



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL NA
AMAZÔNIA**

NATÁLIA GOMES LACERDA

**TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO PRÉ-ABATE SOBRE
CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA CARNE BOVINA**

**PARAUPEBAS
2019**

NATÁLIA GOMES LACERDA

**TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO PRÉ-ABATE SOBRE
CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia. Área de concentração: Produção de gado de corte e qualidade de carne, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Daiany Iris Gomes

Coorientadores: Prof. Dr. Rafael Mezzomo

Dra. Ivanna Moraes de Oliveira

**PARAUPEBAS
2019**

NATÁLIA GOMES LACERDA

**TEMPO DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO PRÉ-ABATE SOBRE
CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS CARNE BOVINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia. Área de concentração: Produção de gado de corte e qualidade de carne, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dra. Daiany Iris Gomes
Coorientadores: Prof. Dr. Rafael Mezzomo e Dra. Ivanna Moraes de Oliveira

Aprovada em 19 de fevereiro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Daiany Iris Gomes – Orientadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Prof. Dr. Raylon Pereira Maciel - 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Prof. Dr. Perlon Maia dos Santos- 2º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



Prof. Dr. Elias San Vito - 3º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

**PARAUAPEBAS
2019**

Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).
Biblioteca Universitária Campus de Parauapebas

Lacerda, Natália Gomes

Tempo de transporte rodoviário pré-abate sobre características qualitativas da carne bovina / Natália Gomes Lacerda - Parauapebas, 2019.

43 f.:il.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia.) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas, 2019.

Orientadora Prof^a Dr^a Daiany Iris Gomes

Coorientadores Prof Dr Rafael Mezzomo e Dr^a Ivanna Moraes de Oliveira

1.Gado de corte 2 Carne bovina - Qualidade 3.Gado de corte - Abate 3.Saúde animal
4.Produção animal I.Gomes, Dayani Iris (Orient.) II. Título

CDD 23.ed - 636.213

DEDICATÓRIA

A DEUS por ser a luz da minha vida.

Aos meus pais Anita e Epaminondas, que dignamente me apresentaram à importância da família e ao caminho da honestidade e persistência.

As minhas irmãs queridas Adria, Audicéia e Audineia, por todo incentivo e Amor.

A meu noivo FILIPE LEMOS por toda compreensão e Amor.

Aos amigos e familiares por acreditarem e torcerem por mim.

Sem vocês nenhuma conquista valeria a pena!

Agradecidamente DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a DEUS pelo dom da vida.

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, por possibilitar a realização do curso de graduação em Zootecnia e o mestrado, desta maneira, sendo determinante para meu aprendizado e formação profissional. Serei eternamente grata!

A TODOS os professores do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia, em especial ao professor Rafael Mezzomo, por contribuir de forma direta com a realização da minha pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Frigorífico Rio Maria pela parceria imprescindível na realização da coleta de dados. Em especial ao Carlo e Humberto, pela receptividade e confiança, e também aos funcionários (João, Alessandro, Rodrigo, Danilo e Adriano), por toda disponibilidade e ajuda. Muito Obrigada!!

A todos do GEPARC - Bovinocultura de corte (Michele, Wendel, Fabrício, Willian, Camila, Ramon, Brenda e Fladiane), por toda ajuda na execução do experimento, em especial aos que aceitaram o desafio junto comigo de ir para outra cidade para que esse estudo fosse possível. Sem a ajuda e companheirismos de vocês este trabalho não seria possível, foram fundamentais. MUITO OBRIGADAA!!

Agradeço a Dr^a Ivanna Moraes de Oliveira, por aceitar me coorientar e pela contribuição valiosa com escrita do trabalho.

À minha querida FAMÍLIA (pai, mãe e irmãs), que sempre são meu refúgio, me apoiam, compreendem toda ausência e que diante de todas as situações me deram toda a estrutura que eu precisei para chegar até aqui e concluir mais este SONHO. Sem vocês nada seria possível.

À professora Daiany Iris Gomes, pela amizade e orientação a mim conferida desde a graduação como orientadora de PIBIC e TCC, mestrado e agora o doutorado. Sou muito grata por tudo e por fazer parte de forma muito significativa em minha formação como pessoa e como profissional. Muito obrigada!

Aos meus queridos companheiros de pós-Graduação (Evellyn, Dayana, Janaína, Vitor, Ícaro e Gabriela) pelo companheirismo, apoio e momentos alegres que amenizavam a tensão em dias difíceis. E aos demais colegas de pós-graduação pelos momentos juntos e por toda contribuição em minha formação.

Agradeço as amigas (Evellyn, Gislayne e Adriele) que dividiram não somente casa comigo, mas também alegrias e tristezas, que foram verdadeiras companheiras. Muito Obrigada!!

Agradeço aos colegas da pós-graduação da UNESP- Campus de Jaboticabal (Juliana, Adriana (Lorpa) e Erik (Devasso)), pela a ajuda na realização das análises de qualidade de carne e por todo apoio no período em que passei em São Paulo.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!!!

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes tempos de transporte rodoviário pré-abate sobre as características qualitativas e de aceitabilidade da carne bovina. Foram selecionadas quinze fazendas, de acordo com o tempo estimado de viagem até o frigorífico, e três animais de cada fazenda, totalizando quarenta e cinco animais para o estudo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quinze repetições por tempo de transporte rodoviário, distribuídos da seguinte forma: I) ≤ 2 horas; II) < 4 horas e III) $4 \leq 6$ horas. O tempo de transporte foi obtido através da diferença entre o horário da saída da fazenda e a chegada ao frigorífico. Os animais foram abatidos e, para as avaliações da carne, foi retirada uma amostra do músculo *Longissimus* entre a 12^a e 13^a costelas. Não foi observado efeito ($p > 0,05$) do tempo de transporte sobre o pH_{0h} , pH_{24h} , declínio do pH entre 0 e 24 horas após o abate, temperatura de carcaça inicial, peso da carcaça quente e espessura de gordura subcutânea, no entanto, houve efeito ($p > 0,05$) sobre a temperatura de carcaça final. O tempo de transporte rodoviário não influenciou ($p > 0,05$) nenhuma característica de qualidade de carne mensurada de forma objetiva. Além disso, a aceitabilidade pelo consumidor também não foi afetada ($p > 0,05$). Em conclusão, o transporte de bovinos pré-abate com duração de até 6 horas, não altera as características qualitativas da carne de animais zebuínos em sistemas de produção a pasto, medidas de forma instrumental e pelo ponto de vista do consumidor.

Palavras chave: Aceitabilidade, cor da carne, pH, Textura.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate different times of pre-slaughter road transport on beef qualitative characteristics and acceptability by consumers. Fifteen farms were selected, according to the estimated time trip to the beef plant, and three animals from each farm, adding up forty-five animals were selected for the study. The experiment was performed in a completely randomized design, with three treatments and fifteen replicates per road transport time, distributed as follows: I) ≤ 2 hour; II) <4 hours and III) $4 \leq 6$ hours. The transportation time was obtained over the difference between the departure time from the farm and the arrival in the beef plant. The animals were slaughtered and, for meat evaluation, a sample from the *Longissimus* muscle was sampled between the 12th and 13th ribs. No effect of transport time on pH_{0h}, pH_{24h}, pH decline between 0 and 24 hours after slaughter, initial carcass temperature, warm carcass weight and subcutaneous fat thickness ($p > 0,05$) was observed, however, there was an effect on the final carcass temperature. Road transport time did not influence any meat quality characteristics ($p > 0.05$) measured objectively. Furthermore, consumer acceptability was also not affected. In conclusion, the transport of pre-slaughter cattle with a duration of up to 6 hours does not alter the qualitative characteristics of the meat of zebu animals in pasture systems measured instrumentally and from the point of view of the consumer.

Keywords: Acceptability, meat color, pH, Texture.

SUMÁRIO

1 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.1 Fatores que determinam a qualidade da carne: manejo pré-abate e condições de transporte	12
1.2 Rigor mortis e pH	14
1.3 Estresse e metabolismo <i>post-mortem</i>	15
1.4 Características qualitativas da carne	16
1.5 Tempo de transporte e qualidade de carne	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
2 Tempo de transporte rodoviário pré-abate altera as características qualitativas da carne de bovinos?	25
2.1 INTRODUÇÃO	25
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	26
2.2.1 Comitê de ética e localização	26
2.2.2 Seleção dos animais, tratamentos e delineamento experimental.....	27
2.2.3 Embarque, transporte e desembarque dos animais.....	27
2.2.4 Abate e avaliação das carcaças.....	28
2.2.5 Análises objetivas de qualidade de carne	28
2.2.6 Avaliação instrumental da cor.....	28
2.2.7 Avaliação de perdas por exsudato e força de cisalhamento	29
2.2.8 Mensuração do índice de fragmentação miofibrilar.....	29
2.2.9 Mensuração do comprimento de sarcômero.....	30
2.2.10 Teste de aceitabilidade	30
2.2.11 Análise estatística.....	31
2.3 RESULTADOS	31
2.4 DISCUSSÃO	32
2.5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
APÊNDICES A	40

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Fatores que determinam a qualidade da carne: manejo pré-abate e condições de transporte

O agronegócio brasileiro tem colaborado para que o país apresente melhor inserção na economia mundial, mesmo em períodos de recessão econômica, esta atividade tem se mantido em crescimento, contribuindo, no ano de 2016, com aproximadamente 33% do produto interno bruto brasileiro (CNA, 2017). Já o PIB da pecuária correspondeu a 31% do PIB do agronegócio. As exportações de carne bovina, representando 2,8% de tudo o que o Brasil exportou em 2016, caíram 7,8%, mas mesmo assim, foram fundamentais para a manutenção do saldo comercial positivo brasileiro, juntamente com o saldo do agronegócio como um todo (ABIEC, 2017).

O Brasil tem o maior rebanho para fins comerciais do mundo, com 215 milhões de bovinos, em que 87% representa o gado destinado a produção de carne (IBGE, 2018). Em números de abate, estima-se que no segundo trimestre de 2018 foram abatidos 7,69 milhões de bovinos em estabelecimentos que estão sob inspeção sanitária federal, estadual ou municipal, representando aumento de 3,6% em relação ao segundo trimestre de 2017 (IBGE, 2018).

Entretanto, apesar desse cenário promissor, o setor passa por grandes desafios, principalmente relacionados com a melhoria da qualidade da carne produzida (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), a qual é considerada *commodity*, pois são carcaças sem padronização e, portanto, sem maior valor agregado.

Dentre os fatores que interferem na qualidade da carne produzida pode-se citar: genética, nutrição, idade de abate e, manejo, inclusive o pré-abate (TEKE et al., 2014). Entre estes, o último, merece atenção especial, pois, uma vez negligenciado pode prejudicar todo investimento com os demais supracitados (TEKE et al., 2014). Desta forma, a compreensão e redução dos fatores que interferem na qualidade da carne se torna fundamental para tornar a pecuária de corte uma atividade mais competitiva.

As práticas de manejo pré-abate, desde a condução dos animais para o curral na fazenda até o embarque, transporte, desembarque, jejum e espera nos frigoríficos, são etapas que antecedem o processo industrial e que podem interferir de forma significativa no bem-estar dos animais e, conseqüentemente, nas características qualitativas da carne.

O transporte dos animais pode ser considerado um dos fatores que constitui maior fonte de estresse, tanto físico quanto psicológico, mesmo quando realizado em condições adequadas, ocasionando exaustão física, restrição alimentar e risco de ferimentos (GRANDIN, 1997; FERREIRA et al., 2006).

No Brasil, um dos grandes entraves no transporte de animais está nas condições das estradas, sendo as características do pavimento dependentes da região na qual está localizada. Sob via de regra, as rodovias em melhores condições estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste, já as piores encontram-se nas regiões Norte, Centro-oeste e Nordeste (CNT, 2011). No Pará, onde, anualmente, são abatidos em torno de 2,8 milhões de bovinos, cerca de 70% da malha rodoviária, estadual e federal, apresenta pavimento deficiente, sem contabilizar estradas vicinais, em que a grande maioria não é pavimentada, as quais são responsáveis por dar acesso para o escoamento de quantidade significativa de animais com destino aos frigoríficos (IBGE, 2017; CNT, 2017). A deterioração das estradas, pavimentadas ou não, gera maior dificuldade no transporte, principalmente no que diz respeito ao tempo de viagem, situação essa, agravada pelo período do ano com maior índice pluviométrico (MAPA, 2010; CNT, 2011).

Além da condição das estradas, outro fator que contribui para o aumento no tempo de viagem no qual os animais são submetidos é a diminuição significativa de pequenos matadouros municipais e a construção de grandes indústrias frigoríficas de caráter regional, nas quais reúnem animais de vários locais (DALMAU et al., 2014), resultando em um intenso movimento de cargas vivas pelas estradas brasileiras (OJIMA; BEZERRA, 2005). No Pará, não existem estudos mostrando o tempo médio gasto com o transporte dos animais para o local de abate, no entanto, com base no transporte realizado pelo frigorífico, esse tempo pode variar em função dos fatores discutidos acima, sendo de 40 minutos a 6 horas, sem incluir o tempo gasto no embarque e desembarque. Os trabalhos disponíveis na literatura com relação a influência do tempo de viagem pré-abate sobre a qualidade da carne não são conclusivos, com relação ao impacto do tempo de viagem curto e/ou longo, bem como qual das duas possuem maior influência sobre estresse dos animais (TARRANT et al., 1992; FERNADEZ et al., 1996; MARIA et al., 2003; FERREIRA et al., 2006).

Dessa forma, o transporte independentemente do tempo gasto constitui significativa fonte de estresse no manejo pré-abate dos animais, no entanto, esta é uma condição inevitável (FERGUSON; WARNER, 2008) dentro do sistema de produção de gado de corte. Posto isso, de maneira geral algumas medidas podem ser tomadas para

minimizar os danos causados pelo transporte, como por exemplo: realizá-lo em horas mais frias do dia; treinar a equipe da fazenda; bem como os condutores dos caminhões para que haja o mínimo de injúrias; evitar superlotação das cargas; obedecer o tempo de descanso pós transporte que seja é mínimo 24 horas, esse tempo pode ser diminuído se o transporte não for superior a 2 horas, no entanto, de maneira nenhuma pode ser inferior a 6 horas de acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. Mesmo adotando todas os cuidados supracitados, aponta-se que o tempo de transporte exerce influência sobre o estresse dos animais e, por conseguinte, podendo causar alterações na qualidade da carne (MIRANDA-DE LA LAMA et al., 2014).

1.2 Rigor mortis e pH

No momento do abate, com o fim do aporte de sangue e oxigênio, o organismo continua exercendo suas funções metabólicas, provavelmente com objetivo de tentar manter a sua homeostase, assim, o metabolismo energético no tecido muscular passa a ser realizado de forma anaeróbica, os processos bioquímicos realizados são a degradação e ressíntese de ATP. Nestas condições, o nível de energia é mantido por três fontes, sendo elas: creatina fosfato, ATP e glicogênio, e, em função das duas primeiras estarem em pequenas quantidades no tecido muscular, o glicogênio se torna a principal fonte energética. Além disso, embora pela via anaeróbica a produção de ATP seja menos eficiente, o músculo produz energia capaz de manter seu funcionamento por um período, em que a glicose é convertida em ácido láctico, gerando dois ATP de saldo (PAULINO; DUARTE, 2014; RAMOS; GOMIDE, 2017; MALTIN et al., 2003).

Devido as condições anaeróbicas e a glicogenólise, o ácido pirúvico ao invés de ser metabolizado a coenzima A é convertido em ácido láctico, tendo em vista que já não há mais a circulação de sangue para transportá-lo e ser metabolizado no fígado. Este acúmulo de ácido láctico ocorre até o momento que toda a reserva de glicogênio seja utilizada. No processo de conversão de glicose em ácido láctico tem-se a produção de íons H^+ e, em função disso, ocorre a queda do pH do muscular (HUFF LONERGAN et al., 2010; PAULINO; DUARTE et al., 2014).

A queda do pH, em conjunto com outras mudanças bioquímicas e redução da temperatura da carcaça, levam ao estabelecimento do *rigor mortis*, também chamado de rigidez cadavérica, que acontece quando os músculos da carcaça se tornam rígidos.

O enrijecimento muscular ocorre quando as reservas de energia não são suficientes para o relaxamento das miofibrilas. Neste momento ocorre a interação da actina e miosina e se forma o complexo actinmiosina de maneira irreversível, responsável pela rigidez muscular (HUFF-LONERGAN et al., 2010).

O tempo necessário para o estabelecimento do *rigor mortis* é dependente da concentração de reservas de glicogênio muscular, ou seja, quanto menor a reserva, menor será a queda do pH e, por consequência, mais rápido o estabelecimento do *rigor mortis* (HUFF-LONERGAN et al., 2010). Na espécie bovina, a glicogenólise *post mortem* ocorre de forma lenta, em que, em condições ideais, o pH inicial está em torno de 7,0 (imediatamente após o abate) e cai para 6,8 a 6,4 cinco horas após o abate, ficando próximo de 5,9 a 5,4, 24 horas após o abate (PEARCE et al., 2011).

Carnes com pH alto, acima de 5,9 – 6,0, aumenta a incidência de carne DFD em bovinos, sigla em inglês que significa *dark* (escura), *firm* (firme) e *dry* (seca). Além das perdas de qualidade sensorial, esta carne possui maior susceptibilidade a alterações microbiológicas, afetando a segurança sanitária do produto e reduzindo o tempo de prateleira (GALLO et al., 2003; ADZITEY; NURUL, 2011). Essas carnes quase em sua totalidade, são destinadas ao mercado interno, deixando de ser exportadas, pois países como aqueles a exemplo da União Europeia, exigem limites de pH entre 5,5 e 5,8, configurando perdas econômicas tanto para a indústria frigorífica, quanto para o produtor, pois estes países pagam maior valor ao produto (TSEIMAZIDES, 2006).

1.3 Estresse e metabolismo *post-mortem*

O estresse é definido como um efeito do ambiente que sobrecarrega os sistemas de controle do animal e reduz sua aptidão, prejudicando seu bem-estar (BROOM, 1988). Portanto, a resposta do animal, em função do estresse, se dá pela ação conjunta dos sistemas nervoso, endócrino e imune (MOREIRA; MELO FILHO, 1992). O metabolismo *post-mortem* de bovinos é afetado de forma expressiva em situações graves de estresse, em função de descarga de hormônios do córtex da adrenal e adrenalina, esgotando o glicogênio e o potássio muscular, fazendo com que o pH final da carne seja alto, acima de 5,8 e, conseqüentemente, afetando a qualidade do produto final (FERREIRA et al., 2006; MINKA; AYO, 2010; ADZITEY; NURUL, 2011; YOUNG et al., 2014).

Um dos fatores mais afetados pelo estresse pré-abate é o nível de glicogênio muscular, que é o principal polissacarídeo de reserva das células dos animais e principal fonte de energia para manutenção da homeostase e determinante da queda adequada de

pH no período *post mortem*. No animal vivo, a concentração de glicogênio muscular é dependente, principalmente, da alimentação, com níveis aumentados no estado alimentado, e do nível de atividade física pontual do animal (MCVEIGH; TARRANT 1982), podendo ser prontamente utilizado como fonte rápida de energia, liberando glicose para formação de ATP (RAMOS; GOMIDE, 2017).

Já no período *post-mortem*, o metabolismo é o mesmo, com a diferença de que com a ausência de corrente sanguínea não há reposição do glicogênio, exaurindo as fontes de energia, em função das reservas pré-existentes. E, por este, dentre outros motivos, que o manejo pré-abate, incluindo o transporte, deve ser realizado levando em consideração condições de bem-estar animal, como por exemplo: densidade no caminhão, embarque e desembarque sem uso de choque, transporte em horas mais frias, não misturar lotes, dentre outros, evitando que as reservas de glicogênio sejam esgotadas antes do abate do animal. Qualquer alteração no manejo de bovinos é, por si só, causa de maior estresse nos animais, portanto, o transporte causa estresse, sendo as consequências acentuadas pelo jejum, potencializando a depleção das reservas do glicogênio muscular, alterações no pH e na qualidade do produto final (DEL CAMPO et al., 2010; GRANDIN, 1997).

1.4 Características qualitativas da carne

A qualidade da carne pode ser distinguida de duas maneiras, de forma objetiva (instrumental) (BECKER, 2002), normalmente utilizando as seguintes medidas: pH, cor, força de cisalhamento, comprimento de sarcômero e capacidade de retenção de água; e de forma subjetiva, segundo ponto de vista do consumidor (análise sensorial), que não pode ser mensurada com análises instrumentais e consistente, apenas reconhecida (BECKER, 2002).

A cor da carne é o primeiro atributo observado pelos consumidores no momento da compra, pois normalmente os mesmos associam a carne de cor vermelha brilhante a um animal saudável e mais jovem, enquanto carnes escuras são associadas a animais velhos, carne dura e possível deterioração (BRONDANI et al., 2006; MUCHENJE et al., 2009; KUSS et al., 2010).

A cor da carne é determinada por uma metaloproteína, a mioglobina, a qual é formada por um grupo heme e um polipeptídio, denominado globina, possuindo a função de armazenamento de oxigênio para utilização pelos tecidos vivos, quando em seu estado reduzido oximioglobina (O_2Mb). No entanto, em consequência de algumas condições ambientais, a estrutura da mioglobina pode sofrer alterações, principalmente relacionadas

ao estado de oxigenação e oxidação do ferro, interferindo de forma direta na cor da carne *in natura*. A mioglobina pode ser encontrada em três formas na carne vermelha *in natura*, sendo elas: deoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina (MANCINI; HUNT, 2005). A carne na ausência de oxigênio (O_2), apresenta uma cor vermelho púrpura da deoximioglobina, a qual contém o íon de ferro em seu estado ferroso (Fe^{+2}), e se caracteriza pela ausência de ligante do grupo heme.

Após a exposição da carne fresca ao oxigênio, ocorre a oxigenação da mioglobina, formando-se a oximioglobina pela ligação do oxigênio molecular disponível para ligação covalente do grupo heme (MANCINI; HUNT, 2005). A oximioglobina confere uma coloração vermelho-cereja brilhante às carnes frescas, e que está diretamente associada com a cor de carnes vermelhas de maior aceitação pelos consumidores no momento da compra (INSAUSTI et al., 1999; CARPENTER, et al., 2001). Já a metamioglobina é formada em condições de baixa pressão de oxigênio e a oxidação do íon ferroso a forma férrica (Fe^{+3}), nesta forma da mioglobina, a carne apresenta cor castanha, e está relacionado com a deterioração do produto (CARPENTER et al., 2001).

A coloração da carne depende, em grande parte, do metabolismo nas horas que antecedem o abate e *post mortem*, função principalmente das reservas de glicogênio e queda de pH. Em carnes com pH final alto, por exemplo, tem-se uma menor refletância da luz, e a quantidade de luz que consegue se absorvida é maior, em virtude do grande volume miofibrilar intacto, conferindo aparência mais escura. Além disso, em consequência do elevado pH, há aumento na taxa de consumo do oxigênio, reduzindo os pigmentos vermelhos oxigenados (oximioglobina - O_2Mb) e aumento na proporção de desoximioglobina (Mb^+), de pigmento vermelho-púrpura, contribuindo ainda mais para a percepção da cor mais escura (MAGANHINI et al., 2007; RAMOS; GOMIDE, 2017).

Depois da cor, a característica mais importante da carne é a textura, pois determinará se o consumidor voltará a comprar o produto. A textura se caracteriza como a resistência a aplicação de uma determinada força, no caso da carne representada pela força empregada no ato da mastigação para romper ou cisalhar as fibras musculares. A textura da carne pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles pode-se destacar o estresse pré-abate que como discutido no tópico acima, influencia nas reservas energéticas do músculo e, conseqüentemente, o valor do pH final da carcaça.

Algumas medidas são utilizadas para predizer a maciez da carne, dentre elas: a avaliação da força de cisalhamento, que mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal da carne; comprimento do sarcômero, que é a menor unidade

contrátil estrutural repetitiva da miofibrila, essa medida mostra se houve um rápido resfriamento das carcaças e encurtamento excessivo; índice de fragmentação miofibrilar, que avalia a quebra das proteínas estruturais, relacionadas com a maciez da carne e avaliação sensorial, e que pode ser realizada por provadores treinados ou consumidores (LOMIWES et al., 2014; PEARCE et al., 2011; KOOHMARAIE, 2002).

O pH elevado (acima de 5,8) pode estar relacionado com o aumento da dureza da carne, uma vez que nesta condição há uma menor ativação de enzimas proteolíticas, especialmente as calpaínas, diminuindo a proteólise *post-mortem* (MAGANHINI et al., 2007; MARINO et al., 2013). O sistema enzimático calpaína, principalmente a calpaína I e II são responsáveis pela fragmentação da linha-Z e da degradação de proteínas como titina, nebulina, desmina e troponina-T (KOOHMARAIE, 1988), o que leva ao aumento da maciez da carne.

Outra característica de qualidade da carne muito afetada pelo metabolismo *ante-mortem* e *post-mortem* é a capacidade de retenção de água. A carne é composta por, aproximadamente, 75% de água e a capacidade de não perder essa água, que carrega consigo nutrientes e suculência, perante ação de forças externas, como o corte, cozimento e moagem, é denominada capacidade de retenção de água (CRA). A CRA é considerada um parâmetro de qualidade tecnológica, pois, carne com alta CRA possuem proteínas intactas, alta funcionalidade das mesmas e maior capacidades emulsionantes, com maior tendência em produzir produtos de qualidade elevada.

A alteração da CRA, em função do pH, é verificada uma vez que, a mudança de pH modifica os sítios polares catiônicos e aniônicos e não aniônicos da proteína, os quais irão afetar as interações proteína-proteína e água-proteína e, conseqüentemente, a sua capacidade de retenção de água. Portanto, a solubilidade das proteínas musculares, principalmente actina e miosina, é diminuída quando o pH está distante do ponto isoelétrico das mesmas (pH no qual as moléculas de proteínas não têm carga elétrica, e varia entre 5,0 – 5,3), e, por conseqüência, a CRA também se torna alta (GUÁRDIA et al., 2005).

A avaliação sensorial constitui também uma importante medida de qualidade de carne. Ela pode ser feita por provadores treinados ou por consumidores não treinados, no qual este último caracteriza a avaliação da aceitabilidade de uma quantidade limitada de atributos de carne, tais como maciez, odor, sabor e a aparência geral (AMSA, 1995). O referido método é considerado simples e importante na avaliação de carnes pelo ponto de

vista do consumidor, permitindo a complementação das avaliações objetivas de qualidade da carne.

1.5 Tempo de transporte e qualidade de carne

O tempo de viagem é influenciado por alguns fatores como por exemplo, a distância da fazenda até o frigorífico e as condições das estradas. E este tempo está diretamente relacionado com o aumento no tempo de jejum dos animais antes do abate, e isso, somado com todas as outras situações novas para o animal durante o transporte são responsáveis pelo aumento do estresse. Dessa forma, o transporte dos animais dos locais de criação para os frigoríficos, possui influência significativa na qualidade carne, uma vez que tem efeitos no metabolismo tanto *ante* como *post mortem*.

Estudos já foram desenvolvidos na tentativa de elucidar a influência do tempo de transporte rodoviário sobre a qualidade de carne, no entanto, os resultados são controversos, pois alguns mostram que viagens curtas podem ser mais estressantes do que as mais longas, uma vez que o animal não tem tempo suficiente para se aclimatar com o ambiente (HONKAVAARA et al., 1999; SARTORELLI et al., 1992; TARRANT et al., 1992). Outros mostram o contrário, que viagens longas são mais estressantes, levando ao esgotamento físico do animal, e o esgotamento das reservas de energia do animal (SANZ et al., 1996). Além disso, há controvérsias sobre tempo considerado curto ou longo; embora, essa questão pareça estar mais relacionada com a realidade da região.

Estudo realizado por Ferreira et al. (2006), avaliando dois tempos de transporte (2 e 5 h), mostrou diferenças significativas no pH final, apresentando valores de 5,68 e 6,04, respectivamente. No entanto, outros autores têm sugerido que viagens de duração de até 4 horas são consideradas curtas e possuem poucas influências sobre o pH, desde que sejam realizadas com baixo nível de traumas (TARRANT et al., 1992). María et al. (2003) não encontraram diferenças no pH final de bovinos submetidos a três diferentes tempos de transporte (30min, 3 e 6h). Fernandez et al. (1996) também não observaram diferenças no pH final em dois tempos de transporte (1 e 11h).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIEC – Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne. Perfil da pecuária no Brasil: relatório anual. 2017.
- ADZITEY F; NURUL H. Pale soft exudative (pse) and dark firm dry (dfd) meats: causes and measures to reduce these incidences – a mini review. **International Food Research Journal** 18, 11–20, 2011.
- AMSA. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and tenderness measurements of fresh meat. Chicago, IL: American Meat Science Association, 1995.
- BECKER, T. Defining meat quality. In: KERRY, J; KERRY, J; LEDWARD, D. (Ed). Meat processing: improving quality. New York: CRC Press, 452p, 2002.
- BERTOLONI, W; SILVA, J. L; ABREU, J. S; ANDREOLLA, D. L. Bem-estar e taxa de hematomas de bovinos transportados em diferentes distâncias e modelos de carroceria no estado do Mato Grosso – Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.850-859, 2012.
- BÓRNEZ R, LINARES MB, VERGARA H. Haematological, hormonal and biochemical blood parameters in lamb: effect of age and blood sampling time. **Livestock Science**, V. 121, 200–20, 2009.
- BRONDANI, I. L; SAMPAIO, A. A. M; RESTLE, J; FREITAS, L. S; AMARAL, G. A; SILVEIRA, M. F; CEZIMBRA, I. M. Composição física da carcaça e aspetos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2034-2042, 2006.
- BROOM, D. M. The scientific assessment of animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science**, 20, 5–19, 1988.
- CARPENTER, C. E; CORNFORTH, D. P; WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not effect eating satisfaction. **Meat Science**, v.57, p.359-363, 2001.
- CNT - Confederação Nacional de Transportes. **Boletim Estatístico – CNT**. 2011. Disponível:<http://www.cnt.org.br/portal/img/arquivos/Boletim%20Estatistico%20CNT%20-%20jan_2011.pdf>. Acesso em: 22 de agosto 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA - CNA. **PIB e Performance do Agronegócio**. 2017. Disponível em:<http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/02_pib.pdf>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.
- DALMAU, A; DI NARDO, A; REALINI, C. E; RODRÍGUEZ, P; LLONCH, P; TEMPLE, D; ANTONIO VELARDE, A; GIANSANTE, D; STEFANO MESSORI, S; VILLA, P. D. Effect of the duration of road transport on the physiology and meat quality of lambs. **Animal Production Science**, v. 54, p.179–186, 2014.

DEL CAMPO, M; BRITO, G; SOARES DE LIMA, J; HERNÁNDEZ, P; MONTOSI, F. Finishing diet temperamento and lairage time effects on carcass and meat quality traits in steers. **Meat Science**, v.96, p. 908-914, 2010.

DESTEFANIS, G; BRUGIAPAGLIA, A; BARGE, M.T; DAL MOLIN, E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat Science**, v.78, n.3, p.153–156, 2008.

EARLEY, B; MURRAY, M; D. J. PRENDIVILLE, D. J; PINTADO, B; BORQUE, CANALI, E. The effect of transport by road and sea on physiology, immunity and behaviour of beef cattle. **Research in Veterinary Science**. V.92, P. 531–541, 2012.

FERGUSON, D. M; WARNER, R. D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? **Meat Science**, v.80, p.12-19, 2008.

FERNANDEZ, X; MONIN, G; CULIOLI, J; LEGRAND, I; QUILICHINI, Y. Effect of duration of feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in Friesian-Holstein calves. **Journal of Animal Science**, 74, 1576–1583, 1996.

FERRAZ, J. B. S; FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238–243, 2010.

FERREIRA, G. B; ANDRADE, C. L; COSTA, F; FREITAS, M. Q; SILVA, T. J. P; Santos I. F. Effects of transport time and rest period on the quality of electrically stimulated male cattle carcasses. **Meat Science**, v. 74, p. 459–466, 2006.

GALLO, C.; LIZONDO, G.; KNOWLES, T. G. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. **The Veterinary Record**, n.152, p. 361–364, 2003.

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

GUÁRDIA, M.D; ESTANY, J; BALASCH, S; OLIVER, M. A; GISPERT, M; DIESTRE, A. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. **Meat Science**, v.70, p.709-716, 2005.

HONKAVAARA, M; LEPPAVUORI, A; RINTASALO, E; ELORANTA, E; YLONEN, J. Evaluation of animal stress and welfare during long distance transport of cattle in Finland. **45^o International Congress of Meat Science and Technology**. n 2, p. 62–53, 1999.

HUFF LONERGAN, E; ZHANG, W; LONERGAN, S.M. Biochemistry of postmortem muscle – Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v.86, p.184-195, 2010.

INSAUSTI, K; BERIAIN, M. J; PURROY, A; ALBERTI, P; LIZASO, L; HERNANDEZ, B. Colour stability of beef from different spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere. **Meat Science**, v. 53, p. 241-249, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa 261 Trimestral do Abate de Animais: janeiro a março, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/abate/brasil>. Acesso em: 17 de agosto de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa 261 Trimestral do Abate de Animais: setembro a dezembro, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/abate/brasil>. Acesso em: 17 de agosto de 2018.

KOOHMARAIE, M; KENT, M. P; SHACKELFORD, S. D; VEISETH, E; WHEELER, T. L. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship?. **Meat Science**, v 62, p. 345–352, 2002.

KUSS, F; LÓPEZ, J; RESTLE, J; BARCELLOS, J. O. J; MOLETTA, J. L; LEITE, M. C. C. P. Qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39(4):924-931, 2010.

LOMIWES, D; FAROUK, M. M; WU, G; YOUNG, O. A. The development of meat tenderness is likely to be compartmentalized by ultimate pH. **Meat Sciences**, Barking, v.96, p.646-651, 2014.

MAGANHINI, M. B; MARIANO, B; SOARES, A. L; GUARNIERI, P. D; SHIMOKOMAKI, M; IDA, E. L. Carne PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.69-72, 2007.

MALTIN, C; BALCERZAK, D; TILLEY, R; DELDAYET M. Determination of meat quality: tenderness. **Rouett Institute of Nutrition and Health**, Aberdeen, U.K., v. 62. p.337-347, 2003.

MANCINI, R. A; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v.71, p. 100-121, 2005.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2010. Disponível em: http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif_cons!/ap_abate_estaduais_consp_select=SIM>. Acesso em: 08 de setembro de 2018.

MARCO I, VIÑAS L, VELARDE R, PASTOR, J, LAVIN, S. The stress response to repeated capture in mouflon (*ovis ammon*): physiological, haematological and biochemical parameters. **Journal of Veterinary Medicine Series**, v. 45, 243–253, 1998.

MARÍA, G. A; VILLARROEL, M.; SAÑUDO, C; OLLETA, J. L; GEBRESENBET, G. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. **Meat Science**, v.63, n.4, p.1335–1340, 2003.

MARINO, R; ALBENZIO, M; DELLA MALVA, A; SANTILLO, A; LOIZZO, P; SEVI, A. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. **Meat Science**, v. 95, n.2, p.281–287, 2013.

MINKA, N. S; AYO, J. O. Physiological responses of food animals to road transportation stress. **African Journal of Biotechnology**, v.40, p.6601–6613, 2010.

MIRANDA-DE LA LAMA, G. C., VILLARROEL, M., & MARÍA, G. A. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: A review. **Meat Science**, v. 98, p. 9–20, 2014.

MOREIRA, M. D.; MELLO FILHO, J. Psicoimunologia hoje. in: Mello Filho, j. (org.). *Psicossomática hoje*. Porto Alegre: **Artes Médicas**, p.119-51, (1992).

MUCHENJE, V; DZAMA, K; CHIMONYO, M; RAATS, J. G; STRYDOM, P. E. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. **Meat Science**, 79, 20–28, 2008.

MUCHENJE, V; DZAMA, K; CHIMONYO, M; STRYDOM, P. E; HUGO, A; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, 112:279–289, 2009.

OJIMA, A. L. R. O.; BEZERRA, L. M. C. **Os frigoríficos e a logística de exportação da carne bovina**. Instituto de Economia Agrícola, 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=2567>>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.

PAULINO, P. V. R; DUARTE, M. D. Mecanismos fisiológicos e moleculares envolvidos com a maciez da carne. In: VALADARES FILHO, S. C et al (Ed.). **IX Simpósio de produção de corte**. Viçosa, p. 110-123, 2014.

PEARCE, K.L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J.; HOPKINS, D.L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. **Meat Sciences**, v.89, p. 111-124, 2011.

RAMOS, E. M; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. 2. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 471p.

SANZ, M. C; VERDE, M. T; SAÉZ, T; SAÑUDO, C. Effect of breed on muscle glycogen and dark cutting incidence in stressed young bulls. **Meat Science**, v. 43, p. 37–42, 1996.

SARTORELLI, P; DOMINONI, S; AGNES, F. Influence of duration of simulated transport on plasma stress markers in the calf. **Journal of Veterinary Medicine**, n. 39, p. 401–403, 1992.

SEIDLER T, ALTER, T; KRUGER, M; FEHLHABER, K. Transport stress–consequences for bacterial translocation, endogenous contamination and bactericidal activity of serum of slaughter pigs. **Berliner und Munchener Tierarztliche Wochenschrift**, 114, 375–377, 2001.

TARRANT, P. V; KENNY, F. J; HARRINGTON, D; MURPHY, M. Long distance transportation of steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. **Livestock Production Science**, 30, 223–238, 1992.

TARRANT, P.V. Animal behaviour and environment in the dark cutting condition in beef-a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, v.13, p.1–21, 1989.

TEKE, B; AKDAG, F; EKIZ, B; UGURLU, M. Effects of different lairage times after long distance transportation on carcass and meat quality characteristics of Hungarian Simmental bulls. **Meat Science**, V.96, P. 224–229, 2014.

TSEIMAZIDES, S. P. **Efeitos do transporte rodoviário sobre a incidência de hematomas e variações de pH em carcaças bovinas**. 2006. 60p. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

1 2 Tempo de transporte rodoviário pré-abate altera as características qualitativas da 2 carne de bovinos?¹

3 RESUMO

4 Objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes tempos de transporte rodoviário
5 pré-abate sobre as características qualitativas e aceitabilidade de carne bovinos Nelore.
6 Foram selecionadas quinze fazendas, de acordo com o tempo estimado de viagem até o
7 frigorífico, e três animais de cada fazenda, totalizando quarenta e cinco animais para o
8 estudo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com
9 três tratamentos e quinze repetições, distribuídos da seguinte forma: I) ≤ 2 horas; II) 4
10 horas e III) $4 \leq 6$ horas. As avaliações da carne foram feitas a partir de amostras retirada
11 do músculo *Longissimus dorsi*. Não foi observado efeito ($p > 0,05$) do tempo de
12 transporte sobre o pH_{0h}, pH_{24h}, diferença do pH entre 0 e 24 horas após o abate,
13 temperatura_{0h} carcaça, peso da carcaça quente e espessura de gordura subcutânea, no
14 entanto, houve efeito ($p > 0,05$) sobre a temperatura_{24h} da carcaça. O tempo de transporte
15 rodoviário não influenciou ($p > 0,05$) nenhuma característica de qualidade de carne
16 mensurada de forma objetiva. Além disso, a aceitabilidade pelo consumidor também não
17 foi afetada ($p > 0,05$). Em conclusão, o transporte pré-abate de bovinos com duração de
18 até 6 horas não altera as características qualitativas da carne medidas instrumental e nem
19 a aceitabilidade do consumidor.

20 **Palavras chave:** aceitabilidade, cor da carne, pH, textura.

21 2.1 INTRODUÇÃO

22 O transporte dos animais da fazenda até o local de abate é amplamente conhecido
23 por influenciar as condições de bem-estar animal e, conseqüentemente, o metabolismo
24 *post mortem* e a qualidade da carne (CUNHA LEME *et al.* 2012), sendo o pH final o
25 parâmetro mais utilizado em estudos para quantificar os efeitos *ante mortem* na sobre a
26 qualidade da carne (FERREIRA *et al.*, 2006).

27 O tempo de viagem tem sido apontado como fator agravante do estresse, embora
28 possa parecer insignificante em comparação ao tempo necessário para a engorda dos
29 animais (VILLAROEL *et al.* 2003). O tempo gasto com o transporte dos animais é
30 dependente da região em questão, pois fatores como condições das estradas e quantidades
31 de plantas frigoríficas na região são determinantes (Dalmau *et al.* 2014).

32 Estudos com a influência do tempo de transporte sobre a qualidade de carne tem
33 apontado resultados controversos, pois alguns mostram que viagens curtas podem ser

¹ Este artigo será submetido ao periódico Animal Science Journal, seguindo suas normas de apresentação.

34 mais estressantes do que as mais longas, uma vez que o animal não tem tempo suficiente
35 para se aclimatar com o novo ambiente (TARRANT et al., 1992). Outros mostram o
36 contrário, viagens longas são mais estressantes, levando ao esgotamento físico e das
37 reservas de energia do animal (SANZ et al., 1996).

38 Contudo, os resultados dos trabalhos supracitados não explicam as possíveis
39 alterações na carne da maioria dos animais abatidos no Brasil, por dois motivos: I - foram
40 desenvolvidos com animais de raças mais precoces do que as Zebuínas; II – mantiveram
41 tempos de espera pós transporte diferentes do estabelecido pelo frigorífico do presente
42 trabalho. Esses fatores indicam que as conclusões de estudos realizados em outros países
43 podem não explicar as alterações causadas pelo tempo de transporte sobre as
44 características de qualidade de carne nas condições do presente estudo.

45 Sabe-se que os animais zebuínos são mais tardios ao acabamento de carcaça em
46 relação a raças taurinas. Somado a este fator têm-se as condições das rodovias, as quais
47 70 % delas apresentam pavimento deficiente ou sem pavimentação como no caso das
48 vicinais, que garantem o transporte de aproximadamente 2,8 milhões de bovinos para
49 abate no estado do Pará (IBGE, 2017; CNT, 2017). Considerando estas particularidades,
50 torna-se importante o desenvolvimento de estudos que avaliem se existe influência de
51 diferentes tempos de transporte sobre a qualidade da carne de bovinos zebuínos. Além
52 disso, pouco se sabe sobre as mudanças sensoriais na qualidade da carne em relação ao
53 tempo que os animais percorrem (VILLAROEL *et al.* 2003).

54 Neste contexto, têm-se por hipótese que o aumento no tempo de transporte
55 rodoviário pré-abate altera as características qualitativas da carne e a aceitabilidade pelo
56 consumidor. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes tempos
57 de transporte rodoviário pré-abate sobre as características qualitativas da carcaça e
58 aceitabilidade da carne bovinos Nelore.

59 **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

60 2.2.1 Comitê de ética e localização

61 Todos os procedimentos envolvendo os animais e humanos seguiram os princípios
62 éticos da experimentação, sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais –
63 CEUA/UFRA, sob o protocolo nº 010/2018 e comitê de ética de pesquisa envolvendo
64 seres humanos, sob protocolo nº 3.046.667.

65 As carcaças bovinas e amostras de carne bovina utilizadas neste estudo foram
66 obtidas em frigorífico comercial sob inspeção federal (SIF 112). A coleta dos dados foi
67 realizada no mês de abril e maio de 2018.

68 2.2.2 Seleção dos animais, tratamentos e delineamento experimental

69 Foram selecionadas 15 fazendas de acordo com o tempo de transporte rodoviário
70 até o frigorífico. Em cada fazenda foram selecionados 3 animais, totalizando 45 para o
71 estudo (Tabela 1). A delimitação dos tempos de transporte utilizados neste estudo,
72 seguiram a realidade dos clientes do frigorífico em que foi realizada a pesquisa.

73 Todos os animais utilizados eram da raça Nelore, machos, não castrados, com
74 peso médio de $550 \pm 3,96$, quatro dentes incisivos permanentes em média, criados em
75 sistema de pasto e suplementação mineral. Foi realizado o acompanhamento do
76 embarque, transporte, desembarque, abate e processamento da carne.

77 O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três
78 tratamentos e quinze repetições por tempo de transporte, distribuídos da seguinte forma:

79 1- ≤ 2 h

80 2- $2 < 4$ horas

81 3- $4 \leq 6$ horas

82 2.2.3 Embarque, transporte e desembarque dos animais

83 Antes do embarque, no momento que os animais passavam pelo tronco de
84 contenção, foram selecionados aleatoriamente três animais em cada fazenda e marcados
85 com tinta spray para facilitar a visualização. A temperatura do animal foi medida com
86 termômetro de infravermelho (SCANTEMPER, ST – 600, Incoterm, soluções em
87 medições, Porto Alegre, Brasil), bem como a temperatura e umidade do ambiente externo
88 e no interior do caminhão, utilizando um termo higrômetro digital (Modelo 7666.02.0.00,
89 Incoterm, soluções em medições, Porto Alegre, Brasil) mensuradas no momento do
90 embarque na fazenda e desembarque no frigorífico. A densidade dos animais dentro dos
91 compartimentos do caminhão foi de $1,21 \text{ m}^2/\text{animal}$ em média. Para determinação da
92 quantidade de animais por compartimento do caminhão, foi dividido o comprimento do
93 compartimento pelo peso médio dos animais como recomendado por Costa *et al.* (2013),
94 para evitar superlotação e manter a mesma lotação para todas as repetições.

95 Foi mensurado a quantidade de estrada com e sem pavimentação. Para tal, foi
96 registrada a quilometragem do caminhão ao entrar e ao sair da estrada sem pavimento. O
97 tempo de transporte total foi obtido pela diferença entre o horário da saída da fazenda e a
98 chegada no frigorífico.

99 2.2.4 Abate e avaliação das carcaças

100 Os animais foram abatidos de acordo com a Instrução Normativa N° 3/MAPA
101 (Brasil 2000). Após o abate, as carcaças foram divididas ao meio, lavadas, pesadas,
102 aferido o pH e temperatura inicial (Modelo HI 99163 - Hanna Instruments), no músculo
103 longissimus, na altura da 13ª costela da meia carcaça esquerda. Em seguida, as meias
104 carcaças foram refrigeradas por 24 horas em câmara fria a 4°C. Após 24 horas de
105 resfriamento, foram mensurados o pH e temperatura final no mesmo local na carcaça.

106 A mensuração da espessura de gordura subcutânea (EGS) foi tomada com o
107 auxílio de um paquímetro, entre a 12ª e 13ª à três quartos da altura do músculo
108 Longissimus, sempre em perpendicular à face externa do músculo.

109 2.2.5 Análises objetivas de qualidade de carne

110 As avaliações objetivas de qualidade de carne foram realizadas a partir da amostra
111 retirada do músculo Longissimus da meia carcaça esquerda, em que foi separada em
112 quatro bifos medindo 2,54cm de espessura cada, embalados a vácuo e armazenados a -
113 20°C até o momento das análises. As amostras foram avaliadas quanto a cor, estimativas
114 das perdas por descongelamento, por cocção, e em seguida, da força de cisalhamento,
115 índice de fragmentação miofibrilar e avaliação sensorial.

116 2.2.6 Avaliação instrumental da cor

117 A cor da carne foi medida utilizando colorímetro Miniscan EZ (4500L; Hunter
118 Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia, USA). Os aspectos de coloração foram
119 avaliados pelo sistema CIE L*a*b* utilizando iluminante padrão D65 e ângulo de 10°
120 para o observador. Trinta minutos antes da avaliação, as amostras foram removidas da
121 embalagem e a superfície exposta ao ar para oxigenação da mioglobina. Após a exposição
122 ao ar, a coloração foi avaliada em três diferentes pontos na superfície da carne e a média
123 destes valores foi calculada. Foi calculado o croma, índice de saturação e intensidade da

124 cor, utilizando a seguinte equação: $[(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}]$, e o, Hue, mudança na tonalidade da
125 cor, utilizando a seguinte equação: $(\tan^{-1}(b^*/a^*))$.

126 2.2.7 Avaliação de perdas por exsudato e força de cisalhamento

127 Para a avaliação das perdas de água, a perda ao descongelamento foi feita pela
128 diferença gravimétrica antes e após o descongelamento das amostras, por 16 horas a 4°C.
129 Para a perda por cocção, os bifes foram assados em grill (Grill Jumbo GBZ6 - George
130 Foreman, Applica Consumer Products, Inc., USA), com dupla placa de aquecimento, até
131 atingirem temperatura interna de 72°C. O monitoramento da temperatura interna dos bifes
132 foi realizado com auxílio de termômetro tipo K, cuja sonda foi inserida no centro
133 geométrico de cada bife.

134 Para análise da força de cisalhamento, foi utilizado o mesmo bife das estimativas
135 das perdas, que, após assados foram refrigerados por 24 horas à 4°C, como descrito por
136 AMSA (1995). De cada bife foram retirados seis cilindros homogêneos, de 1,27 cm de
137 diâmetro, no sentido paralelo à orientação das fibras musculares, evitando-se tecido
138 conectivo e gorduras visíveis, com amostrador aço inox devidamente afiado. As amostras
139 cilíndricas foram cisalhadas, perpendicularmente a orientação das fibras musculares,
140 utilizando-se lâmina de corte em V, com angulação de 60° e espessura de 1,016 mm e
141 velocidade fixa de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro Warner-Bratzler® (CT3 25K,
142 BrasEq, Jarinu, SP). Foram tomadas as forças máximas utilizadas para romper as
143 amostras cilíndricas, sendo a média das seis repetições o valor de força de cisalhamento
144 atribuído à cada amostra.

145 Para determinação da capacidade de retenção de água foi utilizada metodologia
146 descrita por Hamm (1986), na qual amostras de carne de 500 ± 20 mg foram colocadas
147 no sentido transversal das fibras sobre papel filtro, e, sobre estas, o peso de 10 kg por 5
148 minutos. Posteriormente, as amostras foram pesadas e, por diferença, obteve-se a
149 quantidade de água perdida. Os resultados foram expressos em percentagem de água
150 retida em relação ao peso inicial da amostra.

151 2.2.8 Mensuração do índice de fragmentação miofibrilar

152 O índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foi mensurado de acordo com a
153 metodologia proposta por Culler *et al.* (1978). De forma resumida, duplicados 0,5 g de
154 músculo foram removidos no sentido da orientação das fibras musculares, evitando pegar
155 tecido conectivo e gorduroso visível. As amostras foram homogeneizadas em turrax com

156 haste de dispersão com 10mm de diâmetro (TDHH27, P.H.D, equipamentos para
157 laboratórios) por duas vezes de 30 segundos cada, totalizando 1 minuto em 30 ml de
158 tampão gelado. A solução tampão era composto por 0.1MKCl, 1 mM de EGTA, 1 mM
159 de NaN₃, 1 mM de MgCl₂, e 20 mM de fosfato de potássio (KH₂PO₄ 10 mM e K₂HPO₄
160 10 mM ajustado a pH de 7,0 a 4 ° C). As alíquotas foram filtradas em um tubo Falcon de
161 50 mL utilizando uma peneira com porosidade de 1 mm filtradas através de uma malha
162 em tubos de centrifuga de 50 ml. Em seguida as amostras foram centrifugadas à 1.000g a
163 2°C por 10 minutos. Após a centrifugação foi descartado o sobrenadante e o pellet foi
164 ressuspenso utilizando-se mais 10 mL de solução tampão de IFM. Este processo de
165 centrifugação foi realizado mais duas vezes repetindo o mesmo processo (totalizando 3
166 centrifugações). A concentração de proteína da suspensão final foi determinada usando o
167 método de biureto de GORNALL *et al.* (1949). Cada amostra foi diluída utilizando-se
168 solução tampão para obtenção de volume final de 5,0 mL e concentração de proteína de
169 0,5 mg/mL. As amostras foram então submetidas à leitura de absorbância (540nm) em
170 espectrofotômetro uv visível (SP-2000UVPV, Spectrum). O índice de fragmentação
171 miofibrilar foi obtido a partir da absorbância multiplicada por 200.

172 2.2.9 Mensuração do comprimento de sarcômero

173 O comprimento de sarcômero foi mensurado seguindo a técnica da difração do
174 laser proposta por Cross *et al.* (1981). Foram utilizados os mesmos cilindros utilizados
175 para determinação da força de cisalhamento. Os cilindros foram colocados em tubos
176 Falcon contendo solução de sacarose 0,2 M (0,2 M de glicose e 0,1 M de NaHPO₄ com
177 pH 7) por 16 horas. Logo após, com o auxílio de uma pinça de ponta fina, foram retirados
178 seis filamentos finos de carne de cada amostra, que foram colocados separadamente em
179 uma lâmina de vidro para microscopia, para cada amostra foram feitas seis lâminas, em
180 seguida foi adicionada uma gota de solução de sacarose 0,2 M à 4°C sobre cada filamento.
181 As lâminas foram então colocadas em um suporte onde o laser (632,8nm) (HNL 020R,
182 THORLABS, 56 SPARTA AVENUE NEWTON, NJ 07860 USA) foi incidido sobre os
183 filamentos. As bandas de difração foram tomadas 10cm abaixo do suporte. Foram obtidas
184 trinta e seis bandas de difração para cada amostra, sendo o valor médio utilizado para
185 obter o comprimento de sarcômero.

186 2.2.10 Teste de aceitabilidade

187 O painel de consumidores foi realizado na UFRA – Campus de Parauapebas
188 envolvendo, no total, 120 provadores de ambos os sexos, maiores de idade, que não
189 possuíam nenhum tipo de alergia ou intolerância ao alimento em avaliação. A avaliação
190 foi feita por julgadores não treinados utilizando-se o teste de aceitação (ZENEBOON *et al.*
191 2008). O julgador antes da avaliação recebeu um Termo de Consentimento Livre e
192 Esclarecido, abordando detalhadamente a importância da pesquisa, com a opção de
193 assinar o termo que determinava a concordância em participar do estudo de forma
194 voluntária.

195 Foram utilizados bifes do Longissimus, assados em grill (Britânia Grill Health,
196 Britânia SA, Brasil) até a temperatura interna atingir 72 °C, a qual foi monitorada por
197 termômetro de penetração tipo k. Subsequentemente, os bifes foram divididos em cubos
198 (2 × 2 × 2 cm), embrulhados em folha de alumínio, marcados com código de três dígitos
199 e mantidos a 50 ° C até serem servidos.

200 Cada consumidor avaliou 3 amostras, uma de cada grupo de tratamento, que foram
201 degustadas individualmente, em ordem aleatória para evitar o efeito da ordem de
202 apresentação da amostra, efeitos de primeira ordem ou reporte Macfie *et al.* (1989). Os
203 consumidores avaliaram maciez, odor, sabor, e aceitabilidade geral, utilizando-se escala
204 hedônica não estruturada. A escala possuía exatamente 10 cm, variando de desgostei
205 muitíssimo até gostei muitíssimo. Ao final, com ajuda de régua graduada, foi
206 algoritmizado os resultados, sendo apresentados em escala de zero a 10.

207 2.2.11 Análise estatística

208 Para avaliar os efeitos do tempo de transporte rodoviário nas características de
209 carcaça, qualidade da carne e características de aceitação do produto o delineamento
210 experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Todos os dados foram analisados
211 utilizando-se o procedimento GLM do SAS (Statistical Analysis System Institute, Inc.).
212 Quando o modelo apresentou diferenças significativas, os pares de médias foram testados
213 utilizando-se a opção PDIFF do SAS. Para todos os procedimentos estatísticos foi
214 adotado $\alpha = 0,05$.

215 2.3 RESULTADOS

216 Não foi observado efeito do tempo de transporte sobre o pH_{0h}, pH_{24h}, temperatura
217 inicial, peso da carcaça quente e espessura de gordura subcutânea, assim como não foi

218 observada diferença no declínio do pH entre 0 e 24 horas após o abate ($p > 0,05$). No
219 entanto, os animais submetidos ao tempo de transporte superior a 4 horas apresentaram
220 temperatura final de carcaça mais elevada ($p < 0,05$). Assim como, os animais que
221 passaram por um período de transporte de até duas horas apresentaram maior tempo de
222 resfriamento ($p < 0,05$) (Tabela 3).

223 Os valores de perdas por descongelamento, por cocção, capacidade de retenção de
224 água, força de cisalhamento, comprimento de sarcômero e índice de fragmentação
225 miofibrilar não diferiram ($p > 0,05$) entre os diferentes tempos de transporte (Tabela 3).
226 Assim como, as características de cor não foram alteradas ($p > 0,05$) (Tabela 4).

227 Não houve efeito ($p > 0,05$) dos tempos de transporte rodoviário pré-abate sobre
228 a maciez, sabor, aroma e aceitabilidade geral da carne quando avaliada pelos
229 consumidores (Tabela 5).

230 **2.4 DISCUSSÃO**

231 A ausência de efeito do tempo de transporte sobre o pH_{24h} pode ter ocorrido,
232 devido aos tempos avaliados no presente estudo, não serem suficientes em causar estresse
233 excessivo aos animais (HONKAVAAR *et al.* 2003), e por conseguinte, não exaurir as
234 reservas de glicogênio.

235 Estudo realizado, avaliando animais transportados por 14 horas,
236 aproximadamente 1000 quilômetros, ou seja, mais que o dobro de horas do maior tempo
237 utilizados no presente estudo, mostrou que o estresse causado pelo transporte estimulou
238 mudanças no microambiente ruminal, levando ao aumento da proporção de ácido acético
239 em relação ao ácido propiônico e em decorrência disso, ocorreu alterações na quantidade
240 de glicose circulante (DENG *et al.* 2017). Processo que provavelmente não ocorreu no
241 presente estudo, uma vez que nem o maior tempo (6 horas) foi capaz de causar alterações
242 descritas acima, por haver produção de ácido lático adequado para que o pH final atingisse
243 níveis médios aceitáveis (abaixo de 5,9) (SUMAN *et al.* 2016).

244 Além de disso, se tivesse havido o estresse significativo, pelo tempo de transporte,
245 haveria liberação pela medula adrenal catecolaminas que ativaria o sistema simpato-
246 adrenal, com efeitos sobre a metabolização rápida do glicogênio no fígado (LU *et al.*
247 2018), que reduzira drasticamente a reserva de energia no período *post-mortem*, e causaria
248 efeitos negativos sobre o pH, o que não foi constatado no presente estudo.

249 A semelhança entre o peso da carcaça dos animais dos diferentes tempos de
250 transporte, mesmo oriunda de percursos sem pavimentação, deve-se ao fato de utilizar a

251 densidade adequada dos animais nos compartimentos do caminhão (1,21 animal/ ²)
252 (COSTA *et al.* 2013),, para que não houvesse perdas significativas por hematomas, aja
253 vista que a região atingida pela contusão é submetida a um toailete intenso, configurando
254 diminuição do peso da carcaça (HUERTAS *et al.* 2010).

255 Muito embora o transporte de animais de longa duração seja o mais provável que
256 comprometa o bem-estar animal, em comparação a viagens mais curtas, é importante
257 reconhecer que não é a jornada em si, mas os aspectos negativos associados, que causam
258 mais contusões e hematomas, (NIELSEN, DYBKJÆR, & HERSKIN, 2011), sendo a alta
259 densidade um dos principais, para ocorrência deste problemas (MENDONÇA *et al.*
260 2018).

261 A falta de diferença observada na espessura de gordura pode ser um indicativo de
262 que nenhum dos tempos gastos com o transporte somados ao tempo de espera no curral
263 foram suficientes em alterar mobilização de reserva de gordura para suprir a demanda
264 energética antes do abate.

265 A diferença na temperatura final das carcaças, pode ser explicada, pela diferença
266 encontrada no tempo de resfriamento das mesmas, em que os animais que passaram por
267 maior jornada de transporte, chegavam no frigorífico no final do dia, e conseqüentemente,
268 abatidos mais tarde no dia seguinte. Portanto, as carcaças passaram menos tempo na
269 câmara de resfriamento, refletindo na temperatura final, que se apresentou elevada em
270 relação aos demais.

271 O valor médio da força de cisalhamento observada neste trabalho foi de 6,81
272 kgf/cm², o que caracteriza os bifes com textura firme. Para serem considerados macios
273 deveriam apresentar força de cisalhamento abaixo de <42,87 N ou 4,4 kgf/cm²
274 (DESTEFANIS *et al.* 2007). As variações na maciez da carne, em sua grande maioria,
275 podem ser explicadas principalmente pela taxa de proteólise no período *post mortem* e
276 pelo comprimento de sarcômero, o qual também não foi alterado com os tempos de
277 transporte (KOOHMARAIE *et al.* 2002). Além disso, não houve diferença no índice de
278 fragmentação miofibrilar entre tratamentos avaliados, o que pode estar associado a não
279 ocorrência de diferença nos valores de força de cisalhamento.

280 O comprimento de sarcômero apresentou valores médios de 1,43 μ m,
281 considerados elevados, e demonstrando que houve excessivo encurtamento pelo frio (*cold*
282 *shortening*) nas carcaças de todos os grupos (STRYDOM, *et al.* 2005), o que pode se
283 explicado pela espessura de gordura subcutânea que foi em média de 1,48 mm, essa
284 quantidade é aproximadamente a metade do que é exigido pela indústria frigorífica (3

285 mm), assim, não sendo suficiente para proteger as carcaças no momento do resfriamento
286 (NGAPO *et al.* 2013). Carnes que sofrem excessivo encurtamento pelo frio apresentam
287 1,5 μm de comprimento de sarcômero (BRUCE *et al.* 2004), confirmando que no presente
288 estudo houve encurtamento excessivo pelo frio, uma vez que os sarcômeros dos bifes dos
289 animais apresentaram média de 1,47 μm .

290 Outro fator, que pode interferir na maciez da carne é a solubilidade do colágeno,
291 que é diminuída com o avançar da idade, que é influenciada principalmente pelo sistema
292 de criação, principalmente genética e alimentação, contudo, no presente estudo, os
293 animais eram oriundos de sistemas de criação semelhante (zebuínos e criados
294 exclusivamente a pasto) e estavam na mesma faixa etária, 30-36 meses de idade (4 dentes
295 incisivos). Tem sido reportado por alguns autores que o uso de dietas de alta energia em
296 bovinos aumenta a taxa de *turnover* protéico como resultado do aumento das taxas de
297 crescimento (THERKILDSEN *et al.* 2011; MODZELEWSKA-KAPITUŁA *et al.* 2016b)
298 e, conseqüentemente, a carne apresenta uma maior proporção de colágeno recém-
299 sintetizado e solúvel em calor (ARCHILE-CONTRERAS *et al.* 2010). O que
300 possivelmente reforça os resultados semelhantes, encontrados para força de cisalhamento
301 (MODZELEWSKA-KAPITUŁA *et al.* 2016a).

302 A cor da carne é influenciada em grande parte pelo metabolismo muscular
303 antes do abate e no período *post mortem*, em função da taxa e extensão do declínio do
304 pH, uma vez que, este apresentando valores elevados, tem-se grande volume miofibrilar
305 intacto (MAGANHINI *et al.* 2007), tendo em vista, que nestas condições há uma menor
306 ativação de enzimas proteolíticas, principalmente as calpaínas que são responsáveis pela
307 fragmentação das miofibrilas (ALVES *et al.* 2005; MARINO *et al.* 2013) este fato
308 também explica a não diferença nos valores do índice de fragmentação miofibrilar
309 (HUGHES *et al.* 2017). Portanto, não havendo alteração no pH_{24h}, espera-se que as
310 variáveis de cor sejam semelhantes entre os diferentes tempos de transporte, como
311 observado no neste estudo.

312 Os valores de L* e a* apesar de se encontrarem dentro da classificação de
313 coloração normal (ABULARACH *et al.* 1998), a variável a* em todos tratamentos
314 apresentou médias maiores (15,6) do que os valores considerados aceitáveis pelos
315 consumidores (15,5) (HOLMAN *et al.* 2017).

316 Abularach *et al.* (1998), classificaram quanto a intensidade de amarelo, b* < 3,40
317 como baixa e b* > 8,28 como alta. No presente estudo, as médias de b* foram mais altas
318 do que as relatadas pelos referidos autores, o que pode estar relacionado ao fato de os

319 animais utilizados neste estudo serem alimentados exclusivamente a pasto, o qual
320 apresenta em sua composição grande quantidade de pigmentos carotenoides (FRUET *et*
321 *al.* 2018), além de que este tipo de sistema de criação faz com que o animal esteja sujeito
322 a sazonalidade da produção de forragem e conseqüentemente têm-se o aumento da idade
323 de abate, em comparação a animais que são alimentados com dieta com maior proporção
324 de grãos. Isso é refletido na cor da carne (FRENCH *et al.*, 2001).

325 O fato de não ter ocorrido variação na textura da carne avaliada pelo consumidor
326 indica que as características sensorias da carne parecem estar relacionadas principalmente
327 com os valores de pH, comprimento de sarcômero (PURCHAS; AUNGSUPAKORN,
328 1993), força de cisalhamento e com a fragmentação do componente miofibrilar
329 (MUCHENJE *et al.* 2008; MORAN *et al.*, 2017), que também não foram diferentes neste
330 estudo. O sabor e aroma da mesma forma, não variaram entre os grupos. Estes atributos
331 são determinados principalmente por elementos lipossolúveis, como pode ser observado
332 não houve variação na quantidade de gordura subcutânea, dessa maneira não se esperava
333 que os mesmos variassem de acordo com os diferentes tempos de transporte
334 (VILLAROEL *et al.* 2003).

335 **2.5 CONCLUSÃO**

336 O transporte de bovinos pré-abate com duração de até 6 horas, não altera as
337 características qualitativas da carne de animais zebuínos em sistemas de produção a pasto
338 medidas de forma instrumental e pelo ponto de vista do consumidor.

339 **AGRADECIMENTOS**

340 Agradecemos ao Frigorífico Rio Maria pela parceria para a coleta dos dados.

341 Os autores também agradecem aos membros (professores e alunos) do GEPARC – Grupo
342 de estudo em produção de animais ruminantes de Carajás, pela ajuda na execução da
343 pesquisa.

344 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

345 Abularach MLS, Rocha CE, Felício, PE. 1998. Características de qualidade do contrafilé
346 (m. L. dorsi) de touros jovens da raça Nelore. *Ciência Tecnologia de Alimentos* **18**, 205-
347 210.

348 Adzitey F, Nurul H. 2011. Pale soft exudative (pse) and dark firm dry (dfd) meats: causes
349 and measures to reduce these incidences – a mini review. *International Food Research*
350 *Journal* **18**, 11–20.

- 351 Alves DD, Goes HTB, Mancio AB. (2005). Maciez da carne bovina. *Ciência Animal*
352 *Brasileira* **6**, 135-149.
- 353 Apaoblaza A, Strobel P, Ramírez-Reveco A, Jeréz-Rimaure N; Monti G, Gallo C. (2017).
354 Effect of season, supplementation and fasting on glycolytic potential and activity of
355 AMP-activated protein kinase, glycogen phosphorylase and glycogen debranching
356 enzyme in grass-fed steers as determined in Longissimus lumborum muscle. *Meat*
357 *Science* **202**, 101–108.
- 358 Archile-Contreras AC, Mandell I B, Purslow PP. (2010). Disparity of dietary effects on
359 collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Science* **86**, 491–
360 497.
- 361 Batista de Deus JC, Silva WPY, Soares GJD. (1999). Efeito da distância de transporte de
362 bovinos no metabolismo *post-mortem*. *Revista Brasileira de Agrociência* **5**, p. 152-156.
- 363 Baublits RT, Brown AH, Pohlman FW, Johnson ZB, Onks DO, Loveday HD, Morrow
364 RE, Sandelin BA, Coblenz WK, Richards CJ, Pugh RB. (2004). Carcass and beef colour
365 characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages
366 supplemented with soyhulls. *Meat Science* **68**, 297–303.
- 367 BRASIL. Instrução Normativa N° 3/2000. Regulamento Técnico de Métodos de
368 Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial**.
369 Brasília, 2000. (Legislação)
- 370 Bruce HL, Stark JL, Beilken SL. (2004). The effects of finishing diet and postmortem
371 ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated
372 Brahman steer carcasses. *Meat Science* **67**, 261–268.
- 373 Calkins CR, Hodgen JM. (2007). A fresh look at meat flavor. *Meat Science* **77**, 63–80.
- 374 Costa MJR, Quintiliano MH, Tseimazides SP. (2013). *Boas práticas de manejo,*
375 *transporte*. 1. Ed. Brasília: MAPA/ACS.
- 376 Cross H, West R, Dutson T. (1981). Comparison of methods for measuring sarcomere
377 length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science* **5**, 261–266.
- 378 Culler RD, Parrish JRFC; Smith GC, Cross HR. (1978). Relationship of myofibril
379 fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine
380 longissimus muscle. *Journal of Food Science* **43**, 1177-1180.
- 381 Cunha Leme TM, Lencioni Titto EA, Goncalves Titto C, Barbosa Amadeu CC, Fantinato
382 Neto P, Alves Vilela R, Franco Pereira AM. (2012). Influence of transportation methods
383 and pre-slaughter rest periods on cortisol level in lambs. *Small Ruminant Research* **107**,
384 8–11.

- 385 Dalmau A, Di Nardo A, Realini CE, Rodríguez P, Llonch P, Temple D, Antonio Velarde
386 A, Giansante D; Stefano Messori S, Villa PD. (2014). Effect of the duration of road
387 transport on the physiology and meat quality of lambs. *Animal Production Science* **54**,
388 179–186.
- 389 Fernandez X, Monin G, Culioli J, Legrand I, Quilichini Y. (1996). Effect of duration of
390 feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in Friesian-
391 Holstein calves. *Journal of Animal Science* **74**, 1576–1583.
- 392 Ferreira GB, Andrade CL, Costa F, Freitas MQ, Silva TJP, Santos IF. (2006). Effects of
393 transport time and rest period on the quality of electrically stimulated male cattle
394 carcasses. *Meat Science*, **74**, 459–466.
- 395 French P, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Mooney MT, Troy DJ, Moloney AP.
396 (2001). The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*
397 **57**, 379–386.
- 398 Fruet APB, De Mello A, Trombetta F, Stefanello FS, Speroni CS, De Vargas DP, De
399 Souza ANM, Rosado Júnior AG, Tonetto CJ, Nörnberg JL. (2018). Oxidative stability of
400 beef from steers finished exclusively with concentrate, supplemented, or on legume-grass
401 pasture. *Meat Science* **145**, 121–126.
- 402 Gebresenbet G, Aradom S; Bulitta FS; Hjerpe E. (2011). Vibration levels and frequencies
403 on vehicle and animals during transport. *Biosystems Engineering* **110**, 10–19.
- 404 Gornall AG, Bardawill CJ, David MM. (1949). Determination of serum protein by
405 means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry* **177**, 751–766.
- 406 Guillemin N, Bonnet M, Jurie C, Picard B. (2011). Functional analysis of beef tenderness.
407 *Journal of Proteomics* **75**, 352–365.
- 408 Hamm R. *Functional properties of the myofibrillar system and their measurements*.
409 (1986). In 'Muscle as food'. (Ed. PJ Bechtel).
- 410 Holman BWB, De Ven RJV, Mao Y, Coombs MCEO, Hopkins DL. (2017). Using
411 instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef
412 colour. *Meat Science* **127**, 57–62.
- 413 Honkavaara M, Rintasalo E, Ylonen J, Pudas T. (2003). Meat quality and transport stress
414 of cattle. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* **110**, 125–128.
- 415 Huertas SM, Gil AD, Piaggio JM, Van Eerdenburg FJCM. (2010). Transportation of beef
416 cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in
417 an extensive production system. *Animal Welfare* **19**, 281–285.
- 418 Hugues J, Clarke F, Purslow P, Warner R. (2017). High pH in beef longissimus thoracis
419 reduces muscle fibre transverse shrinkage and light scattering contributes to the dark
420 colour. *Food Research International* **101**, 228–238.

- 421 Koohmaraie M, Kent MP, Shackelford SD, Veiseth E, Wheeler TL. (2002). Meat
422 tenderness and muscle growth: is there any relationship. *Meat Science* **62**, p.345–352.
- 423 Lixin DENG, Cong HE, Yanwei ZHOU, Lifan XU, Huijun XIONG. (2017). Ground
424 transport stress affects bacteria in the rumen of beef cattle: A real-time PCR analysis.
425 *Animal Science Journal* **88**, 790–797.
- 426 Lu X, Zhang Y, Qin L, Ma W, Zhu L, Luo X. (2018). Association of ultimate pH and
427 stress-related blood variables in cattle. *Meat Science* **139**, 228–230.
- 428 Macfie HJ, Bratchell N, Greehof FK, Vallis LV. (1989). Designs to balance the effect of
429 order of presentation and first order carry over effect in hall tests. *Journal of Sensory*
430 *Studies* **4**, 129-148.
- 431 Maganhini MB, Mariano B, Soares AL, Guarnieri PD, Shimokomaki M, Ida EL. (2007).
432 Carne PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha
433 de abate industrial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **27**, 69-722007.
- 434 María GA, Villarroel M, Sañudo C, Olleta JL, Gebresenbet G. (2003). Effect of transport
435 time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science* **63**, 1335–1340.
- 436 Marino R, Albenzio M, Della Malva A, Santillo A, Loizzo P, Sevi A. (2013). Proteolytic
437 pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time.
438 *Meat Science* **95**, p.281–287.
- 439 Mendonça FS, Vaz RZ, Vaz, FN, Leal WS, Silveira, IDB, Restle J, Boligon, AA,
440 Cardoso, FF. (2019). Causes of bruising in carcasses of beef cattle during farm, transport,
441 and slaughterhouse handling in Brazil. *Animal Science Journal* **90**, 288–296.
- 442 Modzelewska-Kapituła M, Nogalski Z, Kwiatkowska A. (2016a). The influence of
443 crossbreeding on collagen solubility and tenderness of Infraspinatus and
444 Semimembranosus muscles of semi-intensively reared young bulls. *Animal Science*
445 *Journal*.
- 446 Modzelewska-Kapituła M, Nogalski Z. (2016). The influence of diet on collagen content
447 and quality attributes of infraspinatus muscle from Holstein–Friesian young bulls. *Meat*
448 *Science* **117**, 158–162.
- 449 Moran L, O'sullivan MG, Kerry JP, Picard B, Mcgee M, O'riordan EG, Moloney, AP.
450 (2017). Effect of a grazing period prior to finishing on a high concentrate diet on meat
451 quality from bulls and steers. *Meat Science* **125**,76–83.
- 452 Muchenje V, Dzama K; Chimonyo M, Strydom P, Hugo A; Raats J. (2008). Sensory
453 evaluation and its relationship to physical meat quality attributes of beef from Nguni and
454 Bonsmara steers raised on natural pasture. *Animal: The International Journal of Animal*
455 *Biosciences* **2**, 1700–1706.

- 456 Nestorov N, Tomov T, Kretev A. (1970). A study on transport stress in cattle and
457 conditions for its manifestation. *Proceedings of the 16th Meeting of the European Meat*
458 *Research Workers* **1**.
- 459 Ngapo TM, Riendeau L, Laberge C, Fortin, J. Marbling and ageing — Part 2. Consumer
460 perception of sensory quality. (2013). *Food Research International* **51**, 985-991.
- 461 Nielsen, B. B., Dybkjær, L., & Herskin, M. S. (2011). Road transport of farm animals:
462 Effects of journey duration on animal welfare. *Animal* **5**, 415–427.
- 463 Pérez MP, Palacio J, Santolaria MP, Aceña MC, Chacón G, Gascón M, Calvo JH,
464 Zaragoza P, Beltran JA, García-Belenguerd, S. (2002). Effect of transport time on welfare
465 and meat quality in pigs. *Meat Science* **61**, 425–433.
- 466 Purchas RW, Aungsupakorn R. (1993). Further investigations into the relationship
467 between ultimate pH and tenderness for beef samples from bulls and steers. *Meat Science*
468 **34**, 163–178.
- 469 Ruiz-de-La-Torre JL, Velarde A; Diestre A, Gispert M, Hall SJG, Broom DM, Manteca
470 X. (2001). Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat
471 quality of sheep. *The Veterinary Record* **148**, 227-229.
- 472 Suman SP, Nair MN, Joseph P, Hunt MC. (2016). Factors influencing internal color of
473 cooked meats. *Meat Science* **120**, 133-144.
- 474 Tarrant PV, Kenny FJ, Harrington D, Murphy M. (1992). Long distance transportation of
475 steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass
476 quality. *Livestock Production Science* **30**, 223–238.
- 477 Teke B, Akdag F, Ekiz B, Ugurlu M. (2014). Effects of different lairage times after long
478 distance transportation on carcass and meat quality characteristics of Hungarian
479 Simmental bulls. *Meat Science* **96**, 224–229.
- 480 Therkildsen M, Stolzenbach S, Byrne DV. (2011). Sensory profiling of textural properties
481 of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. *Meat Science* **87**,
482 73–80.
- 483 Villarreal M, María GA, Sañudo CA, Olleta JL, Gebresenbet G. (2003). Effect of
484 transport time on sensorial aspects of beef meat quality. *Meat Science* **63**, 353–357.
- 485 Zenebon O, Pascuet NS, Tiglea P. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de*
486 *alimentos*. 1 Ed. São Paulo, NIT /IAL.
- 487

488 APÊNDICES A

489 Tabela 1. Número de animais por tratamento, distância percorrida, tempo de espera no
490 frigorífico antes do abate e tempo de jejum total

Item	Tempo de transporte rodoviário pré-abate (horas)		
	≤ 2	2 < 4	4 ≤ 6
Número de animais	15	15	15
Distância percorrida (km)	27	134	189
Velocidade média (km/hora)	54	70	64
Trecho sem pavimento (km)	0.31	81.72	137.2
Tempo de espera no frigorífico (h)	19 h 41	22 h 10	20 h 42
Tempo de jejum (h)	22 h 41	27 h 07	29 h 02

491

492 Tabela 2. Índice de temperatura e umidade no momento da saída da fazenda e chegada
493 no frigorífico e temperatura corporal dos animais

Itens	Tempo de transporte rodoviário pré-abate (horas)		
	≤ 2	2 < 4	4 ≤ 6
<i>Saída da Fazenda</i>			
ITU ¹ externo	80.02	79.72	80.42
ITU interior do caminhão	80.02	79.72	80.42
Temperatura do Animal (°C)	33,38	33,56	31.74
<i>Chegada no frigorífico</i>			
ITU externo	80.78	82.14	84.3
ITU interior do caminhão	80.8	82.16	82.84
Temperatura do Animal (°C)	33.74	34.07	32.38

494 ¹Índice de temperatura e umidade

495

496 Tabela 3. Médias e erro padrão da média de características de carcaça e qualidade da
497 carne de bovinos submetidos a diferentes tempos de transporte rodoviário pré-abate

Item	Tempo de transporte rodoviário pré-abate			Valor- <i>P</i>
	≤ 2 horas	2 < 4 horas	4 ≤ 6 horas	
<i>Características da carcaça</i>				
pH _{0h}	6.86 ± 0.08	6.85 ± 0.11	6.60 ± 0,08	0.067

pH _{24h}	5.79 ± 0,04	5.9 ± 0,06	5.77 ± 0.04	0.293
Diferença de pH _{0 - 24h}	1.07 ± 0.08	0.95 ± 0.11	0.82 ± 0.08	0.139
Temperatura _{0h}	39.13 ± 0.18	39.16 ± 0,27	39.66 ± 0.19	0.122
Temperatura _{24h}	2,90 ± 0,46b	3,48 ± 0,68b	5,37 ± 0,48a	0,003
Tempo de resfriamento (h)	36.46 ± 3.30a	32.14 ± 4.50b	25.08 ± 3.43b	0.007
Peso da carcaça quente (kg)	278.36 ± 4,41	292.48 ± 6,50	384.73 ± 4,60	0.207
EGS (mm)	1.20 ± 0.16	1.68 ± 0.24	1.67 ± 0.17	0.117
<i>Características da carne</i>				
Perda por descongelamento (%)	6.19 ± 0,77	6.21 ± 1,13	3.99 ± 0,80	0.118
Perda por cocção (%)	26.83 ± 1.06	27.40 ± 1.56	24.86 ± 1.10	0.311
Capacidade de retenção de água (%)	62.18 ± 0,85	62.12 ± 1.26	63.03 ± 0.89	0.752
Força de cisalhamento (kgf/cm ²)	6.71 ± 0.42	7.16 ± 0.62	7.49 ± 0.44	0.452
Comprimento de sarcômero (µm)	1.52 ± 0.04	1.45 ± 0.07	1.45 ± 0.05	0.671
Índice de fragmentação miofibrilar	30.76 ± 3.13	30.86 ± 4.61	33.12 ± 3.26	0.587

498 EGS = Espessura de gordura subcutânea

499

500 Tabela 4. Médias e erro padrão da média das características de cor da carne de bovinos
501 submetidos a diferentes tempos de transporte rodoviário pré-abate

Item	Tempo de transporte rodoviário pré-abate			Valor- <i>P</i>
	≤ 2 horas	2 < 4 horas	4 ≤ 6 horas	
L*	31.88 ± 0.83	32.15 ± 1.22	32.36 ± 0.86	0.923
a*	16.39 ± 1.06	15.69 ± 1.57	14.99 ± 1.11	0.664
b*	16.53 ± 1.99	17.42 ± 2.93	14.42 ± 2.07	0.638
Chroma	22.67 ± 2.03	23.66 ± 2.99	21.12 ± 2.11	0.762
Hue	41.82 ± 2.34	45.90 ± 3.44	41.84 ± 2.43	0.576

502 L* = luminosidade; a* = intensidade de vermelho; b* = intensidade de amarelo; índice de
503 Chroma= saturação e intensidade da cor; HUE = mudança na tonalidade da cor

504

505 Tabela 5. Médias e erro padrão da média dos parâmetros de aceitabilidade da carne de
506 bovinos submetidos a diferentes tempos de transporte rodoviário pré-abate

Item	Tempo de transporte rodoviário pré-abate			Valor- <i>P</i>
	≤ 2 horas	2 < 4 horas	4 ≤ 6 horas	
Maciez	5.67 ± 0.30	5.30 ± 0.67	4.84 ± 0.27	0.126

Sabor	6.01 ± 0.21	5.86 ± 0.62	5.46 ± 0.25	0.335
Aroma	6.28 ± 0.26	6.47 ± 0.59	5.83 ± 0.24	0.353
Aceitabilidade				
geral	6.12 ± 0.27	6.18 ± 0.60	5.76 ± 0.24	0.569
