

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO DO MANEJO PRÉ-ABATE DE BOVINOS NO
BEM-ESTAR E QUALIDADE DA CARÇAÇA**

Stavros Platon Tseimazides

Zootecnista

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO DO MANEJO PRÉ-ABATE DE BOVINOS NO
BEM-ESTAR E QUALIDADE DA CARCAÇA**

Stavros Platon Tseimazides

Orientadora: Profa. Dra. Hrasilva Borba

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Alves de Souza

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para a
obtenção do título de Doutor em Zootecnia

2016

T882e Tseimazides, Stavros Platon
Efeito do manejo pré-abate de bovinos no bem-estar e qualidade da carcaça / Stavros Platon Tseimazides. – – Jaboticabal, 2016
vi, 56 p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientadora: Hrasilva Borba

Coorientador: Pedro Alves de Souza

Banca examinadora: Marcos Chiquitelli Neto, Maria Lúcia Pereira Lima, Wignez Henrique, Otávio Rodrigues Machado Neto

Bibliografia

1. Substrato para piso. 2. Comportamento bovino. 3. Densidade de estocagem. 4. Frigorífico. 5. Consumo de água. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 637.5:636.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITO DO MANEJO PRÉ-ABATE DE BOVINOS NO BEM-ESTAR E QUALIDADE DA CARÇAÇA.

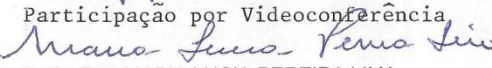
AUTOR: STAVROS PLATON TSEIMAZIDES

ORIENTADORA: HIRASILVA BORBA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dra. HIRASILVA BORBA
Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MARCOS CHIQUITELLI NETO
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
Participação por Videoconferência


Prof. Dra. MARIA LUCIA PEREIRA LIMA
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Estação Experimental de Zootecnia, Sertãozinho/SP


Prof. Dra. WIGNEZ HENRIQUE
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Estação Experimental de Zootecnia, São José do Rio Preto/SP


Prof. Dr. OTAVIO RODRIGUES MACHADO NETO
Departamento de Produção Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu
Participação por Videoconferência

Jaboticabal, 15 de janeiro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

STAVROS PLATON TSEIMAZIDES – Nascido em 22 de junho de 1979, na cidade de Santos – SP. Formado em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal no ano de 2001 e Mestre em Zootecnia pela mesma universidade no ano de 2006. Foi bolsista PIBIC/CNPq durante a graduação por dois anos, até a conclusão do curso e bolsista CNPq durante todo o programa de mestrado. Iniciou os trabalhos relacionados a bem-estar animal em fazendas e frigoríficos no ano de 2003, passando a ser contratado por grandes frigoríficos exportadores de bovinos como JBS e Marfrig, a partir do início de 2006. No frigorífico Marfrig desenvolveu o setor de bem-estar animal, tornando-o referência no país. Em maio de 2014, foi reconhecido pelo site eletrônico BeefPoint, como profissional referência em bem-estar animal no país. Atualmente, desde o início de 2015, com a abertura de sua empresa, passou a atuar ministrando treinamentos e promovendo consultoria para frigoríficos e fazendas na área de bem-estar animal.

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas; a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.”

Bill Gates

Dedico essa tese a todos meus familiares e amigos, que me acompanharam e
incentivaram durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Alline Martins de Martini Tseimazides, pelo carinho, apoio e todo o esforço que fez para que eu pudesse me ausentar de casa e cumprisse com as exigências do programa.

À minha filha Stella Martini Tseimazides, pela felicidade que nos deu com seu nascimento, e mesmo sem saber, pela força que me deu para que eu não desistisse dos meus objetivos.

Aos meus pais, Victoria e Stavros que sempre foram meus exemplos de pessoa e profissional, e sempre me incentivaram muito para que eu pudesse dar mais esse passo na minha carreira.

Aos meus irmãos Katia e Victor por sempre torcerem pelo meu sucesso pessoal, acadêmico e profissional e por me auxiliarem na execução dessa tese.

À Profa. Dra. Hirasilva Borba, por ter me aceitado como seu orientado, mesmo no final de minha tese em uma situação bastante conturbada. Não mediu esforços para me ajudar a desenvolver um bom trabalho e conseguir concluir com êxito esta tese.

Ao Prof. Dr. Pedro Alves de Souza, por me aceitar como coorientado, e permitir que fosse possível a conclusão desse trabalho nessa universidade.

Aos professores Dr. Humberto Tonhati, Dr. Luiz Francisco Prata, Dr. Marcos Chiquitelli Neto, Dra. Maria Lúcia Pereira Lima, Dr. Otávio Rodrigues Machado Neto e Dra. Wignez Henrique por dedicarem seus conhecimentos e tempo, participando de minha banca de qualificação e defesa da tese, fazendo críticas extremamente construtivas para melhor finalização do trabalho.

Aos amigos Dr. Paulo Gomes da Silva, Dr. Luiz Francisco Prata e Dr. Marcos Chiquitelli Neto por me darem conselhos nos momentos em que pensei em desistir.

À madrinha e amiga Irene Nardin pelo auxílio no desenvolvimento e correção da parte escrita dessa tese.

Aos estatísticos, Alysso Jalles da Silva, Carlos Alberto Padovani e Rita Di Pierro Celestino Tseimazides por me auxiliarem no delineamento experimental e entendimento dos dados e análises realizadas nesses trabalhos.

Ao Grupo Marfrig por ter permitido que eu voltasse a universidade ainda trabalhando, e por ter cedido espaço, estrutura física e pessoal para que os dados fosse realizados em suas instalações.

A todos aqueles que, trabalhando ou não no Grupo Marfrig, de alguma forma me auxiliaram na execução dos projetos, em especial a Alessandra Tondatto, Bruno Gouveia Vicente, Cícero Leandro de Sousa e Karine Lopes Pinto.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
CAPITULO 1 – Considerações Gerais	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Situação atual dos abates bovinos no país	3
2.2. Exigências de bem-estar animal dentro dos frigoríficos	4
2.3. Diferentes tipos de substratos utilizados como cama.....	5
2.4. Recomendações de densidade	7
2.5. Sustentabilidade.....	8
3. OBJETIVO GERAL	9
3.1. Objetivos específicos	10
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CHAPTER 2 - Effects of different flooring types in lairage on beef cattle behavior and carcass quality.....	14
1. Introduction.....	15
2. Materials and methods	16
2.1. Flooring	16
2.2. Sample collection	17
2.3. Bruise	19
2.4. Carcass pH	20
2.5. Sustainability	20
3 - Statistical Analysis	21
4 - Results	22
4.1. Behavior	22
4.1.1. Lying behavior.....	23
4.1.2. Rumination behavior	24
4.1.3. Mounting and fighting behaviors	24
4.1.4. Access to water.....	24
4.2. Carcass quality.....	24

4.2.1. Bruises	25
4.2.2. Carcass pH	25
4.3. Sustainability	26
4.4. Meteorological conditions	27
5. Discussion	28
5.1. Behavior	28
5.2. Carcass Quality	29
5.3. Sustainability	29
6. Conclusion	30
7. Acknowledgements	31
8. References	31
CAPÍTULO 3 – Effect of lairage stocking density on the number of bruises and ultimate pH in beef cattle	35
1. Introduction	37
2. Materials and Methods	38
2.1. Parameters	38
2.2. Bruise	39
2.3. Carcass pH	40
2.4. Data Analysis	40
3 - Statistical Analysis	40
4 – Results	41
4.1. Correlation	41
4.1.1. Male	41
4.1.2. Female	42
4.2. Scatter diagram and regression equation	43
4.2.1. Male	43
4.2.2. Female	45
5. Discussion	48
5.1. Bruises	48
5.2. Ultimate carcass pH (pH _u)	49
6. Conclusion	50
7. Acknowledgement	50

8. References	50
CAPÍTULO 4 – Considerações Finais e Implicações	55



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

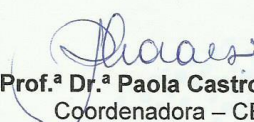


CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 13570/15 do trabalho de pesquisa intitulado **"Efeito do manejo pré-abate de bovinos no bem-estar e qualidade de carne"**, sob a responsabilidade da Prof^a Dr^a Hirasilva Borba está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 07 de agosto de 2015.

Jaboticabal, 07 de agosto de 2015.


Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

EFEITO DO MANEJO PRÉ-ABATE DE BOVINOS NO BEM-ESTAR E QUALIDADE DA CARÇAÇA

RESUMO – O objetivo nesse estudo foi identificar, dentre várias boas práticas recomendadas para as plantas frigoríficas, quais causam efeitos positivos ou negativos em questões comportamentais dos animais e medidas de qualidade de carcaça. Como objetivos específicos buscamos: 1) Verificar a eficácia da utilização de substratos no piso dos currais; 2) encontrar o parâmetro para cálculo do melhor espaçamento dentro dos currais do frigorífico. Para atendimento do objetivo 1 foi realizado experimento em um frigorífico no interior paulista durante 11 dias, isolando a maior quantidade de fontes de variações, a fim de testar a diferença no comportamento dos animais e na qualidade da carcaça dos bovinos abatidos quando utilizados 3 tipos diferentes de pisos (bagaço de cana, borracha ou concreto). No tratamento em que animais possuíam piso coberto por bagaço de cana, o ato de deitar foi mais frequente do que os tratamentos onde foram utilizados os outros dois tipos de piso; porém, essa maior frequência do comportamento não foi suficiente para propiciar uma diferença significativa na quantidade de hematomas presentes nas carcaças e para alterar o pH final das carcaças. A desvantagem para a utilização do bagaço ocorreu quando se avaliou frequência de brigas e montas, além da quantidade de água e tempo necessários para limpeza dos currais, aumentando assim problemas relacionados à sustentabilidade, bem como elevando os custos de abate dos bovinos. Para estudar o melhor espaçamento nos currais dos frigoríficos (objetivo 2), durante 26 dias de abate, foram registrados peso vivo médio dos animais que foram colocados em cada curral do frigorífico, quantidade de animais e espaçamento disponível em cada curral para cada animal. A quantidade de hematomas nas carcaças e pH após 24h de resfriamento das mesmas também foram registrados. Esses dados foram utilizados para determinar a equação capaz de prever o melhor espaçamento para os animais nos currais dos frigoríficos. Encontramos baixas correlações entre densidade e os parâmetros avaliados, bem como valores baixos de R^2 para as equações de regressão, levando a concluir que a densidade de animais nos currais dos frigoríficos que possuem programa de bem-estar animal implementado, não é um importante fator a ser considerado, uma vez que ele não interfere no aparecimento de hematomas nas carcaças e nem alteram o valor de pH significativamente. Durante o período que os animais permanecem nos currais dos frigoríficos é muito importante garantir que os animais tenham espaço suficiente para levantarem, deitarem e se movimentarem. Baseado nos resultados desses estudos foi possível concluir que as legislações vigentes no país, referentes a tipo de piso e densidade dos currais de abate dos frigoríficos, contemplam as necessidades dos animais.

Palavras-chave: Comportamento bovino, consumo de água, densidade de estocagem, frigorífico, substrato para piso

EFFECT OF PRE-SLAUGHTER HANDLING OVER ANIMAL WELFARE AND CARCASS QUALITY OF BEEF CATTLE

ABSTRACT – The main objective was to identify, among many good practices recommended at slaughterhouses, which one can cause positive or negative effects over animal behaviour and carcass quality. As a specific aim we evaluated: 1) The efficiency of using bedding in the lairage for animals that stay overnight; 2) The parameter to calculate the best stocking density in the lairage. To achieve the first objective, an experiment was run in a slaughterhouse in the countryside of São Paulo, Brazil, during eleven days. All possible factors of variations were minimized to be possible to test the difference of behaviour and parameters of carcass quality of beef cattle, using three different types of flooring (sugarcane residue, rubber matting and concrete). It was found that animals that had sugarcane residue as bedding overnight showed more lying behaviour than the ones that had rubber matting or concrete flooring available. The bigger time lying was not sufficient to affect carcass parameters. In the other hand, the corrals that were covered by sugarcane residue presented more agonistics behavior like fighting and mounting and wasted much more time and water to clean up, increasing sustainability problems as well as increasing cost of production. When studying stocking density in the lairage (objective 2), records were made during 26 days of slaughter, appointing the average live weight of animals that were lairaged in each pen, number of animals and space available for each animal. The number of bruises in the carcasses was also measured, as well as ultimate pH after 24 hours of chilling (pH_u). Those measurements were used to determine the equation able to predict the best space for the animals lairaged. Low correlations were found between density and those parameters, as well as low values for R² for the regression equation, which made it possible to conclude that stocking density at the slaughterhouse that have animal welfare procedures in place, is not a very important parameter to consider, since it does not influence on the appearing of bruises nor influence the pH_u. It is very important to guarantee that animals have minimum space to stand up, lie down and move around. Based on these findings, it is possible to conclude that the current legislations in Brazil for humane handling, prior to slaughter, about flooring and stocking density guarantee animal's needs.

Keywords: Cattle behaviour, water consumption, stocking density, slaughterhouse, bedding

CAPITULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

A discussão que hoje se faz no mundo sobre o bem-estar animal é fundamental para que o Brasil aprimore a legislação baseada nos resultados das pesquisas científicas, que permitam o fortalecimento do rigor com que se deva tratar não só a melhoria do bem-estar animal, como a relação desse tratamento com os três pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

No Brasil, as práticas relacionadas ao bem-estar animal, no período pré-abate, vêm ganhando importância nas duas últimas décadas. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, através da Instrução Normativa 03/2000, traçou os principais pontos a serem observados no período que antecede o abate para consumo humano, visando a melhoria das condições dos animais até o momento de sua morte.

Em 2009, a organização não governamental “World Society for Protection of Animals”, juntamente com o MAPA, lançou no país o programa denominado “STEPS – Melhorando o Bem-estar Animal no Abate”, também objetivando minimizar o sofrimento dos animais nesse período, através de treinamentos para Fiscais Federais Agropecuários, e profissionais ligados a frigoríficos.

Em 2011, por meio da portaria nº 524, criou-se a Comissão Técnica Permanente de Bem-estar Animal – CTBEA, responsável, dentre outras coisas, por ações de fomento do bem-estar dos animais de produção, mostrando com isso o comprometimento do governo federal com o assunto em questão.

Na Europa, essa discussão acontece há muito mais tempo. Em 1964, a ativista Ruth Harrison publicou seu livro intitulado “Animal Machines”, chamando a atenção para a forma de criação intensiva que os animais estavam sendo submetidos, reforçando a ideia de uma forma de criação desumana dos animais. Logo após essas “denúncias”, o governo inglês nomeou o pesquisador Roger

Brambell para que fizesse um relatório investigativo sobre as observações feitas por Harrison no ano anterior. Esse relatório ficou conhecido como Relatório Brambell que foi a base para a criação da Comissão Consultiva sobre bem-estar animal de animais de granja (FAWAC – Farm Animal Welfare Advisory Committee). Nesse relatório, o Prof. Brambell falou, pela primeira vez, que os animais deveriam ter liberdade para deitar, levantar, girar ao redor de seu corpo, esticar seus membros e se manter limpos. Em 1979 a FAWAC passou a se chamar Farm Animal Welfare Council (FAWC) e então as cinco liberdades foram determinadas, sendo que os animais deveriam estar livres de fome e sede, livres de desconforto, livres de dor, injúria e doenças, livres de medo e estresse e livres para expressar seus comportamentos naturais.

A World Veterinary Association (WVA), entidade que representa aproximadamente 500.000 veterinários pelo mundo, priorizou para os correntes anos (2015-2017), o tema “Bem-estar Animal” como condição para desenvolvimento de novas ações, tais como a garantia das necessidades biológicas dos animais para conforto térmico e físico. Como físico, inclui-se o acesso irrestrito dos animais a água e o fornecimento de alimentos, seja no pasto para animais criados extensivamente, ou no cocho para animais confinados; como térmico, o fornecimento de sombra para os animais; procedimentos que envolvam mutilação como descorna, identificação e castração dos animais de forma correta; procedimentos que envolvam manejo dos animais apenas por pessoas treinadas, e diagnóstico precoce de doenças que acometam os animais para que seja possível um tratamento mais eficaz, sempre considerando recomendações técnico-científicas. A WVA acredita que por meio dessas práticas ligadas ao bem-estar dos animais será possível o aumento de produtividade das atividades pecuárias.

A evidência da importância do assunto bem-estar animal fica clara com o número de pesquisas científicas que vêm sendo conduzidas no período pré-abate. Sem dúvida, grandes dificuldades surgem para o desenvolvimento das pesquisas, como o alto custo para execução dos projetos visando avaliar o espaço adequado, piso recomendado, sombreamento, aspersão e o tempo que o animal deve permanecer nos currais. Muitas vezes, as exigências, seja de legislação ou de

clientes, não consideram recomendações técnicas que permitam o melhor procedimento tanto para novas pesquisas como para relevar à melhoria das condições dos animais. É imprescindível que haja mais pesquisas nessa área a fim de tornar cada procedimento executado fortemente embasado em recomendações técnicas e científicas.

Nesse mesmo sentido, vários estudos têm demonstrando que na criação animal, quando um bom bem-estar é promovido, a atividade se torna mais sustentável (BROOM, 2010; FRASER, 2008; WATERHOUSE, 1996).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação atual dos abates bovinos no país

No Brasil, estima-se que a população nacional de bovinos seja da ordem de 208,3 milhões de cabeças, e que o abate anual de bovinos seja de 42,07 milhões de cabeças, sendo que 20,78% do montante de carne produzida sejam destinados para exportação (ABIEC, 2015). De acordo com os dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, em 2014, o Brasil atingiu o recorde histórico de mais de US\$ 7 bilhões, aumentando também o volume exportado, como principais destinos Hong Kong, Rússia, União Europeia, Venezuela e Egito.

Quando se fala em bem-estar animal, os países que formam o bloco econômico da União Europeia são reconhecidos pelas suas boas práticas com os animais. Nesse contexto, é importante saber que, no Brasil, atualmente existem 64 unidades frigoríficas aprovadas para exportação de carne bovina “in natura” e mais 57 unidades habilitadas para exportação de carne de frango (ABIEC, 2015). Esse número significativo faz com que as boas práticas sejam melhores gerenciadas nas indústrias brasileiras a fim de poder atender a esse importante mercado.

2.2. Exigências de bem-estar animal dentro dos frigoríficos

Todos os frigoríficos nacionais são obrigados a seguir as exigências instituídas pelas instruções normativas do governo. A instrução normativa 03, do ano de 2000, Art. 1º Aprova o “Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue”, que objetiva estabelecer, padronizar e modernizar esses métodos, assim como o manejo dos animais nas instalações dos estabelecimentos aprovados para essa finalidade.

Graças ao aumento do comprometimento do governo brasileiro na cobrança para produção de carne de animais, oriundos de abates mais humanitários, visando mercados mais exigentes, houve nos últimos anos uma intensificação na cobrança por parte das autoridades para que a instrução normativa fosse colocada em prática melhorando consideravelmente o bem-estar dos animais até o momento do sacrifício. É fundamental que o governo tenha essa preocupação, principalmente neste momento em que 12 países do Pacífico assinaram o acordo comercial chamado Trans-Pacific Partnership (TPP), que reduziu tarifas comerciais e também unificaram padrões para exportação, regras para investimentos, exigências ambientais e normas trabalhistas, além de novas regras para o comércio entre os países como a diminuição da burocracia portuária e a padronização dos trâmites de exportação e importação. Seus signatários reúnem um mercado de 800 milhões de pessoas que representam 10% da população mundial, mas juntos, somam quase 40% do PIB global (PAULI, 2015). “Para os países em desenvolvimento que ficaram fora do tratado, haverá certamente um desvio do comércio e perda de futuros negócios” diz o economista australiano Peter Drysdale, da Universidade Nacional da Austrália, em Canberra. A consequência para o Brasil será claramente negativa, principalmente para o setor de carnes, caso o país fique preso exclusivamente a países com pouca população e baixo poder de consumo, uma vez que um quarto de tudo que o país exporta vai para os países da TPP.

Quando os frigoríficos iniciam um processo de internacionalização e, consequentemente, exportação de seus produtos, os mesmos são submetidos às exigências do país importador, sempre respeitando as normas mínimas deliberadas pelo governo brasileiro. Porém, algumas vezes, essas exigências vêm contra as

regras preconizadas pela nossa legislação, como é o caso da necessidade de utilização de substrato como cama para os animais que permanecem durante a noite nos currais dos frigoríficos, ou a necessidade de alimentar animais que permanecem por um período maior que 12 horas na espera do abate. Essas divergências de legislação são suscetíveis à importância que cada país ou bloco econômico dá para cada assunto. A grande preocupação do governo brasileiro é a segurança alimentar, garantindo que animais com jejum adequado e limpos terão menores probabilidades de contaminar a carne. Para os países que fazem as exigências, atualmente a prioridade é o bem-estar do animal, e numa segunda escala, a segurança alimentar, já que essa é considerada como pré-requisito para a produção de alimento. O importante é que todas as exigências estejam cientificamente embasadas, e que não causem divergências para a adaptação das estruturas e procedimentos e não agreguem diferenças significativas no bem-estar dos animais.

Algumas redes varejistas dentro dos países importadores muitas vezes passam a exigir mais do que suas próprias legislações, a fim de garantir para seus consumidores que o produto que está sendo disponibilizado nas gôndolas de suas lojas atenda a todos os requisitos de qualidade intrínseca do produto, bem como as qualidades éticas que o consumidor exige.

2.3. Diferentes tipos de substratos utilizados como cama

Seguindo as recomendações técnicas descritas no R.I.I.S.P.O.A. (BRASIL, 1952), os frigoríficos brasileiros comumente usam concreto nos pisos dos currais. Essa prática vem ao encontro da necessidade de melhorar a lavagem dos currais e diminuir possível contaminação das carcaças no momento do abate.

Alegando melhorar o conforto para os animais, a legislação da União Europeia passou a exigir dos países exportadores algum tipo de substrato como cama para os animais que permanecessem durante a noite nos currais dos frigoríficos. Apesar das exigências, não há registros de pesquisas de reais benefícios dos substratos para os animais dentro do frigorífico.

Em vacas leiteiras estabuladas dentro das propriedades rurais, diversos trabalhos relatam melhoria nas condições de saúde para animais quando utilizados

algum tipo de substrato, uma vez que na comparação com um piso duro, os animais apresentam menor probabilidade de se machucar e apresentar ferimentos em suas patas (BERGSTEN et al., 2009; NORBERG, 2012; VANEGAS et al., 2006).

Boyle et al. (2007), no entanto, estudando comportamento, lesões de patas e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras, verificaram que apenas durante o tempo em que os animais não estavam se alimentando, preferiam o piso de borracha, mas que a utilização desse piso não causou nenhuma diferença nas variáveis analisadas. No mesmo sentido, Kremer et al. (2007) não verificaram diferenças na produção de leite das vacas quando estabuladas em diferentes tipos de piso, concreto ou borracha, nem na quantidade de incidência de laminite.

O tipo de piso, segundo Stockman et al. (2013), também pode influenciar no comportamento dos animais, tanto nas fazendas, como durante o transporte. Esses autores verificaram, através do método QBA (Qualitative Behavioural Assessment), que em pisos menos escorregadios, os animais estavam mais calmos, relaxados e confortáveis, segundo a classificação consensual dos observadores; contrariamente, quando foram transportados em veículos com piso escorregadiço, foram classificados como ansiosos e agitados.

Alguns trabalhos com cabras, segundo o estudo de Boe et al. (2007), mostraram que a temperatura ambiente pode influenciar a resposta dessa espécie quanto ao melhor substrato a ser utilizado, uma vez que em temperaturas moderadas (10 a 12 °C), esses animais tiveram preferência pelo metal expandido em detrimento da palha; quando o experimento foi realizado em temperaturas mais frias (-8 a -12 °C), a preferência dos animais foi para pisos de madeira maciça ou borracha. Essa espécie, em temperaturas mais baixas, tende a diminuir o tempo em que descansam, não importando qual substrato foi utilizado. Porém, quando a temperatura passa a ser moderada, as cabras procuram substratos que apresentem maior condutividade térmica, excluindo a palha como substrato.

Trabalhando com ovelhas, Faerevik et al. (2005) verificaram que essa espécie teve preferência, após a tosquia, por pisos com menor condutividade térmica, levando os autores a sugerirem que a utilização de palha nas primeiras semanas pós-tosquia seria uma forma de melhorar o bem-estar desses animais.

Poucos trabalhos com a espécie bovina foram realizados dentro de frigoríficos. Cockram (1990) avaliou 127 lotes de bovinos de diferentes procedências e verificou que a cama de palha favorecia o comportamento de deitar em animais que estavam em grupos pequenos (≤ 5 animais), quando oriundos de leilões. Interessante observar que o mesmo não acontecia quando os animais eram originários diretamente das fazendas.

2.4.Recomendações de densidade

Densidade pode ser definida como quantidade de massa em determinado espaço. Dessa forma, quando falamos em densidades de estocagem de animais dentro dos frigoríficos, queremos estipular a quantidade de animais ou quilos de animais que podem ser alocados dentro de cada curral em função do seu tamanho, para que os animais possam permanecer de forma confortável até o momento do seu sacrifício.

No Brasil, as “Normas técnicas de instalações e equipamentos relacionados com a técnica da inspeção “ante-mortem” e “post-mortem”” definem como padrão a ser utilizado o valor de 2,5 m² para cada bovino alojado nas instalações dos frigoríficos, independentemente de seu peso e tamanho.

Países do bloco europeu não possuem uma legislação que determine uma área mínima por animal nos currais do frigorífico, apesar de ter definido em seu regulamento que todos os frigoríficos precisam definir a capacidade máxima a ser utilizada.

Em virtude dessa falta de estudo para determinar a melhor densidade a ser utilizada dentro dos currais dos frigoríficos, alguns pesquisadores e redes varejistas europeias sugerem que sejam utilizadas medidas já estudadas de densidade em transporte e/ ou currais de fazendas. Esse conceito é equivocado, uma vez que as condições dentro das fazendas e durante o transporte nada têm a ver com as situações únicas que os animais são submetidos dentro dos frigoríficos, onde são estabulados normalmente em uma lotação mais densa do que aquela utilizada nas propriedades rurais e mais brandas do que durante o transporte; o ambiente e pessoas são totalmente diferentes; o tempo de permanência é frequentemente

inferior ao tempo que os animais permaneceram nas propriedades. Da mesma forma, comparar essa densidade com àquela utilizada dentro dos caminhões boiadeiros é inapropriado. Normalmente o tempo de viagem é curto e todas as indústrias tentarão aumentar ao máximo a densidade para diminuir os custos de frete. A densidade dentro de veículos, com espaço muito além ou aquém do necessário, dependendo das condições das estradas, não é indicada para o transporte dos bovinos, podendo gerar problemas de qualidade de carcaça (ELDRIDGE & WINFIELD, 1988; TSEIMAZIDES, 2006).

A literatura existente sobre densidades utilizadas nas propriedades rurais ou transporte, demonstra que elas podem influenciar o nível de estresse dos animais, alterando consequentemente a qualidade da carcaça e interferindo em seus aspectos fisiológicos (HUZZEY et al., 2006; TARRANT et al., 1988; TARRANT et al., 1992).

2.5. Sustentabilidade

Sustentabilidade é definida como sendo “ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Ou seja, a sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro.” (SUA PESQUISA.COM, 2015)

As primeiras unidades de abate não tinham a preocupação com o meio ambiente, e ainda nas décadas de 50 e 60, o país vivia uma situação de aumento grande de demanda pelo produto. O governo disponibilizava facilmente recursos necessários para construção e manutenção do funcionamento dos frigoríficos pensando na melhoria da qualidade da carne, sem qualquer preocupação com os impactos relacionados ao meio ambiente.

Com o aumento da competitividade do setor, escassez de produtos como a água, que era abundante, e aumento de valor dos demais insumos utilizados para o abate dos animais, com a necessidade de gerar lucro e mostrar para a população sua preocupação com a qualidade ética que o produto final carne possui, os

frigoríficos passaram a investir em técnicas sustentáveis, como o estímulo à diminuição no tempo de vida dos bovinos que serão abatidos, com o uso consciente e reutilização de água nas unidades frigoríficas, com o aproveitamento do conteúdo gastrointestinal, que antigamente eram despejados em rios, transformados, após serem tratados/ fermentados, como biofertilizantes e produção de gás, gerando calor e energia.

Faz-se necessário, para a segurança alimentar, garantir que os animais chegarão limpos no momento do abate, e que os currais sejam bem higienizados, para que não haja contaminação cruzada entre os lotes, de diferentes procedências, abatidos diariamente em cada unidade. Dessa forma, o MAPA, em 1952, estabeleceu que todos os currais deveriam ser construídos de forma a facilitar a higienização após alojamento dos animais.

A utilização de substrato para o conforto animal vem contra as questões preconizadas de segurança alimentar. Partindo do princípio que grande parte dos frigoríficos em operação no país foi construída em época de abundância de água, a obrigatoriedade de utilização de cama nunca foi cogitada e, conseqüentemente, os currais não foram projetados para receber essa carga de matéria orgânica em suas tubulações. Portanto, para que fosse possível a mudança de procedimentos, se faria necessário a reestruturação dos currais o que poderia inviabilizar economicamente suas operações ou pelo menos causar sérios prejuízos financeiros.

A produção de bovinos de corte é considerada como uma das que mais consomem água. Na literatura encontramos valores de consumo, para cada quilo de carne produzida, variando de 15 a 20 m³ (CONCEIÇÃO, 2009; CRUZ, 2013). Dentro desse contexto, todo o esforço realizado nas indústrias frigoríficas para diminuição do consumo, ajudaria a reverter, pelo menos parcialmente, esse panorama.

3. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa tese foi encontrar respostas científicas para procedimentos utilizados por frigoríficos, sejam eles demandados por legislações nacionais ou internacionais.

3.1. Objetivos específicos

Esse estudo foi estruturado para buscar respostas sobre a necessidade de utilização de substrato no piso para animais que permanecem durante a noite nos currais dos frigoríficos e para desenvolver uma equação de regressão capaz de prever a melhor densidade a ser utilizada nos currais dos frigoríficos para diminuição da quantidade de hematomas e melhoria do pH final nas carcaças.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. **Estatísticas**: balanço da pecuária. Associação Brasileira de Indústrias Exportadoras de Carne. 2015. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/texto.asp?id=8>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

BERGSTEN, C.; TELEZHENKO, E.; VENTORP, M. Importance of soft and hard flooring system for claw conformation, locomotion, claw and leg health in heifers and first calvers. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR ANIMAL HYGIENE (ISAH), 14., 2009, Vechta. **Proceedings...**

BOE, K. E.; ANDERSEN, I. L.; BUISSON, L.; SIMENSEN, E.; JEKSRUD, W.K. Flooring preferences in dairy goats at moderate and low ambient temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v.108, p.45-57, 2007.

BOYLE, L. A.; MEE, J. F.; KIERNAN, P. J. The effect of rubber versus concrete passageways in cubicle housing on claw health and reproduction of pluriparous dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v.106, p.1-12, 2007.

BRASIL (1952). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto-Lei nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 07 jul. 1952. Available at: <http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2015.

BROOM, D. M. Animal welfare: an aspect of care, sustainability, and food quality required by the public. **Journal of Veterinary Medical Education**, Washington, v.37, p.83-88, 2010.

COCKRAM, M. S. Some factors influencing behaviour of cattle in a slaughterhouse lairage. **Animal Production**, Edinburg, v.50, p.475–481, 1990.

CONCEIÇÃO, A. Impacto da pecuária bovina – Parte1. **Agencia de Noticias de Direitos Animais**, 2009. Disponível em: <<http://www.anda.jor.br/29/06/2009/impacto-da-pecuaria-bovina>>. Acesso em 25 nov. 2015.

CRUZ, W. **Pegada hídrica**. Blog Maestro#Carreira. 2013. Disponível em: <<http://maestrocarreira.com.br/profiles/blogs/pegada-hidrica>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

ELDRIDGE, G. A.; WINFIELD, C.G. The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 28, n. 6, p. 695-698, 1988.

FAERVIK, G.; ANDERSEN, I. L; BOE, K. E. Preferences of sheep for different types of pen flooring. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v. 90, p. 265-276, 2005.

FRASER, D. Understanding animal welfare. **Acta Veterinaria Scandinavica**, London, v. 50, Suppl. 1, 2008.

HUZZEY, J. M.; DEVRIES, T. J.; VALOIS, P.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Stocking Density and Feed Barrier Design Affect the Feeding and social behavior of dairy cattle. **American Dairy Science Association**, Savoy, v. 89, p. 126-133, 2006

KREMER, P. V.; NUESKE, S.; SCHOLZ, A. M.; FOERSTER, M. Comparison of claw health and milk yield in dairy cows on elastic or concrete flooring. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 90, p. 4603-4611, 2007.

NORBERG, P. **Effects of rubber alley flooring on cow locomotion and welfare**. 2012. 53f. Degree project (Second cycle, A2E) – Uppsala: Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, 2012.

PAULI, P. Sem medo de se abrir. **VEJA**, São Paulo, v. 41, p. 68-71, 2015.

STOCKMAN, C. A.; COLLINS, T.; BARNES, A. L.; MILLER, D.; WICKHAM, S. L.; BEATTY, D. T.; BLACHE, D.; WEMELSFELDER, F.; FLEMING, P. A. Flooring and driving conditions during road transport influences behavioural expression of cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v.143, p.18-30, 2013.

SUA PESQUISA. **Sustentabilidade**. 2015. Disponível em: <<http://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/sustentabilidade.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

TARRANT, P. V.; KENNY, F. J.; HARRINGTON, D. The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. **Meat Science**, Amsterdam, v.24, n.3, p.209- 222, 1988.

TARRANT, P. V.; KENNY, F. J.; HARRINGTON, D.; MURPHY, M. Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density and physiology, behaviour and carcass quality. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.30, n.3, p.223-238, 1992.

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

VANEGAS, J.; OVERTON, M.; BERRY, S. L.; SISCHO, W. M. Effects of rubber flooring on claw health in lactating dairy cows housed in free-stall barns. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.89, p.4251-4258, 2006.

WATERHOUSE, A. Animal welfare and sustainability of production under extensive conditions – A European perspective. **Applied Animal Behaviour Science**, New York, v.49, p.29-40, 1996.

CHAPTER 2 - Effects of different flooring types in lairage on beef cattle behavior and carcass quality¹

Stavros P. Tseimazides ^{a,*}

Pedro Alves de Souza ^a

Hirasilva Borba ^a

^a Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

* Corresponding author at: Rua Copacabana, 242, AP 21, Bairro Guilhermina, CEP 11701-670, Praia Grande, São Paulo, Brasil. Phone.: +5513 3357 3465; cel.: +5514 99770 1100. E-mail addresses: stavros@sbctraining.com.br, tseimazides@yahoo.com.br (S. P. Tseimazides).

ABSTRACT

This study evaluated how different types of flooring (sugarcane residue, rubber matting, and concrete) affected cattle behavior in the slaughterhouse during 10 hours before slaughtering, carcass quality, and the economic aspects of different floorings. Regarding behavioral aspects (percentage of animals lying down), sugarcane was the best bedding for the animals while rubber matting and concrete, the usual flooring, were not significantly different. On the other hand, the animals fought and mounted less on concrete flooring. We also found that the behavioral benefit of sugarcane residue did not reflect on the quality of the carcass (ultimate pH and number of bruises), and was economically disadvantageous compared to concrete. We concluded that using bedding in lairage, when animals stay overnight in the slaughterhouse, is not economically or technically advantageous for commercial slaughtering plants in Brazil.

Keywords

Bovine; male; pH; slaughterhouse; water consumption; welfare

¹ Artigo submetido para a revista *Meat Science*.

1. Introduction

Currently, animal welfare in the pre-slaughter period is getting more attention and concern from people (European Commission, 2007; Grandin, 2014; Velarde, & Dalmau, 2012). European Legislation requires that animal suffering is kept to a minimum when under our care and taken from their usual rearing place to the slaughterhouses. These requirements must be followed when exporting meat to that market.

According to Brazilian legislation (Brasil, 1952), animals must arrive in the slaughterhouse 12 to 24 hours before slaughtering to eliminate gastrointestinal residues. In case of short distance transport (less than 2 hours), the time can be reduced to minimum 6 hours, not less than this. The requirement for overnight stay in the slaughterhouse is a food safety issue since the longer the periods without food, the lesser the gastro contamination problems. According to Brazilian animal welfare regulation (Brasil, 2000), this time cannot exceed 24 hours. Otherwise, moderate amount of food at appropriate intervals must be provided. In Brazil, the biggest concern has always been the food safety for humans, but in recent years, veterinaries have realized that most of the times, animals are not fed for a few hours in the farm before being loaded into the truck. Therefore, the period in the slaughterhouse is used to recover energy from the journey rather than to eliminate gastrointestinal residues.

In Brazil, the majority of the animals stay overnight in lairage and according to the European regulation, the lairage must have an appropriate amount of bedding or equivalent material to ensure a certain level of comfort (Council Regulation (EC) No 1099/2009 — see Europe website summaries for more details: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1099&from=EN>). It is known that slaughterhouses receive animals from different farms, being necessary to clean up all holding pens after animals leave the place, as they bring on their skin and intestines pathogens like *Escherichia coli* and *Salmonella* (Reid, Small, Avery, & Buncic, 2002; Small et al., 2007). Brazil has been facing a serious hydric crisis, and therefore, it has become very important to take into account sustainability parameters like water consumption when deciding the best flooring option for animal lairage.

To this end, this study evaluated how different types of flooring in the slaughterhouse influence behavior, carcass quality and determined the sustainability parameters that can be used to decide whether to endorse, or not, the necessity described in Annex III, point 1.2. (Council Regulation (EC) No 1099/2009) about bedding for all animals that stay in lairage.

2. Materials and methods

The data were collected in Marfrig Global Foods, Promissão (São Paulo, Brazil). This slaughterhouse follows the national legislation about food safety and animal welfare. A special authorization was granted by the federal veterinary service to use different types of flooring for this experiment only.

2.1. Flooring

Concrete floor is the standard in slaughterhouses in Brazil. Concrete was compared to rubber matting and sugarcane residue fiber by determining the quality parameters, carcass bruises and ultimate carcass pH (pH_u), to assess animal behavior in lairage.

Three 85-m² pens designed in a herringbone fish shape were used (one for each treatment), with total capacity for maximum 34 animals (2.5 m²/animal) following Brazilian recommendation. As each trial had from 69 to 102 animals per batch, they were divided equally varying from 23 to 34 animals.

In treatment 1 (T1), the entire floor was covered with 650 kilograms of sugarcane residue per trial, forming a layer at least 3 cm deep.

In treatment 2 (T2), 120 x 80 cm gray mats made with rubber were distributed over the pen surface, covering the entire concrete floor. The rubber mattings had non-slippery surfaces.

The control treatment (T3) consisted of the usual concrete floor, with non-slippery structures at the pen entrance and exit. Figure 1 shows the pens before the trial, ready to receive the animals.



Figure 1. Pens before the trial ready to receive the animals

In all treatments, the floor was cleaned up after each trial, following the national legislation (Brasil, 1952).

2.2. Sample collection

The 11 trials were submitted to the same conditions, differing only regarding the flooring in pens. All animals used in the trials were male. Each trial was considered as a block in the statistical analysis. Each block had animals from just one farm, raised together in the same group, but they were transported by different driver/ truck. To minimize the effect of different driver/truck, when the animals arrived at slaughterhouse, they were put together again in one pen and then divided into three treatments. Because the number of animals could not always be divided equally, the results were transformed to percentage. The maximum difference among the groups was 2 animals.

The animal behavior was observed by two trained persons: one in charge of continuous observation of events (all activity behaviors, of short duration, were

recorded while the animals were being watched) and the other one in charge of “scan observation” (recording the behaviors of the group).

During 11 days, the observations started 5 minutes after the animals were placed in lairage and finished 10 hours later, totaling 1,320 observations. The 10-hour period was divided into five 2-hour periods to assess behavior changes during the trial. Depending on the travel distance and the time when the animals were loaded on the farm, the data started to be collected at different times in the trials, varying from 1:45 pm (the earliest) to 7:35 pm (the latest).

The slaughterhouse started slaughtering the animals at 6:00 am the next day. As workers started to move around in the lairage a few minutes before the slaughtering, the movements could interfere with behavior results. To guarantee 10 hours observation, plus 25 minutes before slaughtering, 7:35 pm was defined as the latest time to start data collection.

During this time, events of mounting, eating (for sugarcane residue fiber), drinking and fighting were annotated continuously. Every time one animal tried to mount over another was considered as mounting. Eating was evaluated only for the sugarcane residue treatment, as the material used as bedding is also used to feed the animals. Every time the animal put the head down into the water tank was considered as drinking. One animal hitting its head against another animal was considered as fighting.

Scan observation was performed every 15 minutes to evaluate posture of the animals (standing or lying down), sleeping and ruminating. The number of animals in each position was counted and transformed into percentage since the number of animals per pen varied. When animals were lying down with their heads over their bodies was considered sleeping. During the scan observation, floor temperature was measured (in Celsius) using an infrared thermometer (AKSO, model AK30, Brazil). The air temperature and humidity were measured using digital electronic maximum/minimum thermometer (Incoterm, model 7427.02.0.00, Brazil), to determine the Temperature Humidity Index (THI). The THI determines whether the

animal is under no ($THI < 72$); mild ($72 \leq THI \leq 79$); or severe ($THI > 79$) heat stress, according to Wiersma (1990).

On slaughtering day, approximately 50% of animals, from each treatment, were sent to slaughter, always starting by sugarcane residue treatment, followed by rubber matting and concrete floor. The second half of animals were sent in the same sequence. This procedure was done to minimize the effect of animals waiting in the pen.

2.3. Bruise

The evaluation of bruises on the carcasses was made using the criteria established by Aus-Meat (2010). Aus-Meat defines as serious, any bruise on the muscular tissue at least 2 cm deep or 10 cm diameter (or equivalent area) except for bruises on the striploin (*Longissimus*), which are always classified as serious, no matter how large and/or deep the bruise may be.

Two adaptations were made to the methodology. The first, only recent bruises were counted, which according to Gracey, & Collins (1992) are those very red and with blood. The second, the Aus-Meat disregards the flank “region 5” when bruises are present; however, we accounted for the bruises in this region since the cuts from this part of the carcasses are economically important. Figure 2 shows the regions evaluated on the carcasses.

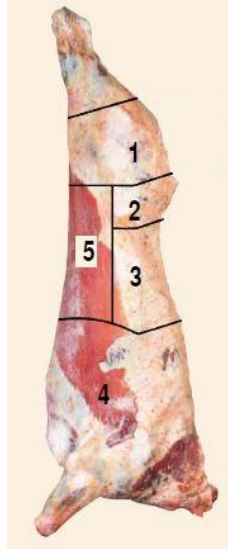


Figure. 2. Regions of the bovine carcass according to adapted Aus-Meat (2010) classification

These evaluations were carried out on 2,050 half carcasses in the slaughtering line. After skinning the animal, the sequential number of each animal, location and number of serious bruises (when it happened) were recorded.

2.4. Carcass pH

All animals slaughtered on the same day were chilled in the same chamber for 24 hours. After 24 hours, pH measurements were carried out on the *Longissimus thoracis* muscle (pH_u), in the region between the 12-13th rib, on both sides of each carcass, using the digital pH meter (Mettler-Toledo, Model 1140, Switzerland). A total of 1,852 half carcasses (left or right) from 931 animals was measured. Ten animals had just one side measured.

2.5. Sustainability

The amount of water used to wash the pens after each trial was determined. To this end, the time spent to wash each pen was measured, as well as the time needed to fill a 50-liter container. Knowing the water flow (liters/second), we estimated the quantity of water used to wash each pen.

In addition, for the sugarcane residue treatment, the time spent by one person to sweep the residue before washing the pen was also measured. The sweeping beforehand was necessary to decrease the amount of water used to wash the pen afterward.

3 - Statistical Analysis

The effect of flooring type on behavior, quantity of bruises and pH_u was analyzed by the least-squares method (Harvey, 1960) using the Statistical Analysis Software (SAS) system (Version 9,2, SAS Institute INC., Cary, NC). Behavior data was normalized before analysis.

The means were compared by Tukey test, and the following statistical model was used to verify behavior measurements:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + D_j + I_{ij} + H_k + I_{ik} + I_{jk} + e_{ijkl};$$

where: Y_{ijkl} = observation, μ = expected value of y, F_i = Effect of flooring type (i=concrete, rubber matting and sugarcane residue fiber), D_j = Effect of data collection date (j=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11), I_{ij} = interaction between flooring type x data collection date, H_k = Effect of observation period (k=1, 2, 3, 4, 5), I_{ik} = interaction between flooring type x observation period, I_{jk} = interaction between data collection date x observation period, e_{ijkl} = residual error

The bruises and pH_u means were compared by Tukey test and the following statistical model was used:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + D_j + I_{ij} + S_k + I_{ik} + I_{jk} + e_{ijkl} ;$$

where: Y_{ijkl} = observation, μ = expected value of y , F_i = Effect of flooring type (i =concrete, rubber matting and sugarcane residue fiber), D_j = Effect of data collection date (j =1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11), I_{ij} = interaction between flooring type x data collection date, S_k = Effect of carcass side (l =right, left), I_{ik} = interaction between flooring type x carcass side, I_{jk} = interaction between data collection date x carcass side, e_{ijkl} = residual error.

4 - Results

4.1. Behavior

This study evaluated the different behaviors of animals in lairage covered with different flooring types. During the observation period, animals in pens covered with sugarcane residue seemed to lie down more than the animals in pens with rubber or concrete flooring. It was interesting to realize that animals behaved similarly in pens covered with rubber matting and concrete flooring. Table 1 shows the means, standard errors and P value for the evaluated behaviors according to different flooring types.

Table 1. Percentage and frequency of behavior studied (mean $\pm$ standard error) for different floorings.

Behavior	Sugarcane residue	Rubber Matting	Concrete	P-value
<i>Lying down</i>				
% animals	15.81 $\pm$ 0.55 ^A	10.19 $\pm$ 0.55 ^B	10.79 $\pm$ 0.55 ^B	0.0191
<i>Ruminating</i>				
% animals	6.48 $\pm$ 0.26 ^A	6.29 $\pm$ 0.26 ^A	6.35 $\pm$ 0.26 ^A	0.9084
<i>Mounting</i>				
average/animal	1.11 $\pm$ 0.08 ^A	1.17 $\pm$ 0.08 ^A	0.59 $\pm$ 0.08 ^B	<0.0001
<i>Fighting</i>				
average/animal	1.41 $\pm$ 0.06 ^A	1.51 $\pm$ 0.06 ^A	0.59 $\pm$ 0.06 ^B	<0.0001
<i>Access to water</i>				
average/animal	0.52 $\pm$ 0.03 ^C	0.93 $\pm$ 0.03 ^A	0.70 $\pm$ 0.03 ^B	<0.0001

A-C, means with different letters in the same row are significantly different

4.1.1. Lying behavior

This behavior was significantly different for animals housed in pens covered with sugarcane residue bedding compared to rubber matting and concrete floor. There was no difference between concrete and rubber matting.

After 6 hours, the animals showed more intention to lie down (Table 2). There was a significant difference ($P < 0.05$) among the percentage of animals that lay down at the end of observation time, compared to the percentage of animals that remained in the same position as when they arrived in the slaughterhouse.

Table 2. Percentage of animals that were lying down during the observation period

Lying behavior	% of animals
0 – 2 h observation	11.20 $\pm$ 0.70 ^A
2 – 4 h observation	11.82 $\pm$ 0.70 ^A
4 – 6 h observation	8.97 $\pm$ 0.70 ^A
6 – 8 h observation	13.84 $\pm$ 0.70 ^B
8 – 10 h observation	15.46 $\pm$ 0.70 ^B

A-B, means with different letters in the same row are significantly different

4.1.2. Rumination behavior

Rumination is an important behavior indicative of animal welfare. However, it is not very common to observe this behavior in the slaughterhouse. Rumination was not significantly different among the three floorings during the observation times. This behavior was observed in $6.37 \pm 0.26\%$ of animals ($P=0.9084$).

4.1.3. Mounting and fighting behaviors

During 10 hours of observation, the number of times that animals tried to mount on another animal and the number of times one animal hit another with the head or horn were also evaluated. These behaviors can result in falls and bruises. Both behaviors were less frequent in animals that were placed on the concrete flooring. Our results showed that bedding usage increased agonistic behavior.

4.1.4. Access to water

The number of times that the animals accessed water in lairage varied according to the three floorings. Animals housed in pens with rubber matting accessed water more often than animals housed on concrete flooring. Lastly, animals housed on sugarcane residue bedding accessed the water less often than the others did.

4.2. Carcass quality

The number of bruises and pH_u after 24 hours in the chilling chamber are routine measurements in the slaughterhouse, and can influence the profits of the industry greatly.

4.2.1. Bruises

The number of bruises was not significantly different between floorings. The number of bruises found was very small, being impossible to infer whether the differences found were caused by the flooring. On average, each half carcass had 0.23 ± 0.02 , 0.20 ± 0.02 and 0.27 ± 0.02 bruises for sugarcane residue, rubber matting, and concrete, respectively ($P=0.1985$).

In general, the number of bruises on the carcasses was low compared to the reality in South America, where the average of animals bruised is about 55% (Andriolli, 2013, Huertas et al., 2003). It was also much lower than studies that have reported problems with carcasses (injuries) in more than 90% of the animals (Andrade, & Coelho, 2010; Andrade et al., 2008; Morais, 2012). This study was conducted in a slaughterhouse recognized in Brazil and abroad for its animal welfare-handling program that can result in better quality carcasses.

4.2.2. Carcass pH

The measurements were performed during normal production. Therefore, we measured all half carcasses that entered the cutting room. The pH_u measurements were 5.76 ± 0.01 , 5.79 ± 0.01 and 5.78 ± 0.01 for sugarcane residue, rubber matting, and concrete flooring, respectively. The results were not significantly different among treatments $P=0.4469$.

The results fulfilled the requirements of two important Brazilian markets, Chile and the European Union, which accept imported meat with a maximum pH_u of 5.80 and 6.00, respectively (Table 3). When pH_u is higher than 6.00, the carcass would have to be distributed in the domestic market.

Table 3. Percentage of animals within each pH_u range (mean ± standard error) according to floorings.

Flooring	Total Animals Evaluated	% Animal pH < 5.80	% Animal pH ≥ 5.80 and < 6.00	% Animal pH ≥ 6.00
Sugarcane Residue	313	62.94 ± 0.03 ^A	30.99 ± 0.03 ^A	6.07 ± 0.01 ^A
Rubber Matting	310	58.71 ± 0.03 ^A	33.23 ± 0.03 ^A	8.06 ± 0.02 ^A
Concrete	308	60.06 ± 0.03 ^A	32.47 ± 0.03 ^A	7.47 ± 0.01 ^A

A, means with different letters in the same row are significantly different

Although the results for sugarcane residue bedding showed a greater percentage of animals with pH eligible to export to the European Union, this difference was not significant (P=0.6140).

4.3. Sustainability

The amount of water used to clean the pens were 21.08, 19.56, and 17.44 liters/m² for sugarcane residue bedding, rubber matting, and concrete flooring, respectively. Therefore, 21% and 12% more water was used to clean the pen with sugarcane residue bedding and rubber matting, respectively, compared to concrete, which is the most economical.

In addition, the pens covered with sugarcane residue had to be previously swept. The time spent by one employee to sweep the residue was 70 seconds/m². Assuming that 1,000 animals/day are slaughtered, at least 2,500/m² of lairage available for the animals is needed (Brazilian recommendation requires at least 2.5 m²/animal). Currently, 6 employees working 8h/day/each, and approximately 19 tons of sugarcane residue/day are necessary to cover all lairage. This would result in an increase of production costs of approximately US\$19.14/animal slaughtered. Furthermore, this new technique would produce a considerable amount of residue that would need to be disposed of, causing a great environmental concern.

4.4. Meteorological conditions

Because the animals traveled different distances from the farms to the slaughterhouse on different days, the trials started at different times after the animals were placed in lairage; in such a way, that the covered observation period was always 10 hours. Therefore, in the period, the temperatures ranged from 6.6 to 38.0°C (Table 4), air humidity from 24 to 90% and floor temperature from 9.2 and 36.6°C. However, all treatments were submitted to the same environmental conditions differing only regarding flooring temperature (Table 5). The temperature and humidity data showed that most of the experimental behavior observation was conducted under no stress (79.09% of the time). Mild heat stress occurred in 15.68% and severe heat stress only in 5.23% of situations.

Table 4. Average temperature along the observation period (mean $\pm$ standard error) and access to water (events per animal)

Observation period	Degree °C	Water consumption
0 – 2 h observation	24.02 $\pm$ 0.08 ^A	1,05 $\pm$ 0,04 ^A
2 – 4 h observation	21.84 $\pm$ 0.08 ^B	0,89 $\pm$ 0,04 ^A
4 – 6 h observation	20.59 $\pm$ 0.08 ^C	0,71 $\pm$ 0,04 ^B
6 – 8 h observation	19.62 $\pm$ 0.08 ^D	0,53 $\pm$ 0,04 ^C
8 – 10 h observation	19.05 $\pm$ 0.08 ^E	0,41 $\pm$ 0,04 ^C

A-E, means with different letters in the same row are significantly different

Table 5. Temperature for different flooring types (mean $\pm$ standard error)

Flooring types	Average temperature (°C)
Sugarcane Residue	20.31 $\pm$ 0.06 ^C
Rubber Matting	21.14 $\pm$ 0.06 ^B
Concrete	21.61 $\pm$ 0.06 ^A

A-C, means with different letters in the same row are significantly different

5. Discussion

5.1. Behavior

In the literature, many studies report positive improvement when some bedding was provided for the animals (Kremer, Nueske, Scholz, & Foerster, 2007, Norberg, 2012, Platz, Ahrens, Bendel, Meyer, & Erhard, 2008, Vanegas, Overton, Berry, & Sischo, 2006). Haley, de Passillé, & Rusher (2001) found that cows spent more time lying down on bedded flooring than on concrete flooring. The same behavior was observed in this study for sugarcane residue but not for rubber matting. Hultgren (2001) reported that dairy cows spent more time lying down on rubber matting compared to concrete flooring. All experiments with dairy cows were conducted in closed places, different from this study that was conducted in the slaughterhouse. We believe that this difference can be explained by the high air temperature in almost all trials because rubber matting and concrete can absorb more the heat. Because the temperature was higher on the rubber matting and concrete compared to the sugarcane residue, the cattle spent more time standing than lying down.

De Palo, Tateo, Zezza, Corrente, & Centoducatti (2006) reported that dairy cows spent less time lying down in high THI (severe stress). However, the cows lay down more on wood shaving bedding compared to other surfaces tested, probably because this surface is colder than the others. We observed severe stress in only 5.23% of the time and therefore, the results differed from those reported by De Palo et al. (2006).

The water was accessed more often soon after the animals arrived in the slaughterhouse, decreasing during the period. This result is because they probably drank enough as soon as they arrived, flooring temperature decreased, and they spent more time lying down.

Fighting and mounting considered agonistic behaviors decreased on concrete flooring compared to sugarcane residue and rubber matting. A possible explanation for this result can be that animals look for water and do not lie down to rest in pens

with concrete flooring. Therefore, the less agonistic behaviors are a way of saving energy.

5.2. Carcass Quality

The presence of bruises on carcasses allow inferring that something went wrong during the pre-slaughter handling. It is well known (Bertoloni, Silva, & Abreu, 2012, Gruber et al., 2010, Tseimazides, 2006) that, when the animal is hurt during this period, the bruises do not disappear before slaughtering and meat production. We hypothesized that animals would lie down longer on floorings that are more comfortable and fight and mount less and, consequently, would have fewer bruises and lower ultimate pH_u. However, this hypothesis was not confirmed by the difference in number of bruises on carcasses nor pH_u. The animals that were in lairage with sugarcane residue flooring lay down more, but they also fought and mounted more. The study was conducted at almost full capacity in each pen to reproduce a normal day in the slaughterhouse. The animals that lay down more on sugarcane residue bedding had less time to fight and mount; however, after resting, they fought and mounted more than the animals housed on concrete floor.

Taking into account that the European Union requires to provide bedding for animals in lairage in the slaughterhouse and meat pH_u should be below 6.00, Table 3 shows that there is no difference for the three flooring types. When we evaluated the percentage of carcasses with the pH eligible to export to Europe, sugarcane had the best results followed by concrete and rubber matting, but none with significant difference. This result shows that this procedure did not bring benefits to the meat industry.

5.3. Sustainability

In addition to animal welfare, sustainability is important nowadays for factories and consumers. From this viewpoint, it is very important to take in account the water

utilization, disposal of the residues from factories that slaughter animals and labor force used during the production.

During the experiment, we evaluated some parameters to identify the best recommendation of flooring types taking in account not only animal welfare and carcass quality but also sustainability.

In Brazil, all pens must be cleaned up after animals leave to be slaughtered. All structure facilities were prepared to receive just feces from the animals that stayed overnight. The use of sugarcane residue required the sweeping before washing; otherwise, the residue could clog the pipelines during the washing. For this reason, so much time and labor force was spent sweeping the pens, and some residues remained even after the sweeping, making the washing more difficult. The rubber matting also required more water to clean than the concrete flooring because the non-slippery structure of the rubber makes cleaning more difficult.

At the end of the study, concrete flooring was the easiest to clean up, using less water than the other types of flooring, spending less time and labor force to prepare the pens to receive the animals, and clean up after they had left. These points, besides the environmental aspect, are an important economic issue, as they help the industry to save money.

6. Conclusion

The results allow concluding that animal behavior improved since lying down increased for sugarcane residue flooring compared to rubber matting and concrete; however, fighting and mounting behaviors were worse for these floorings compared to concrete. On the other hand, no significant differences were observed for the number of muscular bruises and carcass pH. It is, therefore, possible to infer that the behavior improvement (higher percentage of animals lying down) seen in the lairage, do not reflect on carcass quality.

The cleaning up of the lairage when bedding was used was a major issue since labor force increased, costs went up, and water consumption increased as well.

The results show that concrete flooring is the best option from the viewpoint of the industry (higher profits) and sustainability (better water usage). Furthermore, the use of soft bedding, such as sugarcane residue, increased the percentage of animals lying down.

7. Acknowledgements

The authors would like to thank the Marfrig Group for allowing us to run the experiment on site, all people that helped to organize the experiment and data collection (special thanks to Bruno Gouveia Vicente, Karine Lopes Pinto and Cicero Leandro de Sousa) and the Veterinary Federal Service nº2543.

8. References

- Andrade, J., & Coelho, H. E. (2010). Ocorrência de contusões em carcaças bovinas e suas perdas econômicas. Cadernos de Pós-Graduação da FAZU. Accessed on: 14th Oct. 2015: <<http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/332/238>>.
- Andrade, E. N., Silva, R. A. M. S., Roça, R. O., Silva, L. A. C., Gonçalves, H. C., & Pinheiro, R. S. B. (2008). Ocorrência de lesões em carcaças de bovinos de corte no Pantanal em função do transporte. *Ciência Rural*, 38, 1991-1996.
- Andriolli, C. (2013). Brasil perde 10 milhões de quilos de carne por ano por conta de lesões. Available at: <<http://ruralcentro.uol.com.br/analises/brasil-perde-10-milhoes-de-quilos-de-carne-por-ano-por-conta-de-lesoes-3534>>. Accessed on: 14th Oct. 2015.
- Aus-Meat Limited (2010). *Beef & Veal Language*. South Brisbane, 4p.
- Bertoloni, W., Silva, J. L., & Abreu, J. S. D. L. (2012). 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.

Brasil (1952). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto-Lei nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 07 jul. 1952. Available at: <http://www.agricultura.gov.br/arg_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf>. Accessed on: 6th Apr. 2015.

Brasil (2000). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Available at: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=detalharAtosArvore&tipo=INM&numeroAto=00000003&seqAto=000&valorAno=2000&orgao=SDA/MAPA&codTipo=&desItem=&desItemFim=#>>. Accessed on: 6th Apr. 2015.

Council Regulation (EC) 1099/2009. Dated September 24, 2009 on the protection of animals at the time of killing.

De Palo, P., Tateo, A., Zezza, F., Corrente, M., & Centoducatti, P. (2006). Influence of Free-Stall Flooring on Comfort and Hygiene of Dairy Cows During Warm Climatic Conditions. *Journal of Dairy Science* 89, 4583-4595.

European Commission (2007). Attitudes of consumers towards the welfare of farmed animals — Wave 2. Special Eurobarometer 229(2)/Wave 64.4 — TNS Opinion & Social, in: http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/survey/sp_barometer_fa_en.pdf.

Gracey, J. F., & Collins, D. S. (1992). *Meat Hygiene*. Bailliere Tindall.

Grandin, T (2014). Animal welfare and society concerns – finding the missing link. *Meat Science*, 98(3), 461-469.

Gruber, S. L., Tatum, J. D., Engle, T. E., Chapman, P. L., Belk, K. E., & Smith, G. C. (2010). Relationship of behavioral and physiological symptoms of preslaughter stress on beef longissimus muscle tenderness. *Journal of Animal Science*, 88, 1148-1159.

Haley, D. B., de Passillé, A. M., & Rusher, J. (2001). Assessing cow comfort: Effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 71, 105-117.

Harvey W. R. (1960). Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. Beltaville: USDA, p177.

Huertas, S., Gil, A., Zaffaroni, R., De Freitas, J., Cernicchiaro, N., Suanes, A., Vila, F., Piaggio, J., Nuñez, A., & Pullen, M. (2003). Presence of bruises in cattle slaughtered in Uruguay. In: International congress in animal hygiene.

Hultgren, J. (2001). Effect of two stall flooring systems on the behaviour of tied dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 73, 167-177.

Kremer, P. V., Nueske, S., Scholz, A. M., & Foerster, M. (2007). Comparison of claw health and milk yield in dairy cows on elastic or concrete flooring. *Journal of Dairy Science*, 90, 4603-4611.

Morais, H. R. (2012). Contusões e pH de carcaças de bovinos transportados por diferentes distâncias no verão e inverno. 2012. 35f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Uberlândia.

Norberg, P. (2012). Effect of rubber alley flooring on cow locomotion and welfare. Degree project 380 30 credit A2E-level, Uppsala, 53p.

Platz, S., Ahrens, F., Bendel, J., Meyer, H. H. D., & Erhard, M. H. (2008). What happens with cows behavior when replacing concrete slatted floor by rubber coating: A case study. *Journal of Dairy Science*, 91, 999-1004.

Reid, C. A., Small A., Avery, S. M., & Buncic, S. (2002). Presence of foodborne pathogens on cattle hides. *Food Control*, 13, 411–415.

Small, A., James, C., Purnell, G., Losito, P., James, S., & Buncic, S. (2007). An evaluation of simple cleaning methods that may be used in red meat abattoir lairages. *Meat Science*, 75, 220-228.

Tseimazides, S. P. (2006). Efeitos do transporte rodoviário sobre a incidência de hematomas e variações de pH em carcaças bovinas. 2006. 60f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Vanegas, J., Overton, M., Berry, S. L., & Sisco, W. M. (2006). Effect of Rubber Flooring on Claw Health in Lactating Dairy Cows Housed in Free-Stall Barns. *Journal of Dairy Science*, 89, 4251-4258.

Velarde, A., & Dalmau, A. (2012). Animal welfare assessment at slaughter in Europe: moving from inputs to outputs. *Meat Science*, 92, 244-251.

Wiersma F. (1990). Temperature-humidity index table for dairy producer to estimate heat stress for dairy cows, Department of Agricultural Engineering, The University of Arizona, Tucson.

CAPÍTULO 3 – Effect of lairage stocking density on the number of bruises and ultimate pH in beef cattle¹

Stavros P. Tseimazides ^{a,*}

Pedro Alves de Souza ^a

Marcos Chiquitelli-Neto ^b

Hirasilva Borba ^a

^a Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP 14884-900 Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

^b Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Engenharia – FEIS, Avenida Brasil 56, CEP 15385-000 Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

* Corresponding author at: Rua Copacabana, 242, AP 21, Bairro Guilhermina, CEP 11701-670, Praia Grande, São Paulo, Brasil. Phone.: +5513 3591 5796; cel.: +5514 99770 1100. E-mail addresses: stavros@sbctraining.com.br, tseimazides@yahoo.com.br (S. P. Tseimazides).

ABSTRACT

The present study seeks to estimate the regression equations that best describe the lairage stocking density of beef cattle in the slaughterhouses during the rest period before slaughtering. To this end, two parameters were evaluated: the bruises on carcasses and ultimate pH. The data were collected during 26 slaughter days in a commercial slaughterhouse in Brazil that had 19 pens in the lairage. The correlations between each parameter studied (m^2/animal or $\text{kg LW}/\text{m}^2$) with bruises, and ultimate carcass pH (pH_u) were estimated. Besides these correlations, equations were developed to best predict the number of bruises in the carcasses and the best pH_u . We found weak correlations between all parameters and number of bruises and pH_u . The largest R^2 found was less than 0.06. These results led to the conclusion that the stocking density in the lairage, before slaughter, does not affect the number of bruises and pH_u .

Keywords

Beef cattle; bruise; lairage conditions; pH

¹ Artigo submetido para a revista *Meat Science*.

1. Introduction

It is well known that the pre-slaughter handling greatly affects carcass bruises and ultimate pH (pH_u) after chilling for 24 hours (Devine et al., 2006; Fisher, Colditz, Lee, & Ferguson, 2009; Ferguson et al., 2001; Ferguson, & Warner, 2008; Gregory, 2009; Hoffman, & Lühl, 2012; Romero, Uribe-Velásquez, Sánchez, & Miranda-de la Lama, 2013; Strappini, Frankena, Metz, Gallo, & Kemp, 2010, Tarrant, Kenny, & Harrington, 1988). Pre-slaughter handling takes place 24 hours before the slaughter itself, starting in the farm and ending at the slaughterhouse.

Tseimazides (2006) developed an equation, $LL = 0.01 \times LW^{0.63}$ linear meters/animal, to estimate the ideal cattle transport density, based on truck's linear length (LL) and animal live weight (LW). It was also concluded that varying the recommended densities during transport can affect number of bruises and pH.

There are several studies in the literature evaluating the animal handling in slaughterhouses around the world. The comparison of Claudio (2012) and Almeida (2005) results for the same slaughterhouse, but some years apart, showed that as cattle handling improved, the number and gravity of bruises decreased. Grandin (2000) observed that after major fast food company started auditing slaughterhouses, the scores improved in a large percentage of them in the period between 1996 and 2000.

However, one important point, beef cattle stocking density in lairage (Weeks, 2008) has not yet been thoroughly elucidated. In 2013, the Farm Animal Welfare Council (FAWC) advised the Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) that the Government should publish guidelines for space allowance urgently. Furthermore, Council Regulation (EC) n°1099/2009 determines that slaughterhouses must specify the number of animals that can be stocked but there is no specification regarding the minimum space allowance in animal lairage.

Because there is no recommended stocking density specific for lairage, Weeks (2008) suggested using the stocking densities recommended for cattle transportation and in the farm, such as those described by FAWC (1991), Randal (1993), New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry (2003), and Tseimazides

(2006). However, these recommendations needed to be adjusted to climatic and environmental conditions.

The objective in this research is to estimate regression equations capable of determining the optimum stocking density of beef cattle in the slaughterhouse lairage, taking into account bruises on carcasses and pH_u (after 24 hours in a chilling chamber).

2. Materials and Methods

The data were collected during 26 slaughtering days, between June 2nd and July 14th, 2014, during commercial operation in the Marfrig Global Foods, in Promissão, SP, Brazil. The average temperature during the period varied between 18° and 23°C. The income cattle originated from 79 different bovine farms. The truck drivers transporting the cattle were trained on animal welfare during transportation and delivery of the animals to the slaughterhouse. The trucks were weighed before and after the animals were unloaded, to determine cattle average live weight, and each animal was assigned a pen to stay overnight. This slaughterhouse operates according to the national legislation on animal welfare (Brasil, 2000) and food safety (Brasil, 1952), which determines that animals must stay in the lairage between 12 and 24 hours before slaughtering. During this resting period, only water was supplied. However, the animals, which have not been slaughtered within 24 hours upon arrival, should be fed, and subsequently given moderate amounts of food at appropriate intervals.

The lairage had nineteen pens, with 50% shaded area and non-slippery concrete flooring. Water was always available. The pen areas were different and varied from 75 to 165 m².

2.1. Parameters

Two different variables were studied for each animal. The first variable was the most common in Brazil, the space allowance in square meters per animal. The

Brazilian technical standards recommend space allowance of 2.5 m²/animal. The second variable was live weight in kilograms per square meter (kg LW/m²).

2.2. Bruise

The number of bruises on the carcasses were evaluated following the criteria established by Aus-Meat (2010). Any bruise on the muscular tissue that is at least 2 cm deep or 10 cm in diameter (or equivalent area) is classified as serious. However, bruises on the striploin (*Longissimus*) are always classified as serious, no matter how large and/or deep the bruise may be.

The used methodology was adapted. The first adaptation consisted of counting only recent bruises, which are characterized by a bright red color and with blood according to Gracey & Collins (1992). The second, the flank known as “region 5” was also evaluated since the cuts that come from this part of carcasses are economically important. Figure 1 shows the evaluated regions on the carcasses.

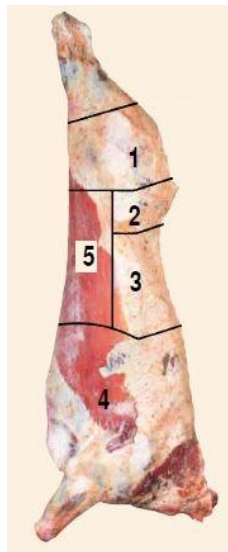


Figure 1. Regions of the bovine carcass according to Aus-Meat (2010) classification (adapted).

These evaluations were carried out at the end of the slaughter line every day by the same qualified technician. The technician recorded the sequential number of each animal and, when present, the bruise location using a computerized system.

All 13,269 males and 2,672 females had both parameters calculated and then number of bruises on both sides of the carcasses were recorded.

2.3. Carcass pH

After slaughtering, the carcasses were matured for 24 hours in a chilling chamber, following the sanitary maturation. After 24 hours, the carcass pH was measured in the middle of the “*Longissimus*” muscles (pH_u) of each animal using the digital pHmeter – Mettler-Toledo - Model 1140.

The pH_u measurements were carried out on the right, left or both sides of the carcasses. This study used the average measurements of the right and left side (or just one side as average, when both were not measured) of the carcasses of 1,839 male and 291 female slaughtered animals.

2.4. Data Analysis

The bruises and pH_u measurements (m^2/animal and $\text{kg LW}/\text{m}^2$) were plotted for each animal slaughtered in the studied period, thus resulting in four scatter plots.

3 - Statistical Analysis

Correlation analyses were performed and different types of linear and nonlinear regressions were tested to choose the best model that fits the data, the number of bruises and carcass pH. The model selection was based on the convergence or not of the model, analysis of residues and significance of the effect tested for nonlinear models (Seber, & Wild, 2003). For linear models, the selection was made based on the significance of the t and F test effect, analysis of residue and R-squared (Littell, Stroup, & Freund, 2002). These analyses were performed using SAS 9.4 (SAS, 2011).

Once the best model to fit the data was determined, the scatter plots of the studied parameters versus the number of bruises and pH_u were plotted using

Excel™ (Microsoft Corporation, Redmond, WA). The correlation between the parameters, the trend line and the respective R^2 were calculated for male and female cattle.

4 – Results

The average number of bruises was two times higher in females compared to males, but the average pH_u was higher in males than in females. Therefore, average carcass pH was significantly different between males and females (Table 1).

Table 1. Descriptive statistics of number of bruises and Average pH_u in carcasses of males and females after 24 h maturation

Sex	Var*	N	Mean**	Median	Mode	Variance	STD	SE $\bar{X}$	C.V. (%)
Female	Bru	2672	1.0393 ^A	1.000	0	2.081	1.443	0.028	128.102
Male	Bru	13269	0.4728 ^B	0	0	0.840	0.916	0.009	201.239
Female	ApH _u	291	5.5875 ^A	5.595	5.585	0.004	0.062	0.005	1.110
Male	ApH _u	1839	5.6187 ^B	5.620	5.640	0.006	0.075	0.002	1.339

*:Var: Variable; Bru: Number bruise; ApH_u: Average carcass pH; STD: Standard Deviation; SE $\bar{X}$: Standard error of the mean; C.V.: Coefficient of Variance.

** : columns followed by same letters do not differ by Bonferroni test.

4.1. Correlation

4.1.1. Male

The correlation results for the two parameters studied showed that lairage stocking density did not affect the number of bruises on carcasses nor the pH_u of male carcasses after 24 h maturation. Table 2 showed that the highest correlation was less than 4%.

Table 2. Pearson correlation coefficients, Prob > |r| under H0: Rho=0 and 'n' in parenthesis, for the two parameters and number of bruises and average carcass pH_u in males, after 24 h maturation

Correlation	m ² /animal	kg LW/m ²
Number of Bruises	r= -0.0023 (p= 0.7913) (n= 13244)	r= 0.0164 (p= 0.0591) (n= 13238)
Average pH _u	r= 0.0163 (p= 0.4872) (n= 1829)	r= -0.0312 (p= 0.1826) (n= 1829)

4.1.2. Female

The results in this study showed some weak correlations for females, with three of four correlations having p-value < 0.01, according to Table 3.

Table 3. Pearson correlation coefficients, Prob > |r| under H0: Rho=0 and 'n' in parenthesis, for the two parameters and number of bruises, and average pH_u in females, after 24 h maturation

Correlation	m ² /animal	kg LW/m ²
Number of Bruises	r=0.07131 (p=0.0002) (n=2665)	r=-0.2035 (p<0.0001) (n=2672)
Average pH _u	r=-0.16628 (p=0.0045) (n=291)	r=0.0930 (p=0.1135) (n=291)

The highest correlation was observed between pH_u and the area per animal (m²/animal). The results showed that the more space the female had, the lower was the average pH_u. On the other hand, the highest correlation for number of bruises was with animal live weight (kg LW/m²), showing that the less space the females had, the lower the number of bruises.

4.2. Scatter diagram and regression equation

4.2.1. Male

The correlations were very low for average number of bruises and pH_u in males. Figures 2 to 5 present the scatter plots with the regression equations and respective R², which was close to “0” in almost all performed evaluations.

4.2.1.1. Number of bruises

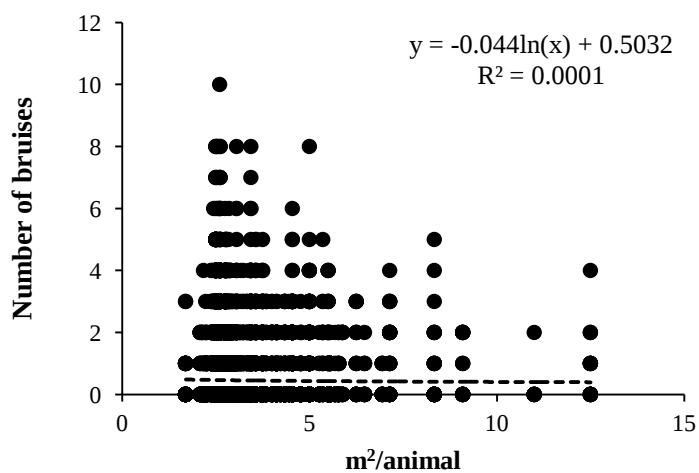


Figure 2. Scatter plot of m² per each animal (X axis) versus number of bruises on both half carcasses (Y axis), and logarithmic equation that best fits the data, with the respective R²

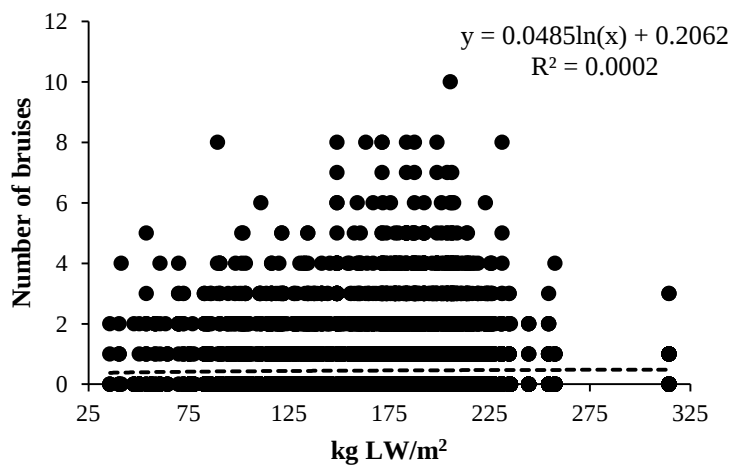


Figure 3. Scatter plot of animal live weight (kg) per m² available for each animal (X axis) versus number of bruises on both half carcasses (Y axis), and logarithmic equation that best fits the data, with the respective R²

4.2.1.2. Average carcass pH_u

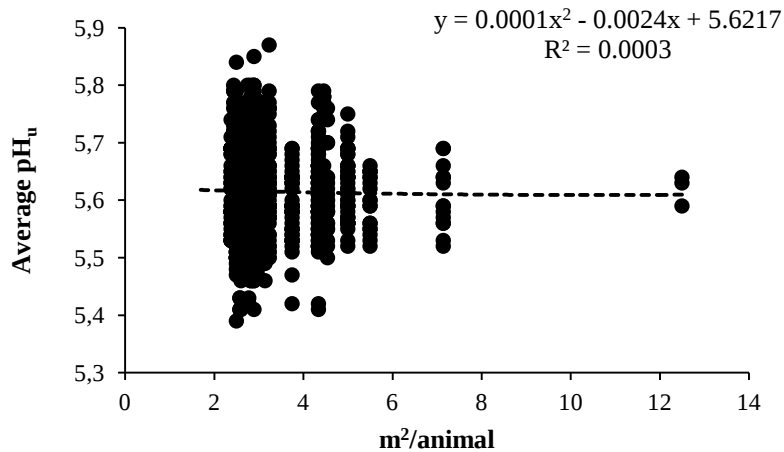


Figure 4. Scatter plot of m² per each animal (X axis) versus average pH_u after 24 h maturation (Y axis), and the polynomial equation that best fits the data, with the respective R²

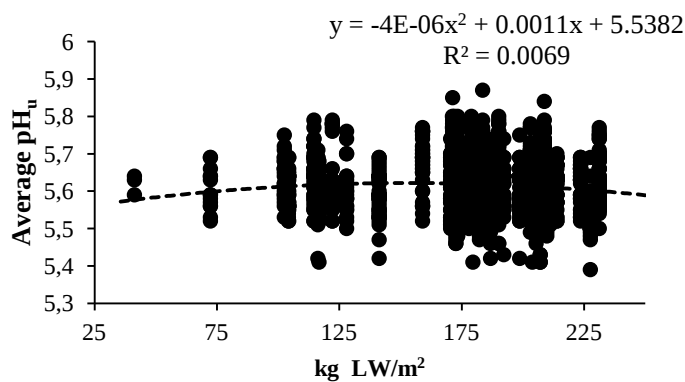


Figure 5. Scatter plot of animal live weight (kg) per m² available for each animal (X axis) versus pH_u after 24 h maturation (axel Y), and the polynomial equation that best fits the data, with the respective R²

4.2.2. Female

The correlations were weak for number of bruises and pH_u for female cattle. Figures 6 to 9 present the scatter plots with the regression equations and respective R².

4.2.2.1. Number of bruises

The best parameter is the one that takes into account the average live weight of the female. It was possible to define a logarithmic equation ($Y = -0.636 \ln(x) + 4.1898$ – figure 7), with low R² (approximately 6%) that can predict the number of bruises on the carcass as a function of the space available for the animal during the pre-slaughter handling. Although the accuracy was low, it showed that increasing the weight per m², the space allowance per animal decreased and so did the number of bruises.

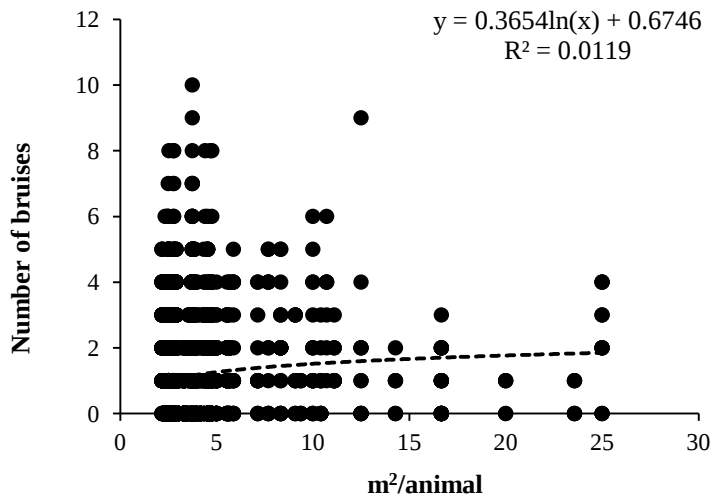


Figure 6. Scatter plot of m^2 available for each animal (X axis) versus number of bruises on both half carcasses (Y axis), and the logarithmic equation that best fits the data, with the respective R^2

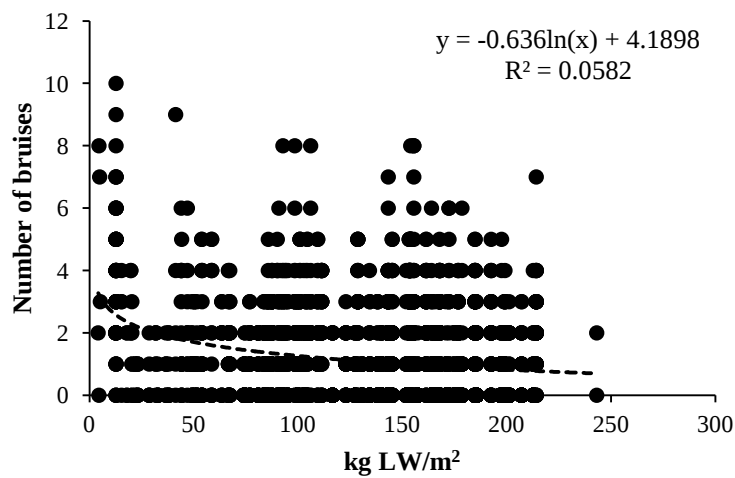


Figure 7. Scatter plot of animal live weight (kg) per m^2 for each animal (X axis) versus number of bruises on both half carcasses (Y axis), and the logarithmic equation that best fits the data, with the respective R^2

4.2.2.2. Average carcass pH_u

The parameter that presented correlation for pH_u was m²/animal (figure 8). The linear equation $Y = -0.0052x + 5.6188$, with low R² (approximately 3%) predicts that as the space per female increases, the lower is the pH_u, which is better for meat quality.

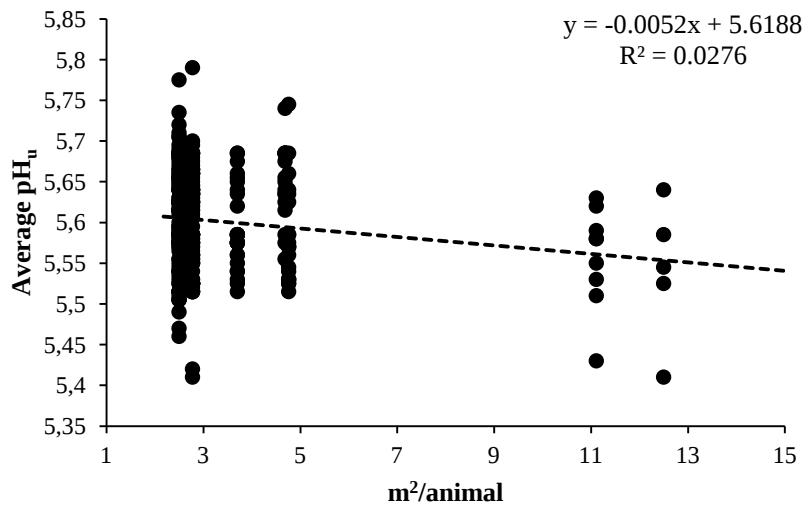


Figure 8. Scatter plot of m² available per female (X axis) versus pH_u after 24 h maturation (Y axis), and the linear equation that best fits the data, with the respective R²

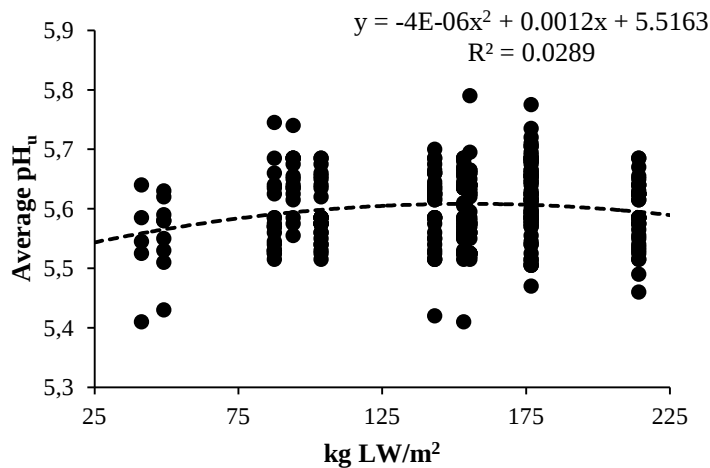


Figure 9. Scatter plot of animal live weight (kg) per m² available for each female (X axis) versus pH_u after 24 h maturation (Y axis), and the polynomial equation that best fits the data, with the respective R²

5. Discussion

5.1. Bruises

The quantity of bruises on the carcasses is a big economical problem for meat companies (Grandin, 1980; Huertas, Van Eerdenburg, Gil, Piaggio, 2015; McKenna et al., 2002; & Strappini-Asteggiano, 2009). Pellecchia (2014) observed that male cattle present fewer problems with bruises than female. Many studies (Gallo, 2009; & Tseimazides, 2006) stated that this carcass problem occurs during the pre-slaughter handling.

No correlation was observed between lairage stocking density and number of bruises for males in the present work. Hoffman & Lühl (2012) described that stocking density during transportation and lairage affected the quantity of bruising but it was not possible to determine which one (or both) had greater effect. For females, a low/weak correlation was observed, indicating that the higher the space availability, the higher the number of bruises. This result may be explained by the fact that females are usually slaughtered older than the males and most of the time they have horns. The presence of horns can cause bruises (Grandin, 2007) and, although

Grandin (2005) recommended more space during transport for horned animals, we understand that with more space available at the lairage, animals can hurt themselves more easily.

This study also aimed to determine an equation to predict the number of bruises on male and female cattle. However, it was not possible to determine a regression equation to predict the number of bruises on male cattle. Unlikely, the number of bruising on the female carcasses may be predicted by the equation $Y = -0.636 \ln(x) + 4.1898$, with low R^2 , using the parameter kg LW/m².

Claudio (2012) and Almeida (2005) carried out studies in the same slaughterhouse years apart and found great improvement in cattle handling. Possibly, the equation does not have a high R^2 because stocking densities do not cause that many problems to the animals' carcass. Other factors during pre-slaughter, such as handling in the farm and during transport, have greater influence on the number of bruises.

5.2. Ultimate carcass pH (pH_u)

Our results are in partial agreement with those of Mach, Bach, Velarde, & Devant (2008) that did not find statistical differences for stocking density at the lairage. These authors also found that when animals had less space, more carcasses had pH_u above 5.8. Furthermore, they also found a significant difference for the interaction between space allowance and gender of the animals; male carcasses had pH higher than 5.8 more often than female.

This study showed that for males the correlation between space allowance and carcass pH is very weak, almost non-existent. For females, although the correlation is low, the pH_u could be estimated using the equation $Y = -0.0052x + 5.6188$, considering m²/animal.

6. Conclusion

It is, therefore, possible to conclude that stocking density in the slaughterhouse, prior to slaughter, does not have great impact on number of bruises and meat pH_u. The number of bruises and high pH_u have an economic impact since poor quality carcasses are rejected for export. As there have been great improvements in cattle handling in the slaughterhouses in the last years, it is possible to conclude that when the animals have enough space to lie down, stand up and move around, and behave normally, the number of bruises and the pH_u should not be a problem for the quality of the carcasses.

7. Acknowledgement

The authors would like to thank the Marfrig Group to allow us to run the experiment at the site, all people that helped to organize the experiment and data collection (special thanks Alessandra Tondatto and Rita Di Pierro Celestino Tseimazides).

8. References

Almeida, L. A. M. (2005). Manejo no pré-abate de bovinos: aspectos comportamentais e perdas econômicas por contusões. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005, 62 f.

Aus-Meat Limited. Beef & Veal Language. South Brisbane, 2010. 4p.

Brasil (1952). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Decreto-Lei nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 07 jul. 1952. Available at: < http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf>. Accessed on: 6th Apr. 2015.

Brasil (2000). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Available at: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=detalharAto&tipo=INM&numeroAto=00000003&seqAto=000&valorAno=2000&orgao=SDA/MAPA&codTipo=&desItem=&desItemFim=#>>. Accessed on: 6th Apr. 2015.

Claudio, L. D. G. (2012). Fatores associados à injúria muscular em bovinos abatidos e suas relações com enzimas séricas e qualidade de carcaça. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012, 66 f.

Council Regulation (EC) 1099/2009. (2009). Dated September 24, 2009 on the protection of animals at the time of killing.

Devine, C. E., Lowe, T. E., Wells, R. W., Edwards, N. J., Hocking Edwards, L. E., Starbuck, T. J., & Speck, P. A. (2006). Pre-slaughter stress arising from on-farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. *Meat Science*, 73, 304-312.

Farm Animal Welfare Council. (1991). Report on the European Commission proposals on the transport of animals. FAWC.

Farm Animal Welfare Council. (2013). Space Allowances in Slaughterhouses Lairage. FAWC, 2013. 13p

Ferguson, D. M., Bruce, H. L., Thompson, J. M., Egan, A. F., Perry, D., & Shorthose, W. R. (2001). Factors affectin beef palatability – farmgate to chilled carcass. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 879-891.

Ferguson, D. M., & Warner, R. D., (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80, 12-19.

- Fisher, A. D., Colditz, I. G., Lee, C., & Ferguson, D. M. (2009). The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *Journal of Veterinary Behavior*, 4, 157-162.
- Gallo, C. (2009). Transporte y reposo pre-sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. En: *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp:15-36, 2009.
- Gracey, J. F., & Collins, D. S. (1992). *Meat Hygiene*. Bailliere Tindall.
- Grandin, T. (2007). Behavioural principles of handling cattle and other grazing animals under extensive conditions. In T. Grandin (Ed.), *Livestock handling and transport*, 44–64.
- Grandin, T. (1980). Bruises and carcass damage. *International Journal for the Study of Animal Problems*, 1, 121-137.
- Grandin, T. (2000). Effect of animal welfare audits of slaughter plants by a major fast food company on cattle handling and stunning practices. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 216, 848-851.
- Grandin, T. (2010). *Recommended Animals Handling Guidelines and Audit Guide for Cattle, Pigs and Sheep*. American Meat Institute Foundation, 2005 with 2007 and 2010 updates. <http://www.grandin.com/RecAnimalHandlingGuidelines.html>
- Gregoy, N. G. (2008). Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Science*, 80, 2-11.
- Hoffman, L. C., & Lühl, J. (2012). Causes of bruises during handling and transport in Namibia. *Meat Science*, 92, 115-124.
- Huertas, S. M., Van Eerdenburg, F., Gil, A., Piaggio, J. (2015) Prevalence of carcass bruises as an indicator of welfare in beef cattle and the relation to the economic impact. *Veterinary Medicine and Science*, 1, 9-15.
- Littell, R., Stroup, W., & Freund, R. (2002). *SAS® for linear models*. Fourth. 4th ed. Cary, NC: SAS Institute Inc; 466 p..

Mach, N., Bach, A., Velarde, A., & Devant, M. (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, 78, 232–238.

McKenna, D., Roeber, D., Bates, T., Schmidt, T. B., Hale, D. S., Griffin, D. B., Savell, J. W., Brooks, J. C., Morgan J. B., Montgomery, T. H., Belk, K. E., & Smith, G. C. (2002). National Beef Quality Audit-2000: survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity and value of fed steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 80, 1212– 1222.

New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry. (2003). *Welfare of Sheep, Goats & Cattle Transported by Truck Within New Zealand*. Wellington: MAF Biosecurity Group, 2003. 1 folder

Pellecchia, A. J. R. (2014). *Caracterização do risco de hematomas em carcaças bovinas*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2014, 78 f.

Randall, J. M. (1993). Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Animal Production*, 57(2), 299-307.

Romero, M. H., Uribe-Velásquez, L. F., Sánchez, J. A., & Miranda-de la Lama, G. C. (2013). Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. *Meat Science*, 95, 256-263.

SAS. (2011). *SAS/STAT®*. 1. ed ed. Cary, NC: SAS Institute Inc;. 8640 p..

Seber, G. A. F., & Wild, C. J. (2013). *Nonlinear Regression*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons; 768 p..

Strappini-Asteggiano, A. C. (2009). Problemas y errores más comunes encontrados en Chile durante el manejo del ganado. En: *Bienestar Animal y Calidad de la Carne*. (Eds.) Mota-Rojas, D. y Guerrero-Legarreta, I. Editorial BM Editores. México. pp:1-13, 2009.

Tarrant, P. V., Kenny, F. J., Harrington, D. (1988). The effect of stocking density during 4 hours transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in friesland steers. *Meat Science*, 24, 209-222.

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

Weeks, C. (2008). A review of welfare in cattle, sheep and pig lairages, with emphasis on stocking rates, ventilation and noise. *Animal Welfare*, 17, 275-284.

CAPÍTULO 4 – Considerações Finais e Implicações

O interesse da sociedade, cada vez mais intensivo, faz crescer a necessidade de gerar informações sobre a forma de criação dos animais que estão sendo utilizados para o consumo humano, como a preocupação com a maneira que o animal é criado e abatido. Graças a essa crescente procura por informações, novas exigências surgem para o aprimoramento das indústrias frigoríficas que precisam se reestruturar para manter o mercado consumidor já conquistado. Porém, novas metodologias de trabalho e estruturas demandam tempo e dinheiro para serem adequadas e, muitas vezes, os resultados não são satisfatórios nem para a melhoria do bem-estar dos animais nem para a eficiência do sistema de produção.

Com base nos resultados desse estudo, pudemos verificar que uma característica comportamental dos animais foi afetada positivamente em virtude da aplicação de substratos no piso dos currais. No entanto, os resultados de qualidade de carcaça, que podem ser considerados medidas indiretas do nível de bem-estar dos animais, não foram afetados.

Quando avaliada a densidade de estocagem dos animais nos currais do frigorífico, observou-se que independente do espaço disponível para cada animal, a quantidade de hematomas encontrados nas carcaças, bem como o valor final de pH não foram influenciados. O resultado encontrado através dessas duas medidas indiretas de bem-estar sugere que, o tempo em que os animais permanecem nos currais de frigoríficos que tenham boas práticas de manejo implementadas, não é suficiente para que os animais possam se machucar ou ter o pH influenciado, sendo essas duas características mais influenciadas por fatores externos ao frigorífico.

Uma vez que os animais serão abatidos para se tornarem alimentos para a população, é primordial que sejam observadas, com muito rigor, as questões éticas relacionadas aos procedimentos de abate. Por outro lado, quando órgãos competentes exigem o cumprimento de novos procedimentos, é muito importante que essas solicitações sejam baseadas em estudos científicos, respeitando as condições climáticas regionais (ou do país), para que não haja uma penalização

desnecessária para aqueles que precisarão executar as novas regras, temendo inclusive a deterioração das condições dos animais.

Neste trabalho, os resultados encontrados mostraram que duas novas exigências, substrato e lotação, não afetaram o bem-estar dos animais e, contrariamente ao pretendido, aumentaram o custo operacional das empresas, bem como os problemas relacionados ao consumo de água foram potencializados.

Mais estudos nos temas pesquisados precisam ser desenvolvidos, principalmente utilizando medidas diretas de bem-estar animal, tais como medições de parâmetros fisiológicos e comportamentais dos animais, para confirmar os resultados encontrados. Caso novas experiências corroborem estes resultados, regulamentos/exigências sem fundamentos científicos devem ser questionados e não implementados, considerando que percebeu-se que não houve melhoria nas condições de bem-estar dos animais que estarão sendo abatidos.