER, M. T.; RAINES, C. R. Observations of market pigs following transport to a packing plant. **Journal of animal science**, v. 88, n. 6, p. 2199–2203, 2010.

KÖHLER, R. G.; FREITAS, R. J. S. Qualidade da Carne Suína após dois tempos de Descanso no Frigorífico. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, 2005.

LOUDON, K. M. W. et al. The use of biochemical measurements to identify pre-slaughter stress in pasture finished beef cattle. **Animals**, v. 9, n. 8, p. 503, 2019.

LUDTKE, C. B. et al. Abate humanitário de suínos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, p. 132 p., 2010.

MANTECA, X. et al. Bem-estar animal: conceitos e formas práticas de avaliação dos sistemas de produção de suínos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 4213–4229, 2013.

MARCHI, P. G. F. DE. Bem-estar animal e suas implicações na qualidade da carne bovina: diagnóstico da situação nos segmentos iniciais da cadeia produtiva no Estado de Mato Grosso. **Aleph**, p. x, 88 p. : il., 2012.

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, R. et al. Deterioration of pork quality due to the effects of acute ante mortem stress: An overview. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 6, n. 12, p. 1170–1184, 2011.

MATARNEH, S. K.; SCHEFFLER, T. L.; GERRARD, D. E. The conversion of muscle to meat. In: **Lawrie's meat science**. [s.l.] Elsevier, 2023. p. 159–194.

MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation & Diagnosis**. [s.l.] Saunders, 2004.

MOTA-ROJAS, D. et al. Effects of mid-summer transport duration on pre-and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. **Meat Science**, v. 73, n. 3, p. 404–412, 2006.

PIÑEIRO, C. et al. Pig acute-phase protein levels after stress induced by changes in the pattern of food administration. **Animal**, v. 1, n. 1, p. 133–139, 2007.

PRADO, A. M. DO R. B. DO. Valores hematimétricos normais em suínos *Sus Scrofa* dom. Lineu, 1758, das raças Landrace e Large White no Paraná, Brasil. 2004.

RITTER, M. J. et al. Transport losses in market weight pigs: I. A review of definitions, incidence, and economic impact. **The professional animal scientist**, v. 25, n. 4, p. 404–414, 2009.

SACO, Y. et al. Effect of transport stress on serum haptoglobin and Pig-MAP in pigs. **Animal Welfare**, v. 12, n. 3, p. 403–409, 2003.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. DA. Características da carne suína. **Espírito Santos**, 2007.

SELLIER, N.; GUETTIER, E.; STAUB, C. A review of methods to measure animal body

temperature in precision farming. **American Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 74–99, 2014.

SOLER, L. et al. Response of salivary haptoglobin and serum amyloid A to social isolation and short road transport stress in pigs. **Research in veterinary science**, v. 95, n. 1, p. 298–302, 2013.

STEVENSON, P. **Questões de bem-estar animal na criação intensiva de suínos na união européia**. Conferencia Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne. **Anais...2000**.

STEWART, S. M. et al. Association between loin ultimate pH and plasma indicators of pre-slaughter stressors in Australian lamb. **Meat and Muscle Biology**, v. 2, n. 1, 2018.

WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. **Schalm's veterinary hematology**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa demonstra a importância do manejo pré-abate na produção animal. Indicando que por ser uma etapa que abrange diversos estímulos diferentes, gera muito estresse para o animal podendo impactar negativamente no bem-estar e conseqüentemente na qualidade da carne. Os suínos são animais mais susceptíveis ao estresse em relação a outros animais, e necessitam de maior atenção nessa etapa.

A termografia infravermelha é uma ótima alternativa para mensurar as alterações fisiológicas dos animais em respostas ao estresse. Portanto, essa técnica necessitará de mais estudos futuros para que seja possível utilizá-la em frigoríficos para prever o estresse e qualidade da carne de forma mais prática.