

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Tese

**Parâmetros para desenvolvimento de um selo de carne e alternativas
de predição de temperatura internas de bovinos de corte**

Edgard Gonçalves Malaguez

Pelotas, 2022.

Edgard Gonçalves Malaguez

**Parâmetros para desenvolvimento de um selo de carne e alternativas de predição de
temperatura internas de bovinos de corte**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Professor Dr. Francisco Augusto Burkert Del Pino

Coorientador: Professor Dr. Cássio Cassal Brauner

Pelotas, 2022.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M111p Malaguez, Edgard Gonçalves

Parâmetros para desenvolvimento de um selo de carne e alternativas de predição de temperatura internas de bovinos de corte / Edgard Gonçalves Malaguez ; Francisco Augusto Burkert Del Pino, orientador ; Cássio Cassal Brauner, coorientador. — Pelotas, 2022.

70 f.

Tese (Doutorado) — Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Bovinos de corte. 2. Estresse térmico. 3. Manejo e bem estar animal. 4. Parâmetros zootécnicos. 5. Produção animal. I. Pino, Francisco Augusto Burkert Del, orient. II. Brauner, Cássio Cassal, coorient. III. Título.

CDD : 636.213

Elaborada por Maria Beatriz Vaghetti Vieira CRB: 10/1032

Edgard Gonçalves Malaguez

**Parâmetros para desenvolvimento de um selo de carne e alternativas de predição de
temperatura internas de bovinos de corte**

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal,
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,
Universidade Federal de Pelotas.

Data da realização do exame: 26/05/2022.

Banca examinadora:

Dr. Ricardo Zambarda Vaz– Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Dr. Ivan Ricardo Carvalho - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do
Sul (UNIJUI)

Dr. Rogério Fôlha Bermudes - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Dra. Eliza Rossi Komninou Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Dedico este trabalho a minha mãe Regina e minhas irmãs; a minha esposa: Jakke, pelo estímulo; minha filha Caetana, pelo carinho, confiança e incentivo.

Agradecimentos

Início meus agradecimentos a DEUS, por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

A minha mãe, Sonia Regina, que sempre acreditou em minha capacidade e me fortaleceu para enfrentar o mundo e vencer os desafios por ele propostos. As minhas irmãs Vanessa e Valesca, minhas sobrinhas, Eliza e Fernanda e sobrinhos Lorenzo, Ícaro e João Pedro, que acompanharam passo a passo o meu desenvolvimento.

Muito obrigado a minha esposa, Jacqueline Valle de Bairros, pelo amor, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis que juntos superamos.

Meu agradecimento singular é para minha filha Caetana de Bairros Malaguez, a quem dedico em especial este trabalho, que embora sem compreender em idade foi grande em pensamento, sempre com o sorriso no rosto sabendo apoiar as minhas dificuldades e ausências.

Aos meus cunhados Vladimir (Pino) e André e concunhadas Liliana e Priscila pelo apoio que foi dado nesta jornada.

A minha sogra Vera e a meu sogro Selsso, pela amizade. Sou muito grato a vocês.

Ao meu orientador Dr. Dr. Francisco Augusto Burket Del Pino, ao qual, tenho grande admiração e respeito, agradeço as orientações e lições durante toda a jornada acadêmica

Meus “orientadores” e amigos Dr. Eduardo Schmitt, Dr. Marcio Nunes e Dr. Cassio Cassal Brauner a oportunidade de conhecer e conviver durante todo o período de doutorado, sou grato por terem me passado ensinamentos que contribuíram com meu crescimento pessoal e profissional.

À Universidade Federal de Pelotas pela estrutura disponível, grupo de pesquisa e programa de pós-graduação ofertado.

Ao programa de Pós-graduação em Zootecnia- UFPEL, por me conceder a oportunidade de cursar o tão sonhado doutorado. A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos integrantes e colegas do Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária (NUPEEC), saibam que sou muito grato a todos vocês. Agradeço a colega e amiga Gabriela Bueno, que desde o início do doutorado discutimos e conduzimos inúmeros projetos, com respeito e dedicação.

À Granja 4 Irmãos S/A, pela disponibilidade e auxílio com os animais e da fazenda e a Bravo Carne do Pampa, pelo auxílio e ensinamentos na agroindústria.

“Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio tem qualquer terra larga, mas onde estará o palácio se não o fizerem ali?”

Fernando Pessoa

Resumo

Malaguez, Edgard Gonçalves. **Desenvolvimento de um selo de qualidade carne bovina e de um indicador da temperatura interna de animais a campo**. Orientador: Dr. Francisco Augusto Burkert Del Pino. 2022. 70 f. Tese (Doutorado)– Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

A tomada de decisão para aumentar a eficiência do desempenho animal nos sistemas de produção da bovinocultura de corte, tem como principal aliado ferramentas e tecnologias que auxiliam nas mensurações e podem ser implementadas e aferidas atualmente dentro do sistema produtivo de carne, propiciam que técnicos, produtores e pesquisadores sejam muito mais precisos na obtenção e produção de animais superiores, com precocidade e qualidade de carne. Para isso, estas estratégias devem ser cada vez mais elucidadas e utilizadas, auxiliando na tomada de decisões assertivas e competitividade produtiva. Nesse contexto, os principais objetivos deste trabalho foram: no primeiro artigo abordar dados zootécnicos que servirão como princípios para obter os padrões relativos de classificação da carne bovina, e avançar no conceito de que existe potencial para alcançar uma mudança desejável significativa para um sistema mais focado no consumidor e no segundo artigo a proposta é produzir uma equação para estimar a temperatura interna de vacas de corte utilizando a variável THI como preditora. Os principais resultados obtidos foram especificar atributos que servirão como padrão para o programa de certificação de qualidade de carne bovina, tornando evidente um produto superior, de valor agregado e com o selo de certificação de qualidade, assim como é a proposta do projeto. Os modelos explorados utilizando o THI variável preditora, permitiram estimar a previsão da temperatura interna, tanto das vacas Nelores quanto vacas Cruzadas. O modelo geral para Nelore ($R^2 = 76$) e Cruzadas ($R^2=85$), apresentaram maior acurácia. O estudo, indica o uso distinto das equações, porém podem ser usadas em conjunto.

Palavras-chave: bovinos de corte; estresse térmico; manejo e bem estar animal; parâmetros zootécnicos; produção animal; tipificação de carcaça

Abstract

Malaguez, Edgard Gonçalves. **Development of a beef quality seal and an indicator of internal temperature of animals in the field**. Orientador: Dr. Francisco Augusto Burkert Del Pino. 2022. 70f. Thesis (Doctorate) – Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Decision making to increase the efficiency of animal performance in beef cattle production systems has as its main ally tools and technologies that assist in measurements and can be implemented and measured today within the meat production system, providing technicians, producers and researchers are much more precise in obtaining and producing superior animals, with precocity and meat quality. For this, these strategies must be increasingly elucidated and used, helping to make assertive decisions and productive competitiveness. In this context, the main objectives of this work were: to address zootechnical data that will serve as principles to obtain the relative standards of classification of beef, and to advance the concept that there is potential to achieve a significant desirable change to a more consumer-focused system and produce an equation to estimate the internal temperature of beef cows using the variable THI as a predictor. The main results obtained were to specify attributes that will serve as a standard for the beef quality certification program, making evident a superior product, with added value and with the seal of quality certification, as is the proposal of the project. The models explored using the THI predictor variable allowed the estimation of the internal temperature forecast, both for Nelores and Crossed cows. The general model for Nellore ($R^2 = 76$) and Crusades ($R^2=85$) showed greater accuracy. The study indicates the distinct use of the equations, but they can be used together.

Keywords: beef cattle; heat stress; management and animal welfare; zootechnical parameters; animal production; carcass typification

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1IVCRN DO GRUPO DE PRINCIPAIS PAÍSES EXPORTADORES DE CARNE BOVINA PARA O MERCADO INTERNACIONAL, 1998-2017. (ADAPTADO DE RODRIGUES & MARTA COSTA. 2021).....	13
FIGURA 2-(A) DISTRIBUIÇÃO DA PORCENTAGEM DE ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL. (B) DISTRIBUIÇÃO DA PORCENTAGEM DE ESCORE DE CARÇAÇA (C) DISTRIBUIÇÃO DA PORCENTAGEM DE ESCORE SAGABOV	25
FIGURA 3- ESPESSURA DA GORDURA DA GARUPA DOS ANIMAIS POR GRAU DE ACABAMENTO MEDIDO PELA FERRAMENTA SAGABOV	27
FIGURA 4- DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA DE GORDURA DE GARUPA (EGG)	28
FIGURA 5- DISTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS PESO VIVO FINA (PFV), CARÇAÇA QUENTE (CQ), CARÇAÇA FRIA (CF) E RENDIMENTO DE CARÇAÇA (RC).....	29
FIGURA 6-ARVORE DE DECISÃO PARA PESO VIVO FINAL (PVF), EAC- ESCORE DE ACABAMENTO DE CARÇAÇA E EGG- ESPESSURA DE GORDURA DE GARUPA	31
FIGURA 7- DISTRIBUIÇÃO EM PORCENTAGEM DA AVALIAÇÃO DE MARMOREIO(A), COR DA CARNE (B), COR DA GORDURA(C).....	32
FIGURE 8- BLAND-ALTMAN PLOT: MEAN DIFFERENCE FOR INTERNAL TEMPERATURE OF NELLORE COWS (SOLID AND THICK BLACK MIDLINE) IN RELATION TO THE GENERAL MODEL AND THE OBSERVED VALUE. CONFIDENCE INTERVAL LIMITS ARE DASHED BLACK LINES. LINEAR REGRESSION MODEL BETWEEN DIFFERENCES (Y) AND MEANS (X) (SOLID RED LINE).....	51
FIGURE 9- BLAND-ALTMAN PLOT: MEAN DIFFERENCE FOR INTERNAL TEMPERATURE OF NELLORE COWS (SOLID AND THICK BLACK MIDLINE) IN RELATION TO THE GENERAL MODEL AND THE OBSERVED VALUE. CONFIDENCE INTERVAL LIMITS ARE DASHED BLACK LINES. LINEAR REGRESSION MODEL BETWEEN DIFFERENCES (Y) AND MEANS (X) (SOLID RED LINE). ANALYSIS OF FIGURE “A” USING THE DAYTIME MODEL, AND ANALYSIS OF FIGURE “B” USING THE NIGHTTIME MODEL.	52
FIGURE 10- BLAND-ALTMAN PLOT: MEAN DIFFERENCE FOR INTERNAL TEMPERATURE OF CROSSBRED COWS (SOLID AND THICK BLACK MIDLINE) IN RELATION TO THE GENERAL MODEL AND THE OBSERVED VALUE. CONFIDENCE INTERVAL LIMITS ARE DASHED BLACK LINES. LINEAR REGRESSION MODEL BETWEEN DIFFERENCES (Y) AND MEANS (X) (SOLID RED LINE).....	53
FIGURE 11- BLAND-ALTMAN PLOT: MEAN DIFFERENCE FOR INTERNAL TEMPERATURE OF NELLORE COWS (SOLID AND THICK BLACK MIDLINE) IN RELATION TO THE GENERAL MODEL AND THE OBSERVED VALUE. CONFIDENCE INTERVAL LIMITS ARE DASHED BLACK LINES. LINEAR REGRESSION MODEL BETWEEN DIFFERENCES (Y) AND MEANS (X) (SOLID RED LINE). ANALYSIS OF FIGURE “A” USING THE DAYTIME MODEL, AND ANALYSIS OF FIGURE “B” USING THE NIGHTTIME MODEL.	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DO PESO EM KG DOS NOVILHOS DA RAÇA ABERDEEN ANGUS, ANTES CARREGAMENTO E 24H ANTES DO ABATE.....	24
TABELA 2-DISTRIBUIÇÃO DA MEDIDA DA GORDURA SUBCUTÂNEA EM MM ENTRE ESCORES DE SAGABOV.....	26
TABELA 3- VARIÁVEIS SELECIONADAS PELO MODELO DE REGRESSÃO PARA RENDIMENTO DE CARCAÇA X PESO VIVO FINAL X VARIÁVEIS DE TIPIFICAÇÃO	30
TABELA 4- RELATIONSHIP BETWEEN TEMPERATURE AND HUMIDITY INDEX (THI) AND INTERNAL TEMPERATURE (IT) OF NELLORE COWS AND CROSSBRED ANIMALS ($\frac{1}{2}$ <i>BOS INDICUS</i> (NELLORE) X $\frac{1}{2}$ <i>BOS TAURUS</i> (ABERDEEN ANGUS).	51
TABLE 5- LINEAR REGRESSION ANALYSIS OF THE PROPORTION BIAS FOR DIFFERENCE (Y) AND MEAN (X) BETWEEN THE OBSERVED AND THE ESTIMATED INTERNAL TEMPERATURES.....	55

Sumário

1.	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	OBJETIVOS	17
	OBJETIVO GERAL	17
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
	RESULTADOS ESPERADOS	17
3-	ARTIGO I.....	18
	DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA A UTILIZAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO DE CARNE NUPEEC BEEF.....	18
	3.1- INTRODUÇÃO	20
	3.2- MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
	Localização	21
	Levantamento das informações	21
	Análises estatísticas.....	23
	3.3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
	3.4 CONCLUSÃO.....	33
	3.5- REFERENCIAS.....	34
4-	ARTIGO II – SHORT COMMUNICATION.....	41
	RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE E TEMPERATURA INTERNA EM BOVINOS DE CORTE.....	41
	4.1- INTRODUCTION	42
	4.2- MATERIAL AND METHODS.....	43
	4.2.1-Database	44
	4.2.2- Calculations.....	44
	4.2.3- Statistical Analysis.....	44
	4.3- RESULTS	45
	4.4- DISCUSSION	47
	4.5- CONCLUSION	48
	4.6- REFERENCES	48
	4.7-ANNEX	51
5-	ANEXO I – ARTIGO PUBLICADO.....	56
	ANALYSIS OF FIBROUS COMPOUNDS USING A PRESSURIZED AND NON-PRESSURIZED CONDITIONS.....	56

5.1.- INTRODUCTION	59
5.2- METHOD AND METHODS	60
5.2.1 <i>Food Sampling and Location</i>	60
5.2.2 <i>Fiber analysis in pressurized and non-pressurized conditions</i>	62
5.2.3- <i>Statistical analysis</i>	63
5.3- RESULTS	63
5.4. DISCUSSION	65
5.5. CONCLUSIONS	66
5.6 REFERENCES	67

1. Introdução Geral

A criação de bovinos no Brasil, corresponde a 76,1% da produção de carne, comparado a outras criações como frango e suínos, com 20,4% e 3,5%, respectivamente (IBGE, 2021). No atual cenário mundial, o país é responsável pela segunda maior criação com aproximadamente 23,45% cabeças e classificado como maior exportador de carne bovina com 24,8% da produção mundial (USDA, 2021). No entanto, ainda há uma preocupação crescente com a falta de competitividade do país. Rodrigues & Marta Costa (2021), analisaram a competitividade das exportações da carne bovina em referência aos principais países exportadores à nível mundial entre os anos de 1998-2017, através do Índice de Vantagem Comparativa Revelada Normalizada (IVCRN), como demonstrado na Figura 1.

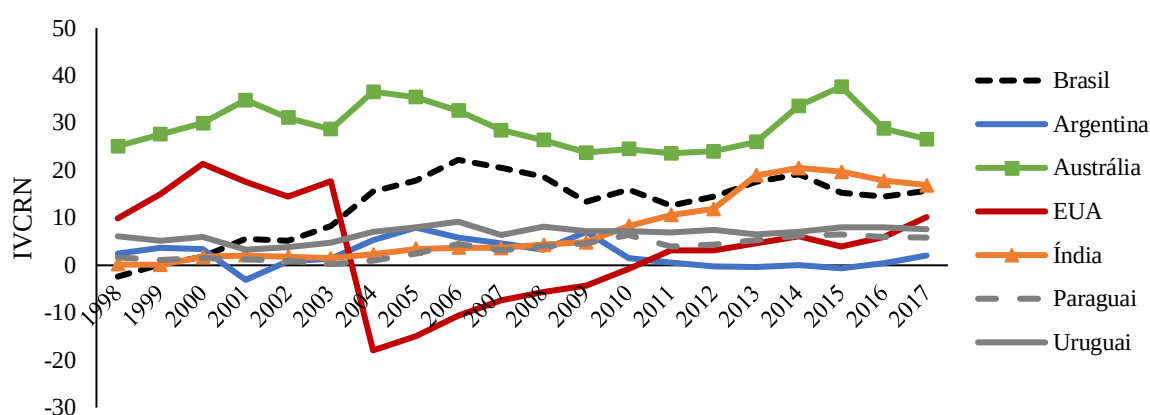


Figura 1 IVCRN do grupo de principais países exportadores de carne bovina para o mercado internacional, 1998-2017. (Adaptado de Rodrigues & Marta Costa. 2021).

As comparações entre as vantagens comparativas dos países, reflete uma evolução nas mudanças de competitividade ao longo do tempo. Atualmente, a Austrália é a quarto maior exportador de carne no mundo, porém o NRCA, demonstra a concreta liderança australiana como exportador competitivo de carne bovina. Esse cenário é resultado do desenvolvimento estratégico do sistema de produção implementado pelo governo australiano, que ao constatar a existência de crises sanitárias internacionais, investiu em ferramentas como a rastreabilidade e a certificação, garantindo a segurança alimentar e rastreabilidade de animais, eficiência da cadeia de suprimentos e a melhora da rentabilidade do setor (Procópio et al., 2011). A percepção e a implementação destes métodos, permitiu maior acesso ao mercado de exportação e valor agregado ao produto, com preço da arroba do país na média de US\$ 109,38.

Como comentado anteriormente, o Brasil é o maior exportador de carne bovina. Porém ao contrário da Austrália, o comportamento do país oscila no cenário da competitividade do setor da carne bovina em nível internacional (Figura 1), e atualmente, está abaixo do país indiano.

Ferraz & Felício (2010), afirmam que a vantagem competitiva se deve principalmente ao custo de produção do bovino brasileiro, que é um dos mais baixos do mundo. O país tem o preço da arroba abaixo de outros países, como Austrália e EUA, girando em média de US\$ 55,60.

O avanço da pecuária brasileira é configurado pela eficiência do sistema, como animais geneticamente precoces, alimentação balanceada, aumento dos índices de desempenho, e diminuição do tempo até o abate. Segundo Wicks et al. (2019), a qualidade da carne bovina, é determinada pela alta disponibilidade de nutrientes através de uso de grãos principalmente usado na alimentação dos sistemas mais intensivos, como o caso da maioria dos sistemas de confinamento, resulta em maiores taxas de crescimento, melhora na eficiência alimentar e maior deposição de gordura, produzindo carcaças de alta qualidade e de animais mais jovens. Porém, métricas de características qualitativas de carcaça são pouco exploradas e a aplicação de um sistema de certificação que seja capaz de atestar ao cliente se o produto tem as características desejadas, reduziria a divergência de informações existentes e agregaria valor às carnes brasileiras com consequente aumento da confiança do consumidor na indústria (Brandão et al., 2012). Ainda que o conceito de qualidade da carne bovina seja extremamente amplo e proveniente de uma série de adequações das características do produto frente às exigências do mercado atual.

Mesmo existindo um segmento mais competitivo, como comentado anteriormente, o mercado *spot* (disponível) da carne bovina comercializa a mercadoria como *commodity*, ou seja, os produtos não possuem diferenciação e apresentam baixo valor agregado (Aguiar, 2018). Porém, a qualidade da carne bovina, também é considerada um fator decisivo no momento da compra pelos consumidores. O padrão de qualidade pode ser definido de acordo com as características organolépticas da carne, que incluem cor, aparência visual, maciez, suculência e sabor. Em uma pesquisa realizado por Groot em 2021, a percepção da qualidade do produto, destina-se na apresentação do momento da compra pela cor, aparência e gordura e na hora do consumo pelo sabor, maciez e gordura, isso expressa crescente demanda pela exigência dos consumidores pela qualidade da carne bovina.

A sinalização da comercialização de um produto com valor agregado é refletida pela formação da carcaça com qualidade, facultada pela importância do aumento do número de fibras musculares e a gordura intramuscular, que confere a suculência e maciez. Estes fatores, estão diretamente ligadas a todos os sistemas de produção (cria, recria e terminação), condição sexual e raça, os quais são responsáveis pela alteração de deposição tecidual. Assim, a certificação pode ser vista como uma garantia de que o produto reflete a especificações de qualidade preestabelecidas, e assume que a informação fornecida é importante para os

consumidores (Vaz et al., 2011). Sem o selo ou a marca de qualidade, a expectativa de qualidade da carne é influenciada principalmente pela aparência do produto (Groot, 2021). Embora, os consumidores estejam cada vez mais optando por produtos certificados e ancorados por um maior detalhamento do produto.

A certificação, surgiu como uma linguagem que visa unificar os segmentos da pecuária de corte, validando a veracidade dos fatos e atestando se o produto corresponde com o que é comercializado. Os consumidores estão cada vez mais preocupados em saber a procedência dos alimentos que consomem, se os mesmos são seguros para o consumo (Van Wezemael et al., 2010). Devido essa demanda por segurança alimentar os produtores, a indústria e o mercado se interessam cada vez mais por fatores externos que moldam a preferência do consumidor como embalagens, higiene pessoal, segurança alimentar, preservação do meio ambiente e bem estar animal (Uwamaliya, 2014).

Diante deste contexto, fica evidente um seguimento de mercado competitivo da carne bovina e a busca por um sistema de certificação que seja capaz de assegurar as características desejadas da carcaça. Contudo, ainda há um grande esforço para obter ferramentas de compreensão e/ou melhor efetividade em toda vida produtiva animal. Um fator que atualmente tenha maior direcionamento é nas mudanças climáticas muito atípicas, fazendo com que ocorra mudanças em todos os ecossistemas e também gerando aumento na temperatura média dos anos. Estimasse que as mudanças climáticas iram aumentar em torno de 35% os custos da agricultura e da pecuária nos próximos anos (Thamo et al., 2017). Assim como animais expostos a temperaturas extremas no verão, sofrem por estresse térmico, o que acomete efeitos negativos no desempenho do crescimento, alteram a composição da carcaça e aumentam o risco de carne pálida, macia, exsudativa (PSE) e carne escura firme e seca (DFD) em ruminantes (Gregory 2010; Johnson 2018; Gonzalez et al. 2020).

A ferramenta utilizada para avaliar gravidade do estresse térmico é o índice temperatura-umidade (ITU), calculado com base na temperatura ambiente combinada com a umidade relativa, em que a alta umidade pode reduzir a eficiência de resfriamento evaporativo de um animal, afetando assim a zona de termo neutralidade (ZTN) animal. O ITU oferece um método objetivo para avaliar a resposta do animal ao estresse térmico e a influência de diferentes elementos climáticos (Zhang et al., 2020). Entretanto, ainda há divergências em sua utilização, Seixas et al. (2017), definiram a partir de 72 começariam as perdas produtivas, já Carabaño et al. (2017), 74 a 79 o estado de alerta.

Desta forma, os objetivos deste trabalho é abordar dados zootécnicos que servirão como princípios para obter os padrões relativos de classificação da carne bovina, e avançar no

conceito de que existe potencial para alcançar uma mudança desejável significativa para um sistema mais focado no consumidor e produzir uma equação para estimar a temperatura interna de vacas de corte utilizando a variável THI como preditora.

2 Objetivos

Objetivo geral

Desenvolver um programa certificação de carne bovina que garanta o mínimo de qualidade, bem como identificar os principais pontos relevantes em relação entre fazenda, indústria e consumidor.

Desenvolver uma equação de fácil aplicação para estimar a temperatura interna de vacas de corte.

Objetivos específicos

- Avaliar a espessura de gordura na picanha através de ultrassonografia;
- Avaliar o peso final e o escore de condição corporal de bovinos encaminhados para o abate;
- Avaliar o grau de acabamento de carcaça através da utilização do equipamento SAGABOV;
- Avaliar o peso de carcaça e rendimento no frigorífico dos animais que foram acompanhados desde a fazenda;
- Identificar e padronizar atributos a serem usados em selo de qualidade de carne

Resultados esperados

- Comercializar o selo desenvolvido (NUPEEC Beef®) neste projeto como produto da UFPel;
- Desenvolver duas teses de doutorado com a produção e publicação de artigos científicos em revistas da área;
- Divulgar o controle dos processos e resultados do sistema produtivo de fazendas que aderirem ao selo, agregando valor ao produto final

3- Artigo I

Determinação de Parâmetros para a utilização da Certificação de carne NUPEEC BEEF

Artigo será encaminhado a Revista *Brasileira de Zootecnia*

Determinação de Parâmetros para a utilização da Certificação de carne NUPEEC BEEF

Resumo

Finalidade em comum dos produtores de bovinos de corte é melhorar as características da carcaça dos animais relacionadas à quantidade e qualidade, e ampliar sua importância na sistemática do mercado da carne, adequando a produção independente do sistema adotado aos padrões estabelecidos pelos consumidores, que cada vez mais exigentes com a procedência e qualidade do produto final. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de dados de um sistema produtivo de carne no Sul do Brasil, buscando investigar as relações fenotípicas através da mensuração das variáveis: escore de condição corporal, peso final, espessura de gordura na garupa, peso de carcaça quente, acabamento e rendimento de bovinos destinados ao abate. Os resultados encontrados permitem identificar atributos como a utilização da ferramenta SAGABov em que a predominância da cor amarela 65,25% dos animais mostrou estar dentro dos parâmetros de carcaça uniforme, com média de 8,80mm de espessura de gordura de garupa (EGG). Auxiliando na identificação de animais prontos para o abate. Na avaliação de escore de condição corporal (ECC) 92% dos animais apresentaram ECC de 4 a 5 e escore de acabamento de carcaça (EAC) 85% obtiveram escore 4 (uniforme). A utilização dos indicadores; peso vivo final (PVF), EAC e EGG na análise de *stepwise*, permitiu explicar 42% da variabilidade para rendimento de carcaça. Apenas 4% dos animais tiveram padrão de marmoreio classificado como 3-bom e coloração da gordura foi levemente amarelada e que se enquadraram na escala de 1 e 2. As definições encontradas servirão como padrão o programa de certificação NUPEEC BEEF tornando um produto superior, de valor agregado e com o selo de certificação de qualidade, assim como é a proposta do projeto. Entretanto, as variações dentro dos lotes com média do desvio padrão de 31,61 kg de PV, pode acarretar em resultados negativos de valorização dos produtos, destacando que há uma série de fatores que precisam ser melhorados e controlados com mais precisão dentro do sistema produtivo. Os dados extraídos com o trabalho de certificação poderão auxiliar o produtor a identificar pontos relevantes em sua propriedade e diminuir custos e padronizar seus animais.

Palavras-chave: carcaça bovina; bovinocultura de corte; grau de acabamento; produção animal; terminação;

3.1- Introdução

A mudança da atuação do Brasil no mercado internacional de carne bovina, foi com auxílio da política empreendedora para conquista de novos mercados, começou no início da década de 2000. Isso fez o país ser reconhecido como fornecedor potencial, por aplicações de técnicas modernas de produção, melhoramento genético, sanitário e investimento da infraestrutura da indústria frigorífica. Esse esforço provocou maior aproveitamento da produção nacional (Brandão et al., 2007). Contudo, o país tem algumas dificuldades de exportação em grandes quantidades para aqueles mercados mais exigentes, como a uniformidade das carcaças em relação a fatores de qualidade de carne, acabamento, marmoreio idade dos animais ao abate e questões de rastreabilidade e higiene (Maia Filho et al., 2015).

Conhecer quais são os atributos decisivos quando fazem a compra desse produto, é fundamental para estabelecer os critérios de controle de qualidade do curral até a mesa dos consumidores (Oshiiwa et.al., 2017). Assim, os métodos para estimativa de associações e correlações de características morfológicas com as de crescimento, peso final e qualidade de carcaça contribuem para o conhecimento e seleção de animais superiores e características favoráveis através da avaliação visual e biótico desejável (Faria et al., 2007). A mensuração de variáveis como escore de condição corporal (ECC), peso vivo, precocidade de terminação, espessura de gordura na garupa (EGG) e grau de acabamento são relevantes informações, acessíveis e economicamente viáveis, para a seleção de animais que produzem mais carne ou carcaça em menor espaço de tempo. A terminação de novilhos jovens é possível através de uma série de fatores determinantes, especialmente genética e nutrição. Raças britânicas, como Angus, Hereford e Devon, são referência na produção de carne de qualidade com gordura adequada, maciez, sabor e suculência (Vaz et al., 2021).

Para os pecuaristas investirem em tecnologias no intuito de aumentar a lucratividade e melhorar a qualidade da produção, a indústria da carne precisa recompensar o produtor implementando programas de certificação para estimular os produtores a adotarem práticas que melhorem a qualidade da carne. Atualmente, os frigoríficos estabelecessem padrões de especificação de conformidade na compra do boi, atribuindo bonificações ao produtor e com a possibilidade de agregar valor aos produtos (Barcellos & Oaigen, 2014). Porém, estes padrões estabelecidos pela indústria qualificam animais somente por sexo, idade(dentição), raça e deposição adequada de gordura subcutânea ou quanto a origem e procedência, sistema de inspeções e produção sustentável (Pereira et al., 2012). No entanto, para que haja uma diferenciação no produto com informação de características como; maciez, suculência,

qualidade e valor nutricional, outros fatores analisados em conjunto definirão a qualidade da carcaça, por exemplo o manejo, nutrição e ambiente, área de lombo (AOL), cor da carne e gordura.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de dados de um sistema produtivo de carne no Sul do Brasil, buscando investigar as relações fenotípicas através da mensuração das variáveis: escore de condição corporal, peso final, espessura de gordura na garupa, peso de carcaça quente, acabamento e rendimento de bovinos destinados ao abate.

3.2- Materiais e Métodos

Todos os procedimentos envolvendo os animais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal no projeto cadastrado sob número 23110.013239/2021-31.

Localização

As informações foram coletadas em uma propriedade comercial- Granjas 4 Irmãos, localizada no município de Rio Grande/RS e na indústria de carne - Nossa Carne, localizada no município de Pelotas/RS, que possuem convênio firmado com a Universidade Federal de Pelotas para a realização de atividades de pesquisa.

Levantamento das informações

Foram avaliados 13 lotes totalizando 187 novilhos, da raça Aberdeen Angus, 14±2 meses, novilhos, saudáveis. Os animais eram mantidos em um único lote, em pastagem cultivada e com suplementação energética 1% do PV ofertada uma vez ao dia. Semanalmente os animais que eram encaminhados para o abate, conforme o manejo e seleção da fazenda, eram acompanhados e coletados.

Parâmetros avaliados para certificação

No momento do embarque para o abatedouro, realizava-se a pesagem individual de cada animal, através de balança digital, no momento em que cada boi entrava no tronco de contenção. Na sequência para avaliação da espessura de gordura da garupa (EGG) dos animais, realizava-se a ultrassonografia, com aparelho ultrassom Mindray DP-10 VET, com sonda linear, e frequência de 3,5 MHz, a partir da inserção da probe na intersecção dos músculos *Gluteus medius* e *Biceps femoris*, localizados entre o ílio e o ísquio (Faria et al., 2014). Ao visualizar a imagem ideal, a tela do equipamento era pausada e salva, com a identificação do animal do lote, para posterior avaliação. Posteriormente, através das imagens salvas e utilização dos

recursos do próprio aparelho, avaliava-se medidas de três pontos diferentes, para obtenção da média da EGG de cada animal.

Ainda no tronco de contenção, com a utilização do dispositivo SAGABov, avaliava-se o grau de acabamento da carcaça. É formado por duas hastes, que ao ser posicionado na garupa do animal, estima a espessura de gordura, através da marcação indicada, apresentada em três marcações/escores: baixo (vermelho), adequado (verde) e excesso (amarelo).

Na saída dos animais, determinava-se a variável escore de condição corporal (ECC) conduzida de acordo com método proposto por Lowman et al. (1976), em que o animal com ECC 1 é considerado severamente magro, e o animal com ECC 5, classificado como obeso. Ao término das avaliações e coletas descritas acima, os animais eram carregados em caminhão boiadeiro para o frigorífico.

Os animais chegavam no frigorífico em torno de duas horas e meia após o carregamento, e eram submetidos a dieta sólida em torno de 24 horas. Previamente ao abate, os animais eram observados nos currais, e também a sua condução até o banho e insensibilização.

Após a inspeção, antes da divisão da carcaça, a avaliação da cobertura de gordura/grau de acabamento era realizada por um integrante da equipe treinado. Para avaliar o acabamento foi utilizado o Sistema Brasileiro de Avaliação e Tipificação de Carcaças Bovinas (MAPA, 762 2014), observando-se a distribuição da gordura em cinco regiões específicas na carcaça: altura da sexta costela, sobre o músculo grande dorsal em sua parte dorsal; na altura da nona costela, sobre o músculo grande dorsal em sua parte ventral; na altura da 12ª costela, sobre o músculo serrátil dorsal caudal; na região lombar e no coxão. O escore de acabamento carcaça (EAC) utilizado, é classificado em 5 escores, onde 1 é ausente (sem recobrimento de gordura na carcaça); 2 escassa (recobertas por uma camada de 1 a 3 mm de espessura de gordura); 3 mediana (coxão recobertas por uma camada de 3 a 6 mm de gordura subcutânea); 4 uniforme (cobertas por uma camada de 6 a 10 mm de espessura de gordura subcutânea) e 5 excessiva (região lombar, alcatra e face lateral do coxão uniformemente cobertas por uma camada superior a 10 mm de espessura de gordura subcutânea).

No final da linha de abate, as carcaças foram pesadas para mensuração do peso de carcaça quente (PCQ), e mantidas 24 horas em câmara fria de 0 a 4°C para posterior pesagem e obtenção do peso de carcaça fria e o desconto de romaneio, obtendo o valor do ajuste de Carcaça Quente. O rendimento, expresso em porcentagem, calculado a partir da equação: $\text{Rendimento (\%)} = \text{PCQ/Peso Final} \times 100$.

A marmorização ou marmoreio foi medida no músculo *Longissimus dorsi*, utilizando um gabarito com referência e suas pontuações, onde: 1 e 2 - Regular, 3 e 4 - Boa, 5,6 e 7 Muito

boa e 8 e 9 Excelente. Para avaliar a cor da carne, foi utilizado de forma visual os padrões de cores em uma escala de cor vermelha de 0 à 7. Para cor da gordura, foi utilizada uma escala de 0- branco até 9- amarelo escuro. A cor da gordura é medida pela comparação da gordura intermuscular lateral ao *Longissimus dorsi* e adjacente ao músculo *Iliocostalis*. Quando a cor da gordura fica entre dois escores prevalece o score mais amarelo (Meat Standards Australia- MSA,2005).

Analises estatísticas

Para a análise exploratória, construíram-se gráficos de diagrama de caixa (box-plot) e de pizza para os diferentes lotes e variáveis. Foi realizada observação da distribuição e o resumo das principais estatísticas do conjunto de dados (mediana, quartis e prováveis dados discrepantes). Quando houve a possibilidade de comparação de médias, foi realizado teste *t* de student a 5% de significância. A regressão multivariada, foi obtida através do PROC STEPWISE do SAS (SAS, Inst., Inc., Cary, USA), para estimar o rendimento de carcaça.

3.3- Resultados e discussão

Inicialmente foi realizado análise descritiva dos dados obtidos até o momento, a fim de avaliar especialmente a amplitude das variáveis. Na tabela 1, descrevemos a distribuição do peso vivo final (PFV) dos novilhos coletados antes do embarque e 24h antes do abate. O peso corporal tem sido amplamente utilizado na determinação das taxas de crescimento dos animais e na predição de sua composição corporal e, portanto, nas taxas de crescimento de vários tecidos (Lawrence e Fowler, 2002; De Paula et al., 2013). Foi verificado uma distribuição heterogênea em todos os lotes assim como dentre os lotes com média do desvio padrão de 31,61 kg de PV, mesmo que ainda há a possibilidade de ser explicado diferença de idades dos animais em cada lote.

Tabela 1- Distribuição estatística do peso em Kg dos novilhos da raça Aberdeen Angus, antes carregamento e 24h antes do abate

Lote	Kg			DP ¹	Limites ²	
	Média	Mínimo	Máximo		Inferior	Superior
1	472,6	445,0	508,0	19,5	486,6	458,6
2	453,0	417,0	500,0	28,2	473,2	432,8
3	459,2	434,0	491,0	16,5	469,7	448,7
4	475,8	424,0	540,0	30,4	495,0	456,5
5	463,7	395,0	508,0	33,4	482,2	445,2
6	473,6	423,0	520,0	29,4	492,2	454,9
7	454,5	395,0	492,0	27,3	469,6	439,4
8	443,5	358,0	487,0	37,3	470,2	416,8
9	461,7	411,0	519,0	31,2	479,0	444,4
10	492,7	447,0	538,0	28,8	510,0	474,4
11	494,4	437,0	548,0	31,8	475,2	513,6
12	497,2	462,0	548,0	24,8	481,4	512,9
13	462,7	434,0	478,0	16,2	450,2	475,2
Média	469,8	358,0	548,0	31,61	474,79	464,82

¹DP= desvio padrão. ² Limite inferior = média-1,5*IQR, Limite superior = média+1,5*IQR

Foi observado a diferença entre o PV máximo e mínimo, na distribuição de cada lote na Tabela 1, expõe principalmente nos lotes 4,5,8, 9, 11 um DP maior que 30 kg de PV, analisando pelo valor de venda, em que o preço médio do boi gordo no Rio grande do Sul é de R\$11,34 (NESPRO, 2022), onde o preço final pode chegar a R\$4.059,72 nos animais mais leve até R\$6.214,32 em animais mais pesado, com uma diferença de R\$2.154,60. Esse cenário é preocupante. A falta de padronização do rebanho contribui para que o produtor não obtenha níveis de produção adequados já que carcaças com pesos leves e mais pesadas demandam da mesma mão-de-obra e tempo de processamento (Costa et al., 2002; Metz et al., 2009).

Fries em 1996, afirmou que o olho humano é um instrumento insuperável como um integrador de informações. Assim, a avaliação da aparência externa do animal pelo escore de condição corporal (ECC), é uma ferramenta que pode ser usada para estima o estado nutricional, fundamentada na massa de gordura e da cobertura muscular, ou seja, reflete as reservas energéticas dos animais auxiliando na indicação de práticas a serem adotadas no manejo nutricional do rebanho (Machado et al., 2008). Essa ferramenta contribui para a tomada de decisões assertivas no manejo e auxilia para garantir possíveis impactos na redução na produção. Apesar de haver 1% de animais com ECC 3 e 7% com ECC 3,5, observamos que não há uma grande variação de condição corporal de todos os animais coletados, onde 92% dos animais apresentaram ECC de 4 a 5 (Figura 2- A). Segundo Figueiredo Filho et al. (2012), animais com altos escores da condição corporal tendem a maiores valores de área de olho de lombo e espessura da gordura.

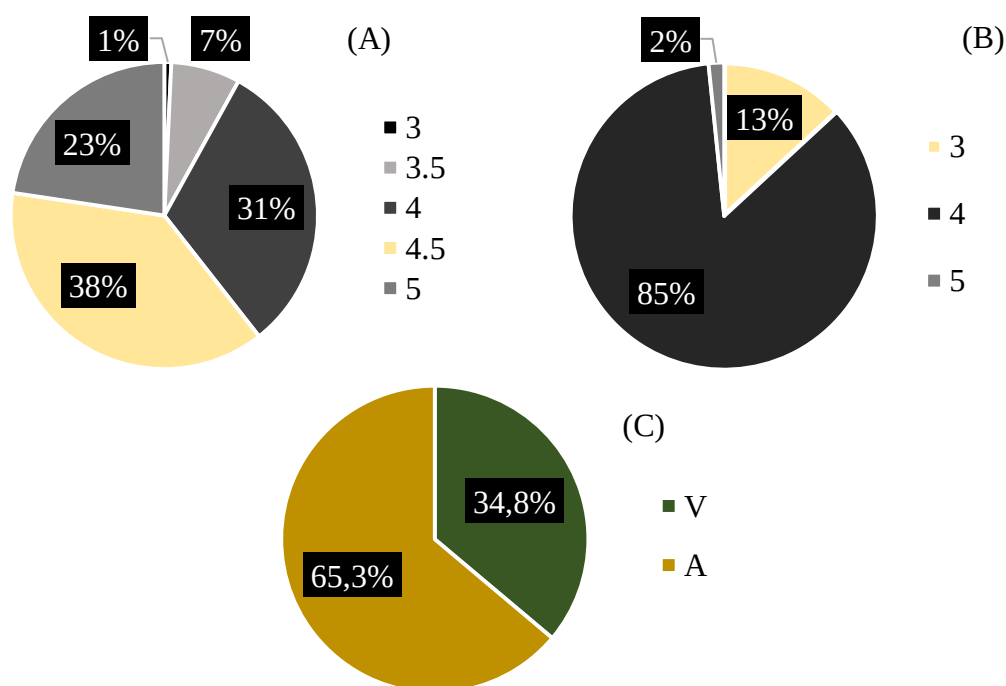


Figura 2-(A) distribuição da porcentagem de escore de condição corporal. (B) distribuição da porcentagem de escore de carcaça (C) distribuição da porcentagem de escore SAGABOV

A gordura subcutânea funciona como um isolante térmico, diminuindo a velocidade de resfriamento da carcaça, evitando a desidratação, o escurecimento e a diminuição da maciez da carne (Lawrie, 1981; Igarasi et al., 2008)). Sendo assim, os frigoríficos desejam carcaças padronizadas e com uma cobertura de gordura uniforme, sem falhas, adotando como padrão valores de espessura de 3 a 6 mm, garantindo a integridade e a qualidade da carne. Verificamos que 85% das carcaças obtiveram escore 4 (uniforme), 2% de carcaças com EAC 3 e 13% de EAC 5 (Figura 2-B). Esses 15% de carcaças medianas e excessivas, podem vir a prejudicar cortes nobres, seja por ter muita gordura ou falta da mesma. A falta de padronização para os níveis de gordura subcutânea em bovinos confinados muitas vezes resulta em reduções na qualidade da carcaça e da carne devido ao resfriamento, escurecimento e encurtamento das fibras musculares, e maior teor de gordura e gordura subcutânea excessiva também podem reduzir o rendimento geral da carcaça (Lawrie, 2005). Conforme Rocha (2012), as duas principais características de carcaça buscadas pelos frigoríficos são de peso e acabamento de carcaça que expressam média a alta herdabilidade, portanto, quando selecionadas, elas são facilmente transmitidas as suas progênies.

A utilização ultrassonográfica como ferramenta de acompanhamento do acabamento da carcaça bovina bem como a distribuição de gordura na carcaça amplia a possibilidade de melhora na qualidade de carne. Contudo, ainda é uma ferramenta com alto custo. O sistema de avaliação do grau de acabamento bovino (SAGABov), é uma ferramenta simples e de baixo custo que estima a cobertura de gordura animal permitindo o monitoramento e avaliação do rebanho (Silveira, 2001).

Tabela 2-Distribuição da medida da gordura subcutânea em mm entre escores de SAGABOV

SAGBOV	Contagem	%	Ultrassom (mm)			
			Média	Mínimo	Máximo	DP ¹
Vermelho	-			-	-	-
Verde	49	34,75	4,87	2,13	7,60	1,68
Amarelo	92	65,25	8,80	3,40	14,2	1,74

¹DP- desvio padrão

Contrastando o SAGBov com o Ultrassom, foi observado que 65,3% dos animais tiveram acabamento de carcaça excessivo (cor amarela) e 34,8% dos animais adequado (cor verde) (Figura 2-C). Embora a maioria dos animais indicassem excesso, ao contrastar com medidas de ultrassom da espessura de gordura da garupa (EGG), mostrou estar dentro dos parâmetros de carcaça uniforme, com média de 8,80mm de EGG (Tabela 2 e Figura 3). O SAGABov, tem

como sua premissa avaliar animais zebuínos, ponderamos que a indicação amarela (acabamento excessivo de gordura), nos novilhos Angus, indicou ser o ideal. Animais jovens das raças britânicas Angus ou Hereford, a gordura adequada, são fundamentais para a qualidade da carne, principalmente na maciez, mas também no sabor e suculência (Vaz et al. 2021).

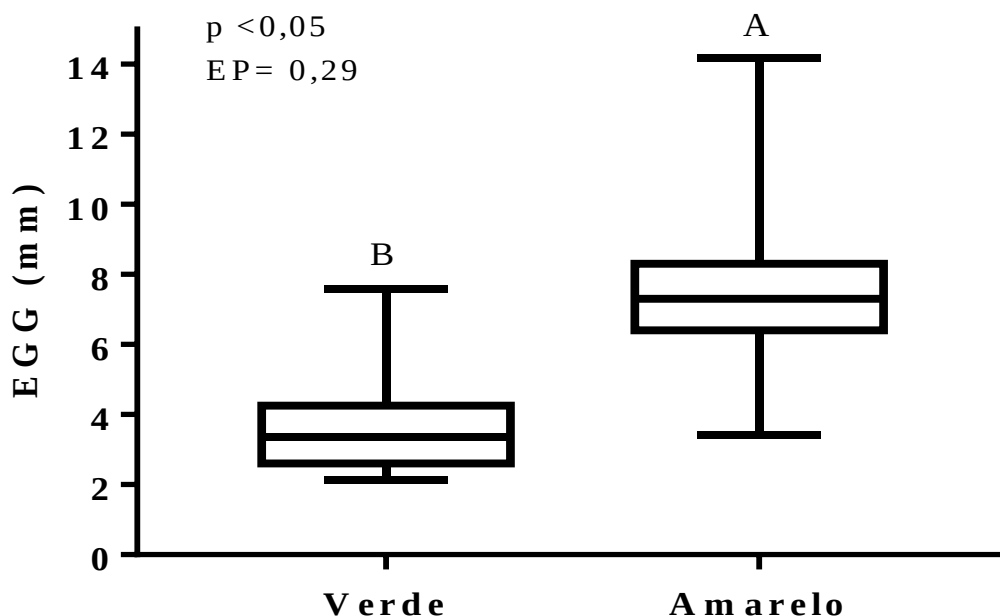


Figura 3- Espessura da gordura da garupa dos animais por grau de acabamento medido pela ferramenta SAGABOV

Foi observado heterogeneidade entre os lotes ($p < 0,05$), para espessura de gordura de garupa (EGG) (Figura 4). Como comentado anteriormente, a falta de padronização em PV do lote pode ter efeito na homogeneidade tanto do rendimento de carcaça como no EGG. A EGG, fica entre o couro e os músculos, é um ótimo indicador de qualidade, não só por agregar mais sabor. A consistência da produção de produtos cárneos com qualidade superior, é um desafio diário para a indústria, em parte devido à complexidade da bioquímica envolvida nos *processos post-mortem*, mas também devido ao grau de acabamento e peso que estes animais chegam da fazenda para o abate (Egolf et al., 2021). Agregando valor comercial de determinados cortes, os quais seriam desclassificados pela ausência de gordura, principalmente.

Contudo a média de EGG foi de 8,80mm para os animais que apresentaram cor amarela do SAGABov. De Lima et al. (2021), relata que quanto maior a deposição de gordura no quarto traseiro, o rendimento de carcaça também tende a aumentar, além de que avaliação neste local é eficaz para predição de distribuição de gordura no coxão. Segundo Pérez & Carvalho (2007),

o EGG correlaciona positivamente com a quantidade total de gordura acumulada no corpo do animal, desta forma protege a carcaça contra o frio das câmaras, durante o processo de resfriamento, evitando assim o escurecimento e o enrijecimento dos cortes mais superficiais. para exportação.

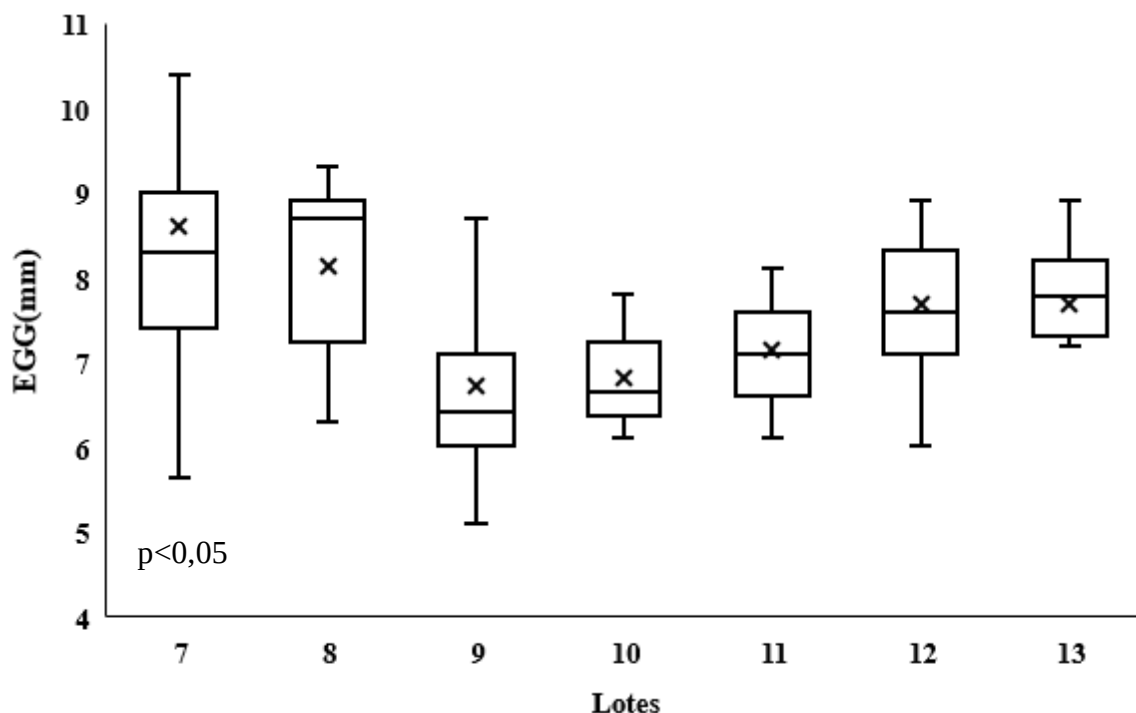


Figura 4- Distribuição de espessura de gordura de garupa (EGG)

No rendimento da carcaça (RC) foi observado de 55 a 57% de RC (Figura 5, D), com certo padrão entre os lotes. Estes valores foram superiores aos relatados 53,96% por Costa et al. (2002). Apesar de ser inferior aos dados de relatado por Maldonado et al. (2007), que verificaram rendimento de carcaça quente e fria de 61,32% e 60,28% para animais abatidos com média de 527 kg, os valores de RC encontrados foram semelhante animais Angus castrados, terminados com silagem e concentrado 62,3% de RC e terminados em pastagem 54,3% RC (Duckett et al., 2013). Contudo, a variação de rendimento observada em animais do mesmo lote não é interessante, já que como proposta da certificação visamos implementar o selo em cortes que sigam um padrão, não só considerando as análises dentro da fazenda, como também do frigorífico e na agroindústria. Assim como observamos que os animais que tiveram maior peso vivo (pesados antes do embarque), não expressaram maior RC. (Figura 5-A e D).

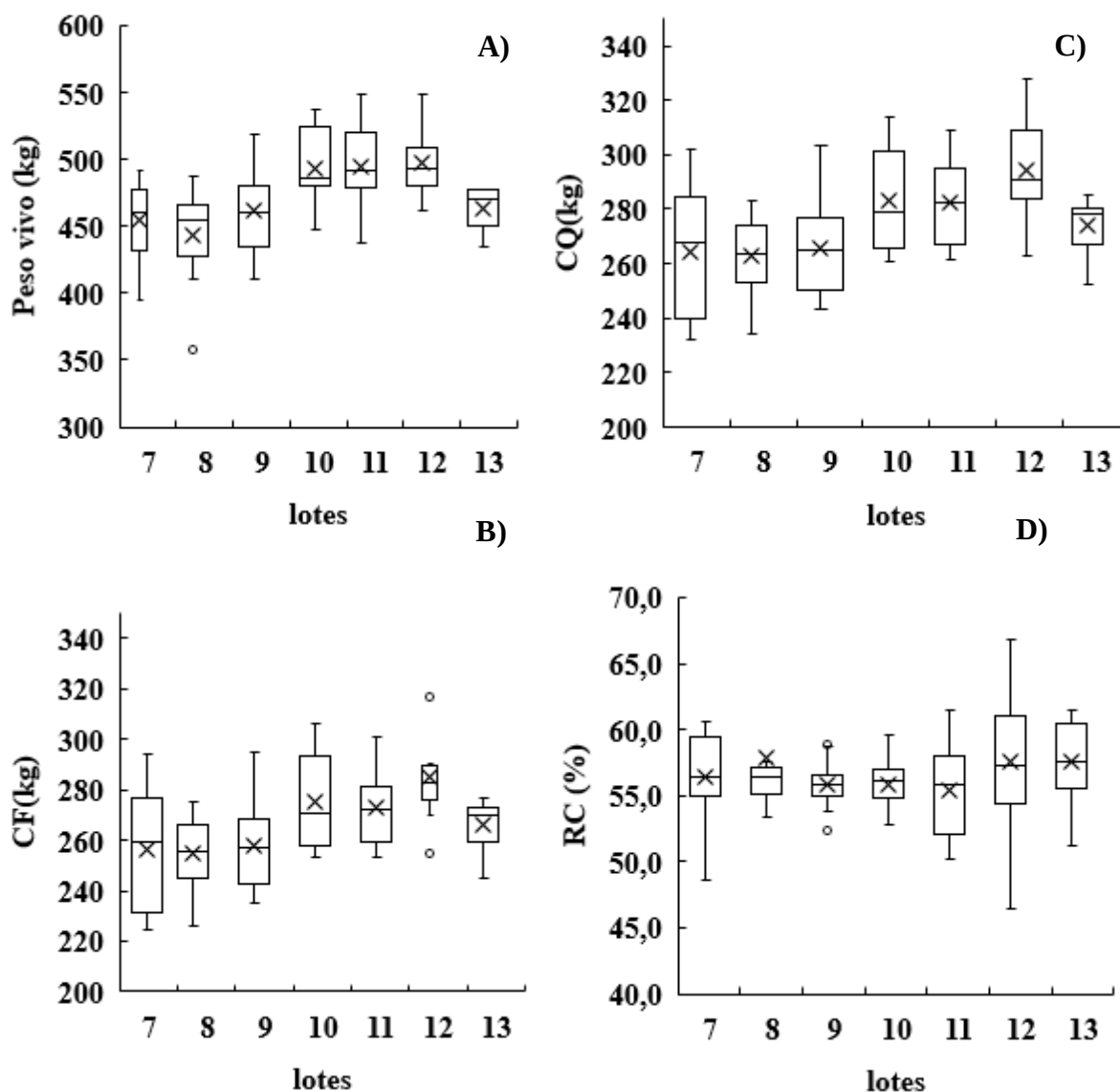


Figura 5- Distribuição das variáveis peso vivo fina (PFV), carcaça quente (CQ), carcaça fria (CF) e rendimento de carcaça (RC)

Foram realizadas regressões múltiplas para verificar possíveis relações entre o RC em porcentagem, com a pesagem dos animais antes do embarque para o frigorífico e 24h antes do abate. Desta forma, foi verificado quais características que melhor explicam o desempenho de carcaça dos novilhos sob pastagem e suplementados com 1% do PV. Entre todas as variáveis selecionadas para serem incluídas no modelo, Peso vivo final (PFV), escore de condição corporal (ECC), escore de acabamento de carcaça (EAC) e espessura de gordura de garupa (EGG), foram as que melhores relacionaram ao rendimento de carcaça de novilhos ($p < 0,05$). Considerando a análise de stepwise, o uso conjunto de indicadores permitiu explicar 42 % da variabilidade para RC (Tabela 3).

O coeficiente de 42% pode ser considerado satisfatório, tendo em vista o que outras variáveis que influenciam no desempenho animal (rendimento de carcaça), como a interação de fatores bióticos e abióticos, o que resulta na dificuldade para estimar a variável resposta. Elejalde et al. (2012), adicionaram a suas análises de regressão múltipla, a composição química da forragem aparentemente consumida, estes autores observaram que o conjunto das variáveis que entraram no modelo foram: FDNcp que explicaram 49 %, NDT:PB 66 %, DIVMO 77 % e MS 80 %. Com um modelo 77,9 % da variação do ganho de peso, Carvalho et al. (2015), apenas 35,2 % foram devidos a efeitos fixos como oferta da forragem, desaparecimento da forragem, temperatura e período, sendo 10,8 % de massa bocado e suas interações como altura da pastagem e peso corporal. Porém, o modelo estatístico usado não conseguiu explicar uma grande proporção da variação do desempenho (42,7 %).

Tabela 3- Variáveis selecionadas pelo modelo de regressão para rendimento de carcaça x peso vivo final x variáveis de tipificação

Variáveis	R ² Parcial	R ² Modelo	P-Value
	Rendimento de carcaça (RC)		
PFV	0,17	0,17	0,01
ECC	0,09	0,26	0,05
EAC	0,10	0,36	0,01
EGG	0,06	0,42	0,01

Modelo da regressão: $RC = 47,789 + (-0,030 \cdot PFV) + (1,117 \cdot ECC) + (2,383 \cdot EAC) + (1,090 \cdot EGG)$. PFV- Peso vivo final, ECC- Escore de condição corporal, EAC- Escore de acabamento de carcaça e EGG- espessura de gordura de garupa.

A árvore de decisão (Figura 6), foi realizada com o objetivo de investigar quais foram os principais resultados que são determinantes para definir as características para certificação. De acordo com os resultados levantados, animais mais pesados ($PFV > 470\text{Kg}$), em sua maioria tiveram o EGG 4,8mm. O cenário para $PFV < 470\text{Kg}$, considera que estes a base de definição maior ou menor que 5,3mm. Neste contexto, observamos que em animais leves (PVG), o EGG foi maior e o RC foi semelhante aos animais mais pesados. Isso sugere que não se faz necessário ter animais pesando próximos 500 Kg para obter acabamento e rendimento ideal.

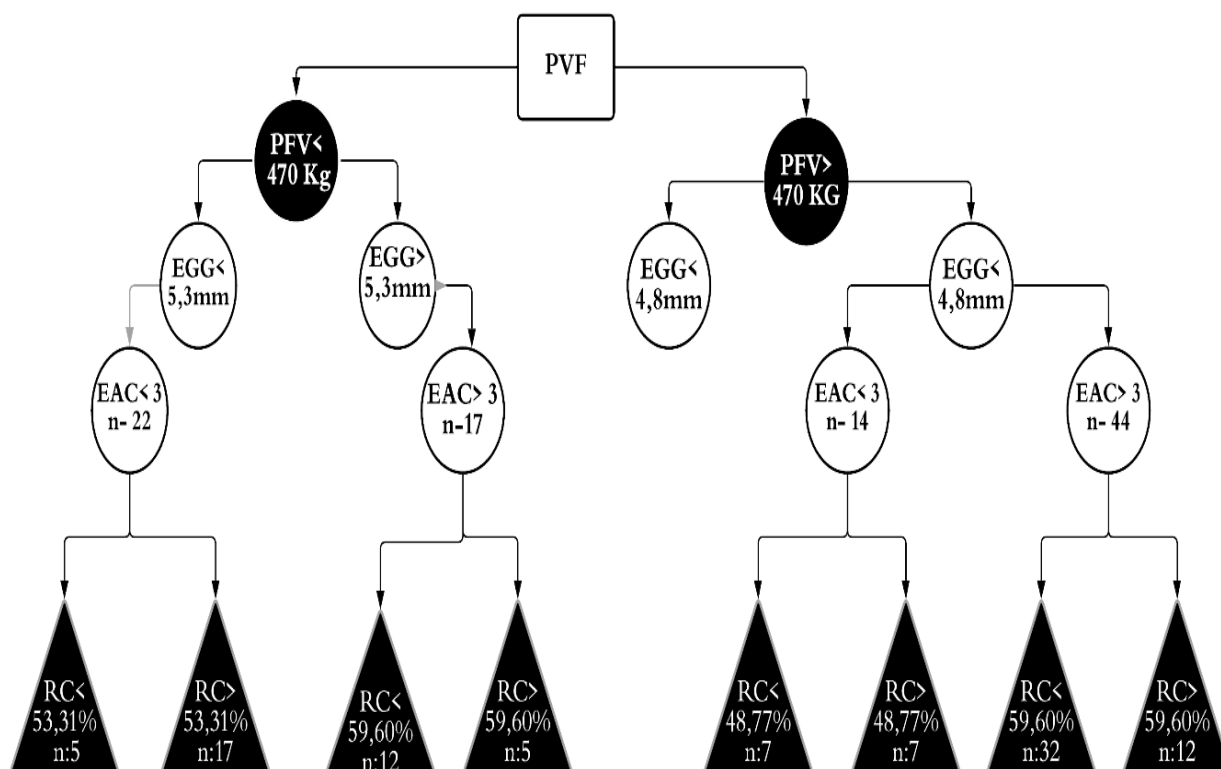


Figura 6-Árvore de decisão para Peso vivo final (PVF), EAC- Escore de acabamento de carcaça e EGG- espessura de gordura de garupa

A diferenciação da carne bovina, pode ser caracterizar por fatores como: quantidade de marmoreio, cor do músculo, cor da gordura e maciez (Marques, 2009). Neste trabalho, foram avaliadas as características de marmoreio, coloração de gordura e de carne, pela metodologia australiana Meat Standards Australia (AUSMEAT,2005). Na figura 7, é possível perceber a porcentagem do grau de classificação para cada característica. O Marmoreio está especificado na figura 7-A, conforme o método australiano a classificação vai de 1-9, medida no músculo *Longissimus dorsi*(contrafilé). Observamos que 4% dos animais tiveram padrão de marmoreio classificado como 3-bom e entre ruim e regular com escore 2 (46%) e escore 3 (50%).

Além disso, percebemos que através da interferência no sistema de criação podemos melhorar a classificação de marmoreio, proporcionando ao animal crescimento adequado e consistente na fase fetal, nascimento ao desmame e do desmame à entrada no confinamento. As taxas de crescimento sugeridas para esses períodos são de 0,900 kg/dia, do nascimento ao desmame e 0,600 kg/dia, do desmame à entrada no confinamento. Como acredita-se que o estresse tenha um impacto negativo sobre o marmoreio, o bom temperamento dos animais e o manejo também devem ser considerados (Jacometo et al., 2017). O marmoreio geralmente aumenta à medida que o animal amadurece e acumula gordura.

Aproximadamente 15% de todos os cortes bovinos no varejo não atendem à expectativa de cor vermelho cereja brilhante desejada pelos consumidores, o que gera grandes prejuízos para a indústria da carne (Wicks et al., 2019; Ramanathan et al., 2020). Foi observado que a cor da carne teve escore moderado, ou seja, com a coloração ideal de vermelho claro a cereja com 4% escore 1C, 58% escore 2 e 38% escore 3 (Figura 7-B). Segundo AUSTMEAT (2005), o padrão é entre 1B até 3. A cor da carne, é entendida pela quantidade de mioglobina, bem como a forma como o oxigênio se difunde no musculo e pode varia principalmente com a atividade física dos músculos que o compõem e a maturidade fisiológica do animal ao abate. De acordo com Apaoblaza et al. (2020), animais terminados a pasto produzem carne escura, o qual é consequência de um metabolismo energético muscular mais direcionado para a via oxidativa quando comparado com animais terminados em confinamento. Os bovinos terminados a pasto se exercitam mais e, geralmente, são abatidos mais velhos; assim, por exercício e maturidade, sua carne tem maior concentração de mioglobina e, consequentemente, maior saturação da cor vermelha do que a dos confinados. O pH final ou a acidificação da carne corresponde ao acúmulo de ácido láctico oriundo da ressíntese do ATP a partir da glicose proveniente das reservas de glicogênio e normalmente bovinos terminados com pastagem possuem menor disponibilidade de glicogênio no momento do abate e pH final da carne mais elevado (Neath et al., 2007).

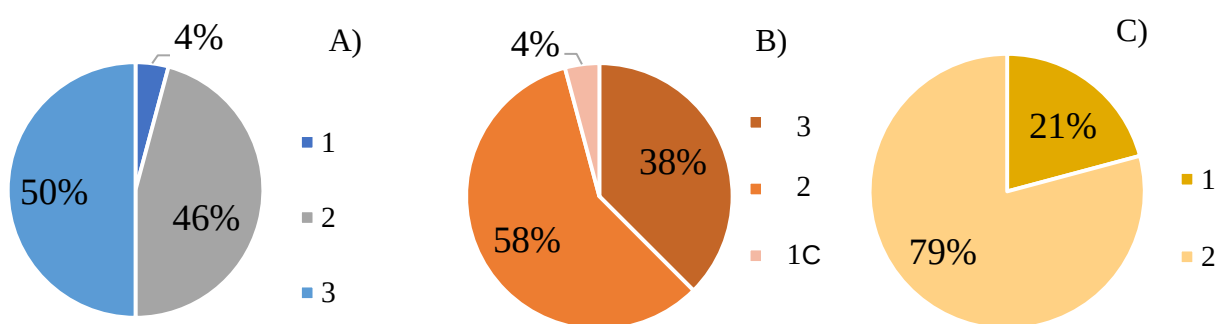


Figura 7- Distribuição em porcentagem da avaliação de marmoreio(A), cor da carne (B), cor da gordura(C)

Os efeitos dos fatores ambientais, como a temperatura e umidade podem resultar em um estresse aos animais e com consequências à saúde, produtividade e qualidade do produto final. Segundo Maltin et al. (2003), em carcaças com alto pH (maior que 5,7), a carne não permite que o oxigênio se espalhe causando aparência escura, assim como, carne escura com pH

aceitável também pode resultar em um animal com grande quantidade de mioglobina. O estresse térmico agudo imediatamente antes do abate, estimula a glicogenólise muscular e pode resultar em carne clara, macia e exsudativa (PSE) caracterizada por baixa capacidade de retenção de água. Em contraste, os animais submetidos a estresse térmico crônico têm estoques de glicogênio muscular reduzidos, resultando em carne escura, firme e seca (DFD) com pH final alto e alta retenção de água (Adzitey & Nurul, 2011; Kim et al., 2014; Warner et al., 2014).

Na figura 7-C coloração encontrada foi levemente amarelada nos animais estudados e que se enquadraram na escala de 1 e 2. Esses valores foram análogos ao encontrado por Lima et al. (2021), que observaram maior intensidade da cor amarela nos animais terminados a pasto. A cor da gordura, pode ser influenciada por diversos fatores, podendo-se destacar a alimentação, idade, sexo e raça. O teor de amarelo é associado ao betacaroteno, precursor da vitamina A que é um antioxidante lipossolúvel, pertencente à família dos carotenóides (Priolo et al., 2001). Normalmente, animais terminados a pasto e provenientes das pastagens, principalmente às mais jovens, têm elevadas quantidades de β -caroteno e teor de amarelo (Kerth et al. 2007; Scaglia et al., 2012; Duckett et al., 2013). Por outro lado, esse é um aspecto favorável para o atributo cor, pois os consumidores frequentemente relacionam carnes com gordura amarela a animais velhos (Muchenje et al., 2009).

3.4 Conclusão

Os resultados encontrados permitem identificar atributos que servirão como padrão para Certificação Nupeec Beef, tornando evidente um produto superior, de valor agregado e com o selo de certificação de qualidade, assim como é a proposta do projeto.

Colocaria variáveis mais informativas

3.5- Referencias

ADZITEY, F.; NURUL, H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences. **International Food Research Journal** , 18, 11-20. 2011.

AGUIAR, G. A. M. (2018). Análise da estrutura competitiva e comportamento estratégico das indústrias frigoríficas participantes do programa carne Angus certificada em São Paulo **(Dissertação de mestrado)**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

APAOBLAZA, A. et al. Muscle from grass- and grain-fed cattle differs energetically. **Meat Science**, v. 161, p. 107996, 1 mar. 2020.

AUS-MEAT Limited. 2005. 'Handbook of Australian meat.' 7th edn.

BARCELLOS, J. O. J.; OAIGEN, R. P. **Cadeia produtiva da carne bovina e os sistemas de produção na bovinocultura de corte**. In: OAIGEN, R. P. (Coord.). Gestão na bovinocultura de corte. Guaíba: Agrolivros, 2014. p. 21-43

BRANDÃO, F. S., CEOLIN, A. C., CANOZZI, M. E. A., REVILLION, J. P. P., & BARCELLOS, J. O. J. Confiança e agregação de valor em carnes com indicação geográfica. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, 64(2), 458-464. 2012.

CARVALHO P. C. F.; BREMM C.; MEZZALIRA J. C. et al. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? **Animal Production Science**, v. 55, p. 319-327, 2015.

CARABAÑO MJ, RAMÓN M, DÍAZ C, MOLINA A, PÉREZ-GUZMÁN MD, SERRADILLA JM. BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM: Breeding for resilience to heat stress effects in dairy ruminants. A comprehensive review. **J Anim Sci**. 95(4):1813-1826. 2017.

CARVALHO, P. D. F.; FISCHER, V.; SANTOS, D. D.; et al. Produção animal no bioma campos sulinos. **Brazilian Journal of Animal Science**, João Pessoa/PA, 35, 156-202, 2006.

CONCEIÇÃO, J. C. P. R.; BARROS, A. L. M. **Certificação e rastreabilidade no agronegócio: instrumentos cada vez mais necessários**, 2005. Texto para discussão Nº 1122, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

COSTA, E. C. D.; RESTLE, J.; VAZ, F. N.; et al. Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(1), 119-128. 2002.

DE PAULA, N. F et al. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. **Journal of Animal Science**. 91:3341–3351.2013. doi:10.2527/jas.2012-5233

DE LIMA, H. L., SANTIN JUNIOR, I. A., ZAMPAR, A., SOLDÁ, N. M., BOTTIN, F. L., TOMASI, T., & CUCCO, D. DE C. Diferentes sistemas de terminação e seus efeitos na carcaça e carne de novilhos angus superprecoces. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, 15(1), 46–57. 2021

DIGIOVANI, M. S. Certificação, rastreabilidade e normatização. Boletim Informativo da **FAEP – Federação da Agricultura do Estado do Paraná** - 2006. Disponível em: <http://www.faep.org.br>. Acesso em: 21 abril de 2018.

Duckett, S.K.; Neel, J.P.S.; Lewis, R.M.; Fontenot, J.P.; Clapham, W.M. Effects of forage species or concentrate finishing on animal performance, carcass and meat quality. **Journal of Animal Science**, 91(3): 1454-1467, 2013

DUFF, C. J.; van der Werf, J. H. J.; Parnell, P. F.; Clark, S. A. Comparison of two live-animal ultrasound systems for genetic evaluation of carcass traits in Angus cattle, **Translational Animal Science**, Volume 5, Issue 1, January. 2021

EGOLF, SAMANTHA R.; EGOLF, AUSTIN C.; HITE, LYDIA M.; BAKKER, CHRISTINA ELAINE; BLAIR, AMANDA D.; UNDERWOOD, KEITH; AND GRUBBS, JUDSON, "Beef

Carcass Weight and Quality Grade Influence Tenderness" (2021). *SDSU Beef Day 2021. Summary Publication*. 6.

ELEJALDE, D. A. G.; NABINGER, C.; PASCUAL, M. G. C.; FERREIRA, EDUARDO T.; et al. Quality of the forage apparently consumed by beef calves in natural grassland under fertilization and oversown with cool season forage species. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa/MG, v.41, p. 1360-1368, 2012.

FARIA, C. U.; MAGNABOSCO, C. U.; ALBUQUERQUE, L. G. et al. Utilização de escores visuais de características morfológicas de bovinos nelore como ferramenta para o melhoramento genético animal. **Embrapa Cerrados**, 2007, 40 p. (Documentos)

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

FIGUEIREDO FILHO, L. A. S., SARMENTO, J. L. R., CAMPELO, J. E. G., SANTOS, N. P. D. S., & SOUSA JÚNIOR, A. Medidas de características da carcaça por meio de ultrassonografia em caprinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 13, 804-814. 2012.

FRIES, L. A. Uso de escores visuais em programas de seleção para a produtividade em gado de corte. **SEMINÁRIO NACIONAL-REVISÃO DE CRITÉRIO DE JULGAMENTO E SELEÇÃO EM GADO DE CORTE**, p. 1-6, 1996.

GONZALEZ R, CHAUHAN S, HA M, FEGAN N, DUNSHEA F, WARNER RD. Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: a review. **Meat Sci** 162:108025.2020.

Gregory NG (2010) How climatic changes could affect meat quality. **Food Res Int** 43(7):1866–1873.

GROOT, Etiénne. Preference segments in beef purchase. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 2, 2021

IGARASI, M. S. et al. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grão úmido de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 520-528, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. 2021. Pesquisa trimestral de abate de animais.

JACOMETO, C. B.; ZHOU, Z.; LUCHINI, D.; CORRÊA, M. N.; LOOR, J. J. 2017. Maternal supplementation with rumen-protected methionine increases prepartal plasma methionine concentration and alters hepatic mRNA abundance of 1-carbon, methionine, and transsulfuration pathways in neonatal Holstein calves. **J. Dairy Sci.**, v. 100, p. 3209–3219, 2017.

LAWRENCE, T. L. J & FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. 2nd ed. CAB Publ., New York. 2002.

LAWRIE, R. A. Ciência da carne. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p

KERTH, C.R.; BRADEN, K.W.; COX, R. et al. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. **Meat Science**, v.75, p.324-331, 2007.

LOWMAN, B. G. N.; SCOTT, N. A.; SOMERVILLE, S. H. Condition scoring of cattle. Edinburgh: The Edinburgh School of Agriculture, 1976. 5 p. (East of Scotland College of Agriculture. Bulletin, 6).

KIM, Y. H. B.; WARNER, R. D.; ROSENVOLD, K. Influence of high pre-rigor temperature and fast pH fall on muscle proteins and meat quality: a review. **Animal Production Science**, 54(4), 375-395. 2014.

MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. **Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminants**. Embrapa, Circular Técnica 57, São Carlos, SP Dezembro, 2008.

MAIA FILHO, G. H. B.; BARBOSA, F. A.; ANDRADE JÚNIOR, J. M. C.; MACIEL, I. C. F.; COSTA, P. M.; SALLES, A. P. Mercado consumidor e a qualidade de carne bovina no Brasil. **Caderno de Ciências Agrárias.**, v.7, n.1, 2015.

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

MARQUES, P. A. S; Processamento de imagens para análise de qualidade da carne bovina. Ribeirão Preto, 2009.

MEAT STANDARDS AUSTRALIA (MSA). **User's guide to Australian Meat**. 3rd ed. Brisbane AUSMEAT Limited. 2005, 84p

METZ, P.A.M.; MENEZES, L.F.G.; ARBOITTE, M. Z. et al. Influência do peso ao início da terminação sobre as características de carcaça e da carne de novilhos mestiços Nelore x Charolês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.346-353, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Carcaças Bovinas. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa N. 9 de 04 de maio de 2004. Diário Oficial da União, ano 141, n.85, seção 1, p.3, 2004

MUCHENJEA, V.; DZAMAC, B.K.; CHIMONYOA, M. et al. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, v.112, p.279-289, 2009.

NEATH, K.E.; DEL BARRIO, A.N.; LAPITAN, R.M. et al. Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during post mortem aging. **Meat Science**, v.75, p.499-505, 2007.

Núcleo de Estudos em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva (NESPRO). Pesquisa semanal: preços de gado gordo e de reposição no RS. 2022.

OSHIIWA, M. et al. Perfil e atributos que influenciam na decisão de compra dos consumidores de carnes em dois supermercados de médio porte na cidade de Marília/SP. **Unimar Ciências**, v.26, n.1-2, p.95-113, 2017

PÉREZ, J. R. O.; CARVALHO, P. A. Considerações Sobre Carcaças Ovinas. **Boletim agropecuário**. Lavras/ MG. 2007.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: a review. **Animal Research**, v.50, p.185-200, 2001.

PROCÓPIO, D. P.; CORONEL, D. A.; LÍRIO, V. S. Competitividade do mercado internacional de carne bovina Uma análise dos mercados brasileiro e australiano. **Revista de Política Agrícola**, 20(2), 40-51. 2011.

RAMANATHAN, R.; SUMAN, S. P.; FAUSTMAN, C. Biomolecular Interactions Governing Fresh Meat Color in Post- mortem Skeletal Muscle: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2020

ROCHA, L. M. D.; CARVALHO, P. C. D. F.; BAGGIO, C. et al. Desempenho e características das carcaças de novilhos superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(10), 1379-1384. 2012.

RODRIGUES, L. M. S.; MARTA-COSTA, A. A. Competitividade das exportações de carne bovina do Brasil: uma análise das vantagens comparativas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 59. 2021.

SILVEIRA A.C. Produção de Novilho Superprecoce. **Anais do II Simpósio de Produção de Gado de Corte**, Viçosa, 2001. p.37-54.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B., 1965. **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. *Biometrika*, 52(3–4), pp. 591–611.

THAMO, D. ADDAI , DJ PANNELL , MJ ROBERTSON , DT THOMAS , JM YOUNG. Impactos das mudanças climáticas e adaptação no nível da fazenda: análise econômica de um sistema misto de cultivo-pecuária **Agric. Syst.** , 150 , pp. 99 – 108. 2017.

UWAMALIYA, B. Assessment of consumer awareness and preferences for quality certification and origin-labelling in food salads, Kigali, Rwanda. **Unpublished M. sc thesis (Agric. Economics), Department of Agricultural Economics.** 2014.

United States Department of Agriculture - USDA. Foreign Agricultural Service. 2021.

VAN WEZEMAEL, L.; VERBEKE, W.; DE BARCELLOS, M. D.; SCHOLDERER, J.; PEREZ-CUETO, F. Consumer perceptions of beef healthiness: results from a qualitative study in four European countries. **BMC Publ Health**, v. 10, p. 342. 2010

VAZ, F. N.; MAYSONNAVE, G. S.; PASCOAL, L. L.; VAZ, R. Z.; SEVERO, M. M.; FABRICIO, E. de A. Análise do valor agregado em bovinos certificados para o programa de carne angus no sul do Brasil. **Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 22, n. 1, 2021.

WARNER, R. D.; DUNSHEA, F. R.; GUTZKE, D., LAU, J.; KEARNEY, G. Factors influencing the incidence of high rigor temperature in beef carcasses in Australia. **Animal Production Science**, 54(4), 363-374. 2014.

WICKS, J. et al. Muscle Energy Metabolism , Growth , and Meat Quality in Beef Cattle. **Agriculture**, v. 9, n. 9, p. 195, 2019

ZHANG, M., DUNSHEA, F. R., WARNER, R. D., DIGIACOMO, K., OSEI-AMPONSAH, R., & CHAUHAN, S. S. Impacts of heat stress on meat quality and strategies for amelioration: A review. **International journal of biometeorology**, 64(9), 1613-1628.2020.

4-Artigo II – Short Communication**Relação entre índice de temperatura e umidade e temperatura interna em bovinos de corte**

Artigo será encaminhado a *Journal of Thermal Biology*

Relationship Between Temperature and Humidity Index and Internal Temperature in Beef Cattle

Abstract

Efficiency in livestock production is largely affected by climatic variables. Thermal stress negatively influences the welfare and productivity of cattle; it is caused by an imbalance between metabolic-heat production inside the animal's body and its dissipation to the environment. Thus, the development of strategies that reduce the effects of heat stress on animal production is of great importance.

Keywords: beef cattle production, heat stress, management, thermoregulation

4.1- Introduction

The bovine species is classified as homeothermic, which means that the animals are constantly seeking to maintain their physiological temperature (between 38.5 and 39.4°C), triggering, when necessary, mechanisms aimed at regulating metabolic heat (Navarini et. al, 2009). Body temperature control is regulated through processes that require energy expenditure, both to dissipate heat and to produce it, having direct effects on animal performance (Ferreira et al, 2006; Dash, et al. 2016). In recent years, heat waves in territories located in tropical climates, and even in temperate climates, have become longer and more intense, with high environmental temperatures being one of the main challenges for animals inhabiting in these climates (IPCC, 2017).

Environments with high temperatures, combined with high air humidity, subject animals to discomfort and raise their stress levels, which can cause the depression of physiological and metabolic activities (Ganaie et al., 2013). Based on this, the thermal comfort zone was identified, which is the temperature and humidity range that requires the least effort to regulate body temperature, obtaining a minimum expenditure of energy for the maintenance of the

organism and distributing energy in order to improve productive and reproductive aspects (Berihulay et al., 2019). In this way, we can emphasize that the environmental components that affect the physiological processes of animals are high air temperature, but intensified by high humidity, thermal radiation, low air movement, and metabolic heat (Jeelani et al., 2019).

In addition to the thermal comfort zone, the Temperature-Humidity Index (THI) was developed; when high, it has been associated with reduced dry matter intake, low growth rate, reduced immunocompetence and decreased milk production (Hahn et al., 1999; West, 2003; Wheelock et al., 2010; Ferrazza et al., 2017), but there still are discussions as to its use for evaluating production animals. Carabaño et al. (2017) observed that THI values up to 74 are considered a normal condition, while 74 to 79 means a state of alert, 79 to 84, a hazard, and values above 84 are deemed an emergency; in their turn, Seixas et al. (2017) determined that, up to 72, there would be no stress, and, from 72 onwards, productive losses would begin – 72 to 78 would be considered as mild stress, 78 to 88, moderate stress, 88 to 98, severe stress, and values above 98 would mean a possibility of death.

Depending on context, obtaining a model for a group of animals that describes the same observed and/or measured phenomenon and that represents and illustrates, in a simplified manner, a daily problem in cattle breeding, which is heat stress, will help in decision-making. Thus, our objective is to build an equation to estimate the internal temperature of beef cows using the THI variable as a predictor.

4.2- Material and Methods

All procedures for handling and caring for the animals were carried out in accordance with the guidelines and approved by the Animal Research Ethics Committee of the Federal University of Pelotas, under protocol No. 5069.

4.2.1-Database

A dataset with 223 dairy Nellore cows (NEL; n=146) and crossbred cows (CRB; n=77; ½ *Bos taurus* vs. ½ *Bos indicus*) was used. The data were gathered from internal-temperature measurement tests conducted in a commercial property located in the municipality of São Domingos do Araguaia, Pará, Brazil (5°31'39" S, 48°49'18" W). The group of animals comprised approximately 457.12 ± 26.8 kg of body weight (BW) and was handled under continuous grazing with variable stocking rate (kg ha⁻¹ of live weight (LW), so that they were provided with the same forage supply (FS).

4.2.2- Calculations

The Temperature Humidity Index (THI) was determined through climatic data referring to dry bulb temperature (DBT °C) and relative humidity (%RH); they were obtained by means of a mobile meteorological station (Instrutemp® ITWH-1080, Instrutemp, São Paulo, Brazil) installed next to the experimental area. The THI to which the animals were subjected was calculated using the same information, with the following equation (NRC, 1971): $THI = (1.8 \times DBT^{\circ}C + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times \%RH) \times (1.8 \times DBT^{\circ}C - 26.8)]$.

The internal temperature (vaginal temperature) was monitored at 30-minute intervals using a data logger thermometer (Ibutton®, Thermochron, Whitewater, USA) coupled to the intravaginal device, during a fixed-time artificial insemination protocol; the first and last days of the protocol were excluded from the analyses due to the handling of the animals, as they could interfere with their internal temperature.

4.2.3- Statistical Analysis

The Temperature Humidity Index, assessed as an estimator of internal temperature, was determined among the observed parameters, using specialized nonlinear exponential models developed by the JMP statistical package (software version 15, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), which we can describe by: $Y = b_0 * \text{Exp}(b_1 * THI)$. From this model, it was possible to

build a general equation with the compiled data, an equation for NEL and another for CRB and, finally, a model for the two groups of animals by period – daytime (08:00 to 20:00) and nighttime (20:30 to 7:30). The variability of the mean distance between the estimated and the observed values was assessed using the mean squared error (MSE) of the estimate, and, to measure the error of the models in estimating the data, the root mean squared error (RMSE) was observed.

The IT estimates generated through the equations were compared with the IT data observed in the tests. To verify whether there is a difference of 0 for each group, a two-tailed t test was performed with a significance of $p < 0.05$. To analyze the agreement between the equations, the Bland-Altman test was applied. Bland-Altman plots represent the difference between methods; a good agreement is shown by values approaching the 0 mean difference line and between the limits of the 95% confidence interval of the agreement (Bland & Altman, 2007).

4.3- Results

The relationship between Temperature Humidity Index (THI) and Internal Temperature (IT) was used to build the regression equation, which was tested by a non-linear exponential model. The THI was applied as an estimator of the IT variable to beef cows under continuous grazing (Table 4). Considering the differences between the estimated and observed values by mean squared error (MSE), all equations were close to zero (0.01°C for IT), which indicates the effectiveness of the estimator. In most of the equations, the coefficient of determination (R^2) showed that the data are close to the fitted regression line, that is, in an apparently intuitive manner, the models fitted the observed set, with a significance of $P < 0.05$. A general model was designed using data compiled from the NEL and CRB groups, resulting in a high level of precision, with a satisfactory value of $R^2 = 76\%$ at $P < 0.05$. In the general model, the value found for NEL was $R^2 = 76\%$ as well, while the model generated for CRB resulted in $R^2 = 85\%$.

Considering the models by period (day and night), for cows in both groups, R^2 values of 86% and 51% were observed in the daytime and nighttime models, respectively, for NEL. For the CRB animals, the values were $R^2 = 90\%$ for the daytime model, and 75% for the nighttime model. All models built by period presented a significance of $P < 0.05$.

To analyze the agreement of the equations, the Bland-Altman method was applied. As shown in Figure 8, the model studied for Nellore cows had the mean of the differences at point zero ($P=0.86$), and even though some values are within the confidence interval, the model presents a systematic tendency to have difference values below average ($P < 0.05$), by linear regression analysis (Table 5). For the models built by period, for NEL cows, the mean of the differences stood at 0.03°C ($P=0.88$) for the daytime model (Figure 9;A), as shown in table 5; this model presented a potential propensity for the values to be below average ($P < 0.05$). While the nighttime model is close to zero and mostly within the 95% confidence interval (Figure 9; B). When it comes to whether there is a potential proportion bias between measurements, it was verified that the nighttime model had homogeneously distributed values ($P > 0.05$) (Table 5).

The model developed for the CRB cows presented the mean of the differences very close to zero ($P=0.99$), as shown in figure 10; the model showed a tendency for the difference values to be below average ($P < 0.05$) (Table 5). For the daytime and nighttime models concerning the CRB cows, the mean of the differences are in agreement ($P=0.89$ and $P=0.92$, respectively) with the observed values (Figure 11; A and B). In the daytime model, no systematic tendency was found as to the values presenting a proportion bias ($P > 0.05$) (Table 5). In its turn, the nighttime model for crossbred cows showed a predisposition to have underestimated values.

4.4- Discussion

Body heat production in animals is the result of metabolic processes and external factors, and the magnitude of heat stress is defined as the sum of forces acting externally to the animal that act to shift the body temperature from the set point (Wen et al. 2020). Beef cattle have a higher capacity to convert food energy, internally generating a large amount of heat; however, the dissipation rate of this energy can be significantly affected by combined environmental parameters, such as dry bulb temperature (DBT), which affects sensible-heat loss by conduction and convection, relative humidity, which affects the amount of latent-heat loss, air velocity, which affects the rate of sensible- and latent-heat loss, and solar radiation (Dikem & Hansen, 2009). The effect of high THI values leads to a negative correlation between dry matter intake (DMI), growth, production efficiency and body temperature; the latter is likely a consequence characterized by an adaptive mechanism of the animal organism to decrease the metabolic heat that is physiologically produced during digestion (Klepsatel et al. 2016; Brown-Brandl, 2018).

Considering the fact that environmental conditions contribute directly and significantly to heat stress, Dikmen & Hansen (2009) point out that environmental stress caused by heat is most commonly estimated by the combined effects of temperature and air humidity. These authors also describe that the DBT and RH variables used in the equation of the present study, which was described by the NRC (1971), had a correlation of $r = 0.95$ and $r = -0.54$, respectively, with the rectal temperature of lactating cows. They are the variables that best estimated and, thus, evaluated the effectiveness of the THI model proposed by Jhonson 1962 and accepted by the NRC 1971. The models developed in this study intend to understand thermal stress in grazing animals and help in decision-making.

In this way, the models using THI as an estimator effectively allowed predicting internal temperature, both for NEL cow and CRB cows ($\frac{1}{2}$ *Bos taurus* vs. $\frac{1}{2}$ *Bos indicus*). From the models developed for the periods, concerning the nighttime period of the Nellore cows and the

daytime period of the crossbred cows, there was a proportion bias that underestimated their internal temperature. Nonetheless, in the attempt to build a model that meets the two groups of animals, the equations set for the Nellore cows, with $R^2 = 76$, and the crossbred ones, with $R^2 = 85$, were accurate when compared with the observed data and with most of the data within the confidence interval. Although the study suggests using different general equations for the groups, they can be used together with those of the periods that had accurate estimates, as is the case of the daytime models for NEL cows ($R^2 = 86$) and nighttime models for CRB cows ($R^2 = 75$).

4.5- Conclusion

The models explored using the THI as a predictor variable allowed estimating the prediction of internal temperature, both for Nellore cows and crossbred cows. The general model for Nellore ($R^2 = 76$) and crossbred ($R^2 = 85$) showed greater accuracy. The study suggests using the equations separately, but they can be used together.

4.6- References

BLAND, J. M., ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986 Feb 8; 1(8476): 307–310.

CARABAÑO MJ, RAMÓN M, DÍAZ C, MOLINA A, PÉREZ-GUZMÁN MD, SERRADILLA JM. BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM: Breeding for resilience to heat stress effects in dairy ruminants. A comprehensive review. *J Anim Sci*. 95(4):1813-1826. 2017.

DASH, S., CHAKRAVARTY, A. K., SINGH, A., UPADHYAY, A., SINGH, M., & YOUSUF. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. **Veterinary world**, 9(3), 235. 2016.

DIKMEN, S., AND P. J. HANSEN. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.* 92:109–116. 2009. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>.

FERREIRA, F., PIRES, M. F. A., MARTINEZ, M. L., COELHO, S. G., CARVALHO, A. U., FERREIRA, P. M. & CAMPOS, W. E. Physiologic parameters of crossbred cattle subjected to heat stress. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 58(5), 732-738. 2006.

GANAI, A.H., SHANKER, G., BUMLA, N.A., GHASURA, R.S., MIR, N.A. Biochemical and physiological changes during thermal stress in bovines. **J. Vet. Sci. Technol.** 4 (1), 1–6. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change: Synthesis Report*. Set. 2017.

JEELANI, R., KONWAR, D., KHAN, A., KUMAR, D., CHAKRABORTY, D., & BRAHMA, B. Reassessment of temperature-humidity index for measuring heat stress in crossbred dairy cattle of a sub-tropical region. *Journal of Thermal Biology*. 2019. [doi:10.1016/j.jtherbio.2019.03.017](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.017).

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R. A.; ALMEIDA, C. P. Thermal comfort of nelore bovine in pasture under several lighting conditions. *Engenharia Agrícola*, v. 29, n. 4, p.508-517, 2009.

WESTWOOD, C. T., I. J. LEAN, AND J. K. GARVIN. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: a multivariate description. *J. Dairy Sci.* 85:3225–3237. 2002.

4.7-Annex

Tabela 4- Relationship between temperature and humidity index (THI) and internal temperature (IT) of Nellore cows and crossbred animals ($\frac{1}{2}$ *Bos indicus* (Nellore) x $\frac{1}{2}$ *Bos taurus* (Aberdeen Angus)).

Model	Equation	Parameters			
		MSE	RMSE	R ²	P-value
General ¹	$Y = 37.23 \cdot \exp(0.0006139 \cdot X)$	0.01	0.10	0.76	0.01
<i>Bos indicus</i> (Nelore)	$Y = 29.52 \cdot \exp(0.003561 \cdot X)$	0.01	0.09	0.76	0.01
Daytime	$Y = 28.19 \cdot \exp(0.0004147 \cdot X)$	0.01	0.08	0.86	0.01
Nighttime	$Y = 31.43 \cdot \exp(0.0002755 \cdot X)$	0.01	0.10	0.51	0.01
Crossbred	$Y = 29.29 \cdot \exp(0.0037 \cdot X)$	0.01	0.08	0.85	0.01
Daytime	$Y = 28.25 \cdot \exp(0.004157 \cdot X)$	0.01	0.08	0.90	0.01
Nighttime	$Y = 30.89 \cdot \exp(0.003018 \cdot X)$	0.01	0.08	0.75	0.01

¹ Model generated with *Bos Indicus* and crossed. Mean squared error (MSE), root-mean-square error (RMSE).

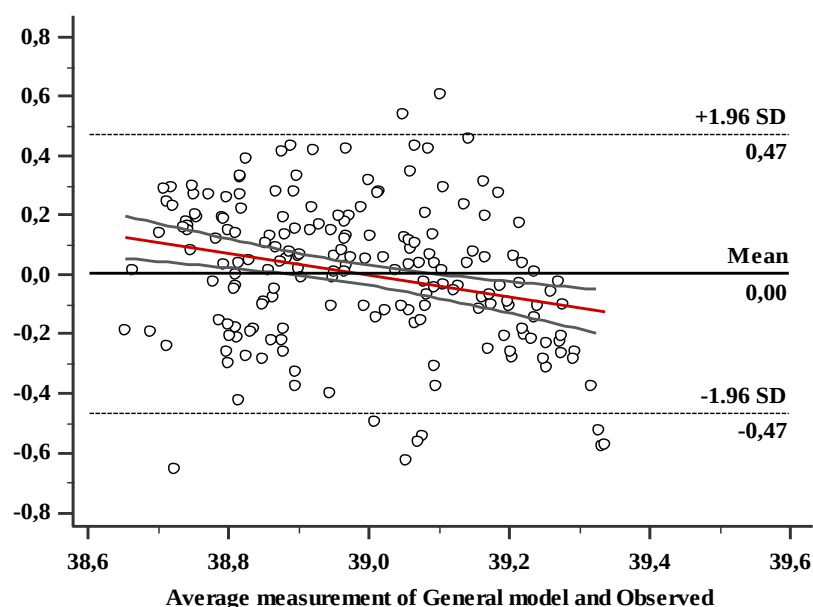


Figure 8- Bland-Altman plot: Mean difference for internal temperature of Nellore cows (solid and thick black midline) in relation to the general model and the observed value. Confidence interval limits are dashed black lines. Linear regression model between differences (Y) and means (x) (solid red line).

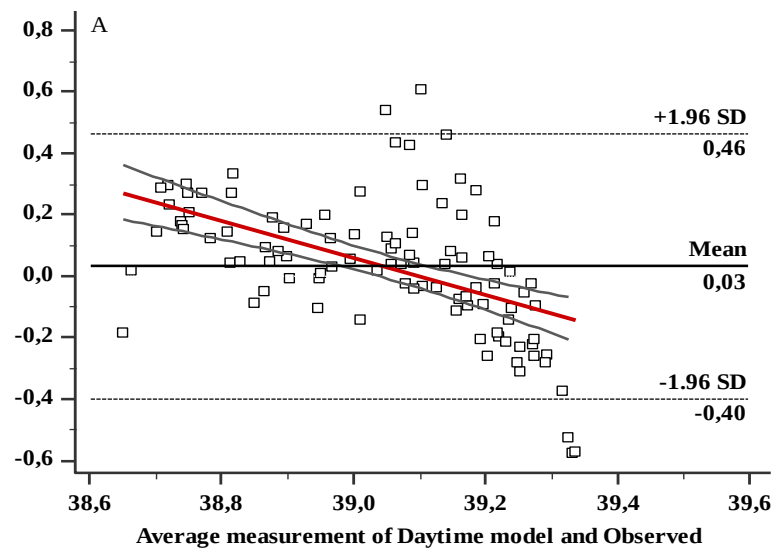
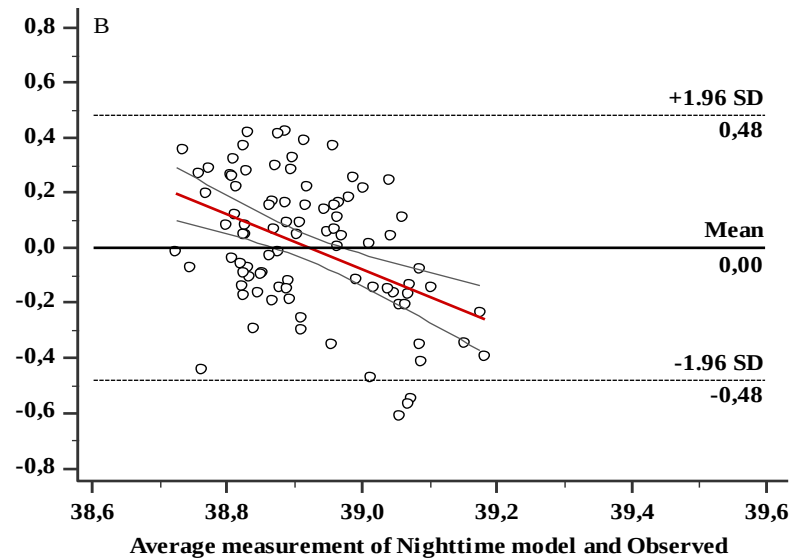


Figure 9- Bland-Altman plot: Mean difference for internal temperature of Nellore cows (solid and thick black midline) in relation to the general model and the observed value. Confidence interval limits are dashed black lines. Linear regression model between differences (Y) and means (x) (solid red line). Analysis of Figure “A” using the daytime model, and analysis of Figure “B” using the nighttime model.

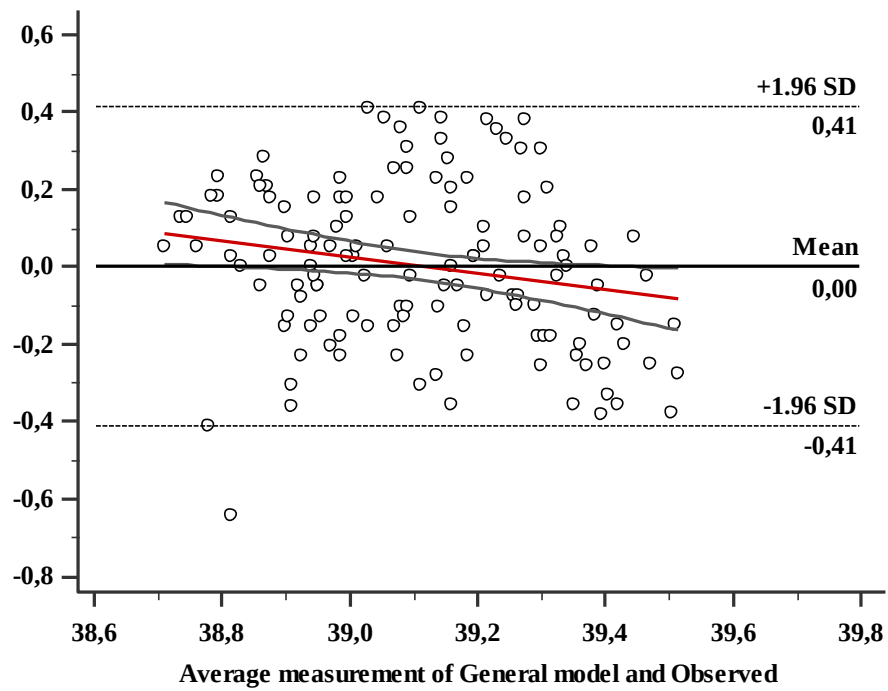


Figure 10- Bland-Altman plot: Mean difference for internal temperature of crossbred cows (solid and thick black midline) in relation to the general model and the observed value. Confidence interval limits are dashed black lines. Linear regression model between differences (Y) and means (x) (solid red line)

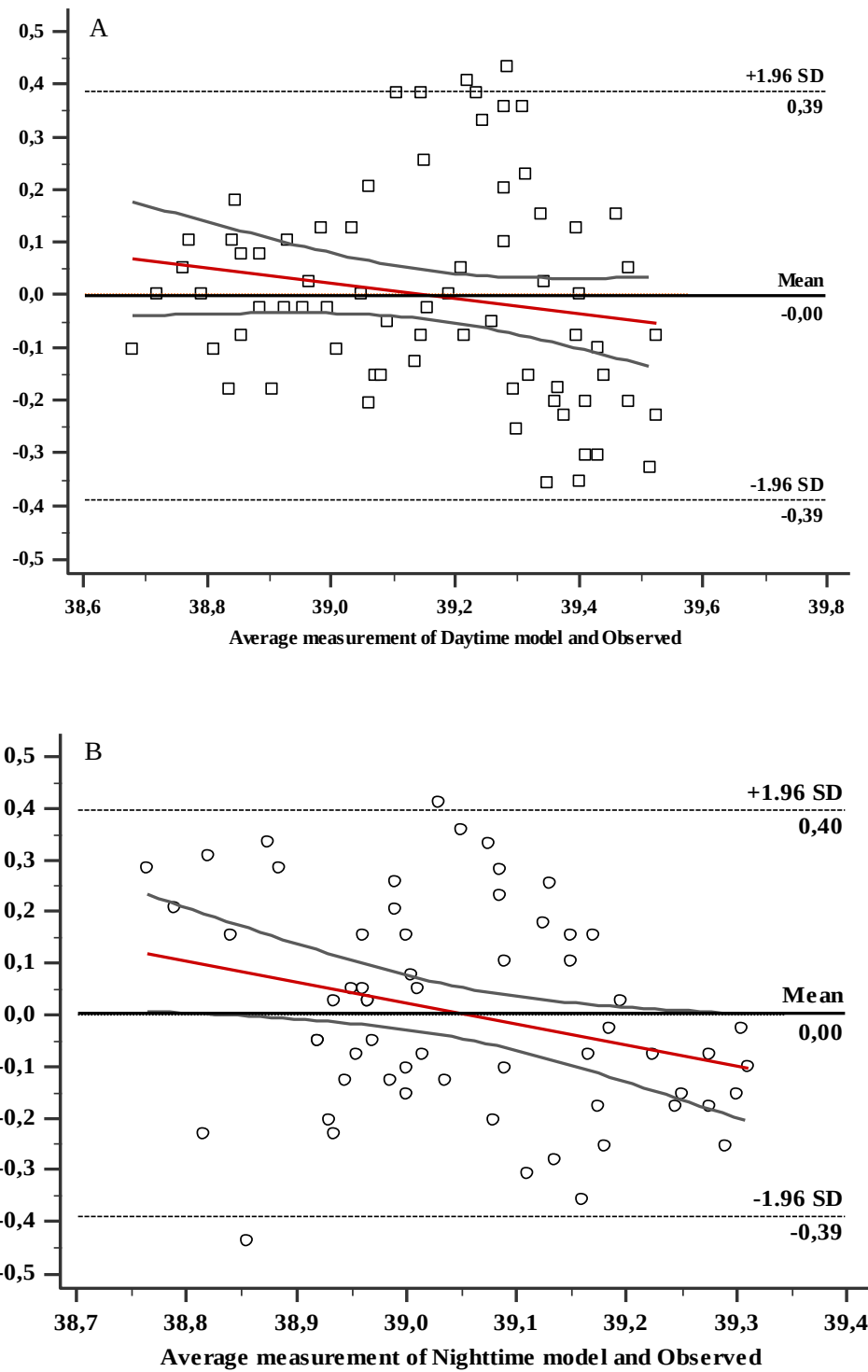


Figure 11- Bland-Altman plot: Mean difference for internal temperature of Nellore cows (solid and thick black midline) in relation to the general model and the observed value. Confidence interval limits are dashed black lines. Linear regression model between differences (Y) and means (x) (solid red line). Analysis of Figure “A” using the daytime model, and analysis of Figure “B” using the nighttime model.

Table 5- Linear regression analysis of the proportion bias for difference (Y) and mean (X) between the observed and the estimated internal temperatures.

Model	Equation	R ²	SEM	P-value
General model¹				-
Observed-General Model	$Y=45.354-1.160X^a$	0.61	0.32	0.01
Bos indicus (Nellore)				
Observed-General Model	$Y=-5.662+0.145X^a$	0.07	0.09	0.01
Observed - Daytime	$Y=-15,215+0.391X^a$	0.20	0.09	0.01
Observed - Nighttime	$Y=-3.151+0.081X$	0.04	0.08	0.05
Crossbred				
Observed-General Model	$Y=-3.318+0.85X^a$	0.04	0.08	0.02
Observed - Daytime	$Y=-2.217+0.057$	0.03	0.08	0.16
Observed - Nighttime	$Y=-6.038+0.155X^a$	0.08	0.08	0.03

^a Bias different from 0 $P<0.05$.

5- **Anexo I** – Artigo Publicado

Analysis of Fibrous Compounds Using a Pressurized and Non-pressurized Conditions

Artigo publicado na revista *Journal of agricultural studies* ISSN 2166-0379

2020, Vol. 8, No. 4

Analysis of fibrous compounds using a pressurized and non-pressurized environment

Short title: Analysis of fibrous compounds

Edgard Gonçalves Malaguez ^{a*}, Kelli Flores Garcez^b, Andressa Tellechea Rodrigues^c, Gabriela Ceratti Hoch^d, Francisco Augusto Burkert Del Pino^a, Deise Dalazen Castagnara^d

^a *Graduate Program in Animal Science, Federal University of Pelotas (UFPEL), Pelotas, 96010-610, RS, Brazil*

^b *Graduate Program in Animal Science, Federal University of Technological Paraná, Dois Vizinhos, 85660-000, PR, Brazil*

^c *Aquaculture Center, São Paulo State University (UNESP), Jaboticabal, 14884-900, SP, Brazil*

^d *Federal University of Pampa, Uruguaiana, 97501-970, RS, Brazil*

*Corresponding author at: NUPEEC, Depto. Veterinary Clinics, University Campus, CEP 96160-000, Federal University of Pelotas (UFPEL), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil.

E-mail: edgardgmalaguez@gmail.com (E. G. Malaguez)

Abstract

Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were evaluated in pressurized and unpressurized conditions using samples of roughage and concentrates. In summary, the samples were dried, processed in a knife mill, weighed in nonwoven bags (100g/m²), placed in a container and treated with neutral or acid detergents. Extractions of NDF and ADF content were carried out in a non-pressurized condition at temperature of 100°C for 60min and in pressurized condition using different temperatures of 100 and 110°C for 60min. Results of the different temperatures using the pressurized procedure were compared to those obtained with the pressurized through the linear regression analysis. The method with the temperature 110°C for 60 min had a high level of agreement. Was not observed a bias potential of proportion ($P>0.05$). There was not a systematic inclination of the methods to overestimate or underestimate errors. This methodology can be carried out with roughage and concentrate feedstuffs simultaneously.

Keywords:

acid detergent fiber, autoclave, feedstuffs, neutral detergent fiber, temperature

Abbreviations: NDF, fiber neutral detergent; ADF, fiber acid detergent

5.1.- Introduction

The concentration of structural carbohydrates has been used to determine the nutritional and digestible quality of food, as well as being a predictor in mathematical models to estimate energy. Since 1960s the analytical methods to determine fiber content have been used and improved by researchers. The fiber detergent analysis system was initially proposed by Van Soest in 1963 to determine neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). Initially, the proposed w to apply this methodology in forage, however it can be extended to analyze concentrated foods. Is well know that starch can contaminate samples, causing an overestimation of fiber values (Van Soest et al., 1991). Thus, the method to determine NDF and ADF has been improved to reduce the amounts of starch by using α -amylase, sodium sulfite, or 8M urea solution (Van Soest et al., 1991). Other adaptations have been proposed as an alternative to the original test, including an application of the filter bag procedure and a replacement of the conventional digester such as the use of pressurized equipment, e.g., an autoclave. (Pell and Schofield, 1993; Deschamps, 1999; Ferreira and Mertens, 2007; Senger et al., 2008).

The technique to determine NDF and ADF requires: (a) specialized equipment, which is very expensive and usually is not available in all laboratories, there may still be the formation of air bubbles inside the bags, at the time of the detergent boiling, which compromises its contact with the sample reducing the extraction efficiency of the non-fibrous components of the food (Gomes et al., 2011), or (b) requires pressurized equipment or an autoclave, which is more common in laboratories. According to Senger et al. (2008), the use of filter bags and autoclave treatment for the analysis of NDF or ADF results in a more practical and rapid test when compared with the conventional method using Gooch crucibles. In addition, it can be cheaper than using the ANKOM® fiber analyzer. However, there is no agreement about treatment duration and temperature described in literature.

The objective of this study was to test the accuracy when using pressurized equipment for the analysis NDF and ADF by means of evaluating two temperatures in a pressurized environment and comparing them to the non-pressurized equipment (fiber analyzer) operated at a temperature recommended by the manufacturer

5.2- Method and Methods

5.2.1 Food Sampling and Location

The experiment was performed at the Laboratory of Forage and Animal Nutrition at the Federal University of Pampa - Uruguaiana Campus/ RS. For this study, were used different samples from roughage and concentrate food to determine NDF (n=19 samples) and ADF (n=13 samples). The samples used in this study were: *Avena sativa* L. (oats, oats with husks and oats bran), *Lolium multiflorum* L. (Italian ryegrass), *Pennisetum purpureum* Schum (elephant grass, BRS Kurumi), *Glycine max* L. (soybean husks, crushed soybean, soybean plant, soybean meal, and soybean pie), *Medicago sativa* L. (alfalfa hay), native grass, *Manihot esculenta* (cassava silage and cassava root silage), *Olea europaea* (olive silage), *Sorghum bicolor* (sorghum), *Zea mays* L. (maize), *Cynodon* spp. (Tifton 68 e Tifton 85), *Oryza sativa* (rice bran, rice bran with husks, and broken rice), *Zea mays* L. (corn bran, wet corn grain, and ground corn), *Helianthus annuus* L. (sunflower and sunflower seed) (Table 1). Additional information about samples and fiber content (NDF and ADF) can be found in Table 1.

Table 1. Neutral (NDF) and acid (ADF) detergent fiber concentrations (g/kg dry matter) in experimental feedstuffs

Feedstuff	NDF		
	Not Pressurized	Pressurized at 100°C	Pressurized at 110°C
White oats w/ husks I	312.82	325.80	250.23
Oats III	309.93	326.23	252.88
Oats bran	321.90	292.03	276.40
Ryegrass	330.35	385.38	365.85
Elephant grass Kurumi	424.78	454.37	454.87
Elephant grass dwarf	446.40	454.28	365.40
Elephant grass common	413.20	469.15	441.92
Soybean bran	452.02	481.48	441.23
Alfalfa hay	467.97	500.03	482.17
Native grass	460.95	488.20	483.23
Cassava silage	404.20	424.42	380.22
Olive silage	302.22	341.80	341.37
Soybean silage	286.53	335.47	306.12
Soybean plant	393.93	429.52	409.95
Sorghum plant	433.80	468.78	466.05
Teosinto	377.33	397.28	389.48
Tifton 68	459.55	492.52	505.25
Tifton 85	462.66	498.95	483.73
Soybean pie	184.93	219.22	221.92
	ADF		
Rice bran III	171.58	171.85	145.70
Rice bran w/husks II	329.62	337.77	408.18
Rice bran w/husks IV	267.15	289.97	292.85
Rice bran w/husks I	226.70	236.87	236.52
Corn bran II	172.30	168.47	138.10
Corn bran III	106.47	129.23	130.58
Soybean bran I	128.35	142.00	81.33
Sunflower II	236.63	311.75	284.48
Sunflower seed	322.58	321.83	298.52
Ground corn	87.07	75.17	81.95
Wet corn grain	43.15	46.53	56.43
Broken rice	40.63	38.82	45.70
Cassava root silage	334.75	309.90	290.28

Averages in g/NDF and ADF

5.2.2 *Fiber analysis in pressurized and non-pressurized conditions*

The samples used in this study were pre-dried in an oven with forced ventilation at 60°C for 72 hours and processed in a knife mill using a sieve with a porosity of 1 mm. To carry out the analyses, nonwoven bags (100 g/m²) were made, with approximately 25cm², heat sealed, and dried in the oven for 12 hours at temperature of 105°C. After this procedure, the bags were weighed on an analytical balance and properly labeled. The samples were placed in the nonwoven bags, respecting the ratio of 20 mg of dry matter per cm² (Nocek, 1997).

The extraction of the detergent fiber was carried out in triplicate for each sample and both were arranged in a device with a pressurized and non-pressurized condition, following the detergent to sample ratio of approximately 100 ml/g. A repetition of the all analytical execution was performed. For the concentrated samples, 8M urea and heat-stable α -amylase were used (Termamyl 120L, Novozymes Latin América ltda.) To substantially reduce the amounts of starch, samples were submerged in a 1L beaker for 4 hours (VAN SOEST et al., 1991). To assess the fiber content in neutral detergent (NDF) and acid detergent (ADF), the detergent was prepared according to the recommendations of AOAC 2002.04; MERTENS, 2002.

To determine NDF and ADF in a non-pressurized condition, an equipment model TE-149, manufactured by Tecnal[®], with a capacity of 30 tests separated into 10 perforated discs, was used. The foods were separated into concentrates foods and roughage and, subjected to a temperature of 100 °C for 60 minutes. After the procedure, the bags were washed sequentially, at least three times, with hot distilled water and soaked with acetone to remove the remaining detergent. Bags were dried in an oven with forced ventilation at 60°C for 24h. Subsequently, bags were dried again in an unventilated oven at 105°C for 2h. Then, the bags were placed in a desiccator until they reached room temperature and afterwards, weighed in a precision analytical balance

To determine the NDF and ADF in a pressurized condition, model AV 18L equipment, manufactured by Phoenix luferco, was used. The samples were placed in a Becker containing a solution of neutral or acid detergent. The Becker was properly sealed to prevent the entry of steam, and placed in a vertical autoclave for 60 minutes. This procedure was tested using two different temperatures: 100°C with pressure at 0 Kgf / cm² and 110 ° C 0.33 Kgf / cm². As in the previous method, the samples were also separated into roughage foods and concentrated. After treatment, the bottles were removed from the autoclave and the bags followed the same procedure describe previously for non-pressurized condition.

5.2.3- Statistical analysis

The data were analyzed using the IBM SPSS Statistics software version 20.0. Shapiro – Wilk test was used to verify the normality of the data and Levene's test was used to check the homogeneity of variances. To assess whether there are differences between the variables, where the hypothesis of bias being zero or not was tested by the two-tailed t test, where there is agreement by $P > 0.05$. A simple linear regression equation was performed for the values obtained in a pressurized environment (Y) over the values obtained in a non-pressurized environment (X). the statistical evaluation being conducted under the following assumptions: $H_0: \beta_0 = 0$, and $\beta_1 = 1$; vs. H_a : not H_0 , where the regression slope deviation of 1 was assessed using a two-tailed t-test. For the case of non-acceptance of the null hypothesis, it was concluded that the extraction environments are different.

5.3- Results

The difference in NDF and ADF values was evaluated between the non-pressurized environment and the two temperatures in a pressurized environment (Table 2). In the NDF analysis, we observed a significant difference between the pressurized at 100 °C and non-pressurized environments ($P < 0.05$), and there was an agreement (p - value = 0.59) between the pressurized at 110 °C and non-pressurized environments. In the ADF analysis, there was an

agreement between the non-pressurized environment and both pressurized environments at 100 °C (p-value = 0.31) and 110 °C (p-value = 0.87).

Table 2- The analysis of the difference between pressurized and non-pressurized environments in the determination of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) at different temperatures

Difference	Average Bias (g/kg dry matter)	SEM ¹	P- Value ²	Regression coefficient	
				β ₁ ³	P-value ⁴
NDF					
Pressurized at 100°C - Not Pressurized	28.39	4.17	0.01	-0.032	0.547
Pressurized at 110°C - Not Pressurized	3.83	7.11	0.59	-0.124	0.164
ADF					
Pressurized at 100°C - Not Pressurized	8.70	8.36	0.31	0.081	0.966
Pressurized at 110°C - Not Pressurized	1.81	11.02	0.87	-0.105	0.307

SEM: standard error mean¹. According to the Student's *t test* ². β_1 refers to the slope of the linear regression model $y = \beta_0 + \beta_1 x$. P-value of the predictor variable⁴. NDF: neutral detergent fiber. ADF: acid detergent fiber.

The Table 2 also shows that a potential proportion bias was not observed ($P < 0.05$) in either of the methods, i.e., there was no tendency for differences to be concentrated above or below the mean. Therefore, there was no systematic inclination of the methods to overestimate or underestimate errors. In the evaluation of potential proportion bias, it was observed that the methods had evenly distributed values ($P < 0.05$). The linear regression analysis used the difference between methods as the dependent variable and the mean between the methods as the independent variable (Table 2).

The slope of the regression for both NDF and ADF did not differ from 1 ($P > 0.05$). The treatment with autoclave for NDF using the temperature of 110 °C had the lowest coefficient of determination $R^2 = 0.76$. For the ADF analysis, the highest coefficient of determination was for the temperature of 100 °C ($R^2 = 85\%$), however, for the temperature of 100 the R^2 was 78% (Table 3).

Table 3. Relationship between neutral detergent fibre (NDF) concentrations (g/kg dry matter) in feed samples as analysed using not pressurized method (X) vs. pressurized (Y)

Comparison	Regression	Slope S.E ^b	R ²
NDF			
Pressurized at 100°C - Not Pressurized	$Y=35.82+0.98X$	0.054	0.90
Pressurized at 110°C - Not Pressurized	$Y=12.04+0.97X$	0.091	0.76
ADF			
Pressurized at 100°C - Not Pressurized	$Y=24.00+0.91X$	0.078	0.85
Pressurized at 110°C - Not Pressurized	$Y=6.40+0.98X$	0.105	0.78

letter lowercase in X from the equation slope different from 1 (P<0.05). b Slope standard error where n = 38 per treatment from NDE and n= 26 per treatment from ADF.

5.4. Discussion

The use of pressurized equipment, such as autoclave allows for a greater number of samples to be processed simultaneously. Deschamps (1999), tested a similar approach that we used in this study, using filter bags and a pressurized equipment at 120 °C for 40 minutes. He described that autoclave had a greater productivity since it allows to use 120 samples per operation and generated considerable reagent savings. Cordeiro et al. (2007) compared the contents of NDF and ADF using the conventional method described by Pell and Schofield (1993), which uses digesting blocks/filter crucibles and a temperature of 105 °C for 60 minutes. There was no difference (p-value = 0.12) between the methods analyzed in this study, which proved the effectiveness to use pressurized equipment's to analyze fiber content, such as autoclave. To find an alternative procedure that was not different from the conventional method, Senger et al. (2008) evaluated different autoclave durations and temperatures in the NDF and ADF analyses. These authors concluded that the autoclave stated at 110 °C for 40 minutes did not differ (P<0.05) from the conventional method, that uses a temperature at 105 °C for 60 minutes. Additionally, the analysis of forages and concentrates could be performed simultaneously. Gomes et al. (2011) utilized filter bags and compared a pressurized condition with a non-

pressurized conditions with effective extraction time of one hour at a temperature of 100°C, observing differences between two conditions.

The results obtained in this experiment for NDF, showed to be sensitive to a temperature of 100 °C. However, at a temperature of 110 °C, the NDF proved to be accurate for treatment using non-pressurized equipment. In the FDA tests, all temperatures tested were using a non-pressurized method and were consistent with the non-pressurized physical condition. Although the coefficient of determination, it is lower, both for NDF and FDA, using a temperature of 110°C, its use is recommended, as it is closer to the differences between the environments. According our findings we can recommend the use of pressurized equipment, such as the autoclave to determine fiber content. Other observations include: (a) the pressurization to avoid accumulation of gas in the bags, which can compromise the action of the detergent, and (b) the nitrogen content of the waste can be analyzed in a subsequent step by the Kjeldhal method (Senger et al., 2008; Gomes et al., 2011).

5.5. Conclusions

The analysis of fiber in neutral and acid detergent in pressurized condition at a temperature of 110 °C for 60 min was consistent with the non-pressurized method, just as roughage and concentrated foods can be performed simultaneously.

5.6 References

- Cordeiro, C.F.A., Pereira, M.L.A., Mendonça, Almeida, P.J.P., Aguiar, L.V., Figueiredo, M.P., 2007. Intake and total digestibility of nutrients and milk production and composition in dairy cows fed with increasing crude protein levels in the diet with sugar cane and concentrates. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 2118-2126. <http://doi.org/0.1590/S1516-35982007000900023>.
- Deschamps, F.C., 1999. Effects of growing periods on digestion and chemical composition of elephant grass cultivars tissues (*Pennisetum purpureum* Schumach.). *Revista Brasileira de Zootecnia* 28, 1358-1369. <http://doi.org/10.1590/S1516-35981999000600025>.
- Ferreira, G., & Mertens, D.R., 2007. Measuring detergent fibre and insoluble protein in corn silage using crucibles or filter bags. *Animal Feed Science Technology*. 133, 335-340. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.04.010>.
- Gomes, D.I., Detmann, E., Valente, T.N.P., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., 2011. Laboratorial evaluation of fibrous compounds in feeds and cattle feces under different physical environments. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinariae Zootecnia*. 63, 522-525. <http://doi.org/10.1590/S0102-09352011000200038>.
- IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Mertens, D.R., 200. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 85,1217-1240.
- Nocek, J.E., 1997. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. In: Teixeira, J.C. (Ed.), Digestibilidade em ruminantes. *FAEPE*, Lavras, pp. 197-240. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79781-7](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7).

Pell A.N., & Schofield P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *Journal of Dairy Science*. 76, 1063-1073. [http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(93\)77435-4](http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(93)77435-4).

Senger, C.C.D. kozloski, G.V., sanchez, L.M.B., Mesquita, F.R., Alves, T.P., Castagnino, D.S., 2008. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. *Animal Feed Science Technology*. 146, 169-174. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>.

Van Soest, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of AOAC International*. 46, 829-835.

Van Soest, P.J., Robertson. J.B., Lewis, B.A, 1991. Methods foe dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74, 35-83.

