

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Avaliação qualitativa e quantitativa da carcaça e da carne de raças
bovinas**

FERNANDA DORNELLES FEIJÓ
Mestre em Zootecnia/UFPeI
Zootecnia/UNIPAMPA

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em
Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março, 2019

CIP - Catalogação na Publicação

Feijó, Fernanda Dornelles
Avaliação qualitativa e quantitativa da carcaça e
da carne de raças bovinas / Fernanda Dornelles Feijó.
-- 2019.
104 f.
Orientador: José Fernando Piva Lobato.

Coorientador: Saulo da Luz e Silva.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Ácidos graxos. 2. Equações de predição. 3.
Qualidade da carne. 4. Rendimento de cortes
comerciais. 5. Ultrassonografia de carcaça. I. Lobato,
José Fernando Piva, orient. II. Silva, Saulo da Luz
e, coorient. III. Título.

Fernanda Dornelles Feijó
Mestre em Zootecnia

TESE

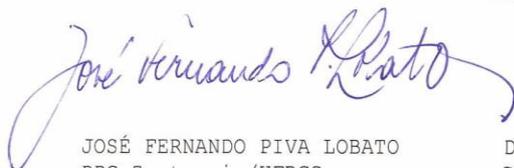
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOCTORA EM ZOOTECCNIA

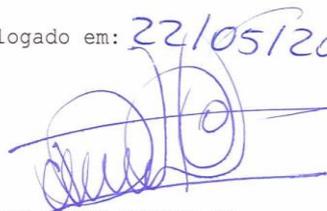
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 25.03.2019
Pela Banca Examinadora

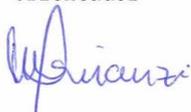
Homologado em: 22/05/2019
Por



JOSÉ FERNANDO PIVA LOBATO
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



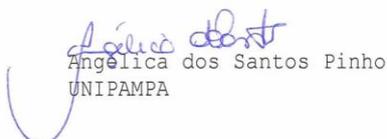
DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



Thais Devincenzi
INRA



Marcos Jun Iti Yokoo
EMBRAPA



Angélica dos Santos Pinho
UNIPAMPA



CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar por permitir que tudo isso fosse possível;

À minha mãe Carmem, pelo constante incentivo, apoio e confiança depositada durante toda a minha jornada;

Ao meu pai David, que onde estiver sei que está torcendo por mim;

À minha avó Suelly, que sempre esteve do meu lado torcendo por mim e pela minha vitória;

Ao meu namorado e amigo Rafael Medici que esteve ao meu lado durante este tempo.

Ao meu orientador Prof. Jaime Urdapilleta Tarouco, pela orientação, apoio, confiança, dedicação, paciência e constante incentivo durante o doutorado;

Aos colegas do grupo, pós-graduandos e graduandos, pela amizade e auxílio durante este período.

Ao professor Saulo da Luz e à professora Angélica, juntamente com seus alunos, pela disponibilidade e disposição em auxiliar nas análises deste trabalho.

À Embrapa Pecuária Sul na pessoa da Pesquisadora Élen Nalério pela ajuda, disponibilidade e dedicação em auxiliar nas análises do material.

Ao pesquisador Marcos Yokoo da Embrapa por toda a disposição e auxílio na análise dos dados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de crescimento acadêmico;

À CAPES, pelo apoio financeiro para conclusão dos meus estudos e realização deste trabalho;

Enfim, agradeço a todos que colaboraram com a realização deste sonho.

Avaliação qualitativa e quantitativa da carcaça e da carne de raças bovinas¹

Autora: Fernanda Dornelles Feijó

Orientador: José Fernando Piva Lobato

Coorientador: Saulo da Luz e Silva

RESUMO – A produção de bovinos de corte no estado do Rio Grande do Sul é de grande importância para o agronegócio gaúcho e brasileiro. O sistema de produção é um fator que tem grande influência sobre aspectos quantitativos e qualitativos da carne. A busca por produtos de qualidade superior, baseados em sistema de produção a pasto, torna extremamente importante a caracterização dos atributos qualitativos e quantitativos da carne de animais produzidos neste sistema. Diante deste fato, o capítulo II desta tese teve como objetivo desenvolver equações de predição para peso e rendimento da porção comestível do traseiro e peso dos cortes comerciais individuais do traseiro de bovinos recriados e terminados em sistema de produção a pasto. Os modelos completos para peso da porção comestível do traseiro (PCTT) apresentaram coeficiente de determinação (R^2) de 0,77 e 0,89 para medidas de ultrassom e na carcaça, respectivamente. O R^2 dos modelos para rendimento da porção comestível do traseiro (RCTT) foi 0,19 para medidas *in vivo* e 0,17 para medidas realizadas na carcaça. Com este estudo foi possível observar que os modelos de predição para peso dos cortes comerciais individuais, utilizando medidas de ultrassom, apresentaram acurácias inferiores aos modelos que utilizaram medidas na carcaça, variando de $R^2=0,22 - 0,64$ e $R^2=0,32 - 0,76$, respectivamente. Portanto, as equações de predição obtidas através de medidas de ultrassom, apresentam moderado a alto valor preditivo para porção comestível e peso dos cortes comerciais individuais do traseiro de novilhos terminados a pasto. O capítulo III avaliou as características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne de novilhos das raças Angus, Brangus e Braford, criados e terminados em sistema de produção a pasto. O grupo genético teve pouca influência sobre as características físico-químicas da carne, porém, a carne dos animais com sangue zebuíno apresentou maior teor de ácidos graxos monoinsaturados e melhor relação de ácidos graxos monoinsaturados:saturados, aspecto importante para a saúde humana.

Palavras-chave: ácidos graxos, equações de predição, qualidade da carne, rendimento de cortes comerciais, ultrassonografia de carcaça.

¹Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (104 p.) Março, 2019.

Qualitative and quantitative assessment of carcasses and meat of bovine breeds¹

Author: Fernanda Dornelles Feijó

Adviser: José Fernando Piva Lobato

Co-adviser: Saulo da Luz e Silva

ABSTRACT – Beef cattle production Rio Grande do Sul state is of great importance for regional and Brazilian agribusiness. The production system is a factor that has great influence on the quantitative and qualitative aspects of meat. The search for superior quality products, based on the pasture production system, makes it extremely important to the characterization of the qualitative and quantitative attributes of the animal meat produced in this system. In view of this fact, Chapter II of this thesis had as objective to develop prediction equations for weight and high-value cuts percentage of pistol hindquarter and weight of the individual commercial cuts of pistol hindquarter of cattle re-created and finished in pasture system. The complete models for high-value cuts weight presented R^2 of 0.77 and 0.89 for ultrasound measurements and in the carcass, respectively. The coefficient of determination of the models for high-value cuts percentage of pistol hindquarter was 0.19 for *in vivo* measurements and 0.17 for measurements performed on the carcass. With this study, it was possible to observe that the prediction models for individual cuts, using ultrasound measurements, presented accuracies somewhat lower than the models that used measurements in the carcass, ranging from $R^2 = 0.22 - 0.64$ and $R^2 = 0.32 - 0.76$, respectively. Therefore, the prediction equations obtained through ultrasound measurements present moderate to high predictive value for edible portion and weight of individual commercial cuts of the pistol hindquarter of steers finished to pasture. In the Chapter III evaluated the carcass characteristics and meat quality of Angus, Brangus and Braford steers, reared and finished in a forage production system. The genetic group had little influence on the quality characteristics of the meat, but the Braford steers showed higher growth potential, and the meat of the animals with zebu blood presented a higher content and a better ratio of monounsaturated: saturated fatty acids, an important aspect for health human.

Key words: fatty acids, prediction equations, meat quality, yield of comercial cuts, carcass ultrasonography.

¹ Doctoral Thesis in Animal Science– Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (104 p.), March, 2019.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	9
RELAÇÃO DE ABREVIATURAS	10
CAPÍTULO I	11
INTRODUÇÃO	12
REVISÃO DE LITERATURA	14
1 - Sistemas de produção e seus efeitos na qualidade da carcaça e da carne	14
2 - Utilização do ultrassom na avaliação de características de carcaça <i>in vivo</i>	16
2.1 – Medidas obtidas por ultrassom	19
2.1.1 - Área de olho de lombo (AOLUS)	19
2.1.2 - Espessura de gordura subcutânea (EGSUS)	19
2.1.3 – Espessura de gordura na picanha (EGPUS)	21
2.1.4 Gordura intramuscular e Marmoreio	21
3 – Equações de predição	22
4 - Qualidade da carcaça e da carne bovina	24
4.1 - Influência da raça sobre a produção e qualidade da carne bovina ...	26
4.2 - Maciez da carne	27
4.3 - pH da carne	29
4.4 - Comprimento de sarcômero	30
4.5 - Índice de Fragmentação Miofibrilar	31
4.6 - Capacidade de retenção de água (CRA)	31
4.7 – Cor da carne	32
4.8 - Perfil de ácidos graxos	33
CAPÍTULO II	38
Predição do peso e rendimento dos cortes do traseiro de novilhos terminados a pasto	39
Introdução	40
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão	45
Conclusão	51
Referências	52
CAPÍTULO III	61
Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne de novilhos Angus, Brangus e Braford criados e terminados em sistema de produção a pasto no sul do Brasil	62

1. Introdução	62
2. Material e Métodos	63
2.1 Animais e abate	63
2.2. Análises físico-químicas da carne e perfil de ácidos graxos	65
2.3. Análise estatística	66
3. Resultados e Discussão	67
3.1. Características físico-químicas da carne	67
3.2. Perfil de ácidos graxos da carne	71
4. Conclusão	76
5. Referências	76
Considerações finais	82
Referências	83

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1 – Estatística descritiva das medidas de ultrassom e de carcaça	56
Tabela 2 – Equações de regressão múltiplas para medidas na carcaça e por ultrassom para predição de peso dos cortes primários, peso e rendimento total da porção comestível do traseiro e aparas do traseiro de novilhos terminados em pastagem.....	57
Tabela 3 – Equações de regressão múltiplas para medidas na carcaça e por ultrassom para predição.....	59

Capítulo III

Tabela 1 - Médias e erro padrão para porcentagem de gordura intramuscular (IMF) medida por ultrassom e características físico-químicas da carne, medida no músculo <i>Longissimus thoracis</i> , em novilhos Angus, Brangus e Braford.....	67
Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos (%) no músculo <i>Longissimus thoracis</i> , em novilhos Angus, Brangus e Braford.....	71

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS

AG	Ácido graxo
AGI	Ácido graxo insaturado
AGM	Ácido graxo monoinsaturado
AGPI	Ácido graxo poli insaturado
AGS	Ácido graxo saturado
AOL	Área de olho de lombro
AOLC	Área músculo <i>longissimus</i> entre a 12° e 13° costelas na carcaça
AOLUS	Área músculo <i>longissimus</i> entre a 12° e 13° costelas na carcaça por ultrassom
CLA	Ácido linoleico conjugado
CRA	Capacidade de retenção de água
EGP	Espessura de gordura na picanha
EGPUS	Espessura de gordura na picanha por ultrassom
EGS	Espessura de gordura subcutânea
EGSC	Espessura de gordura subcutânea entre a 12° e 13° costelas na carcaça
EGSUS	Espessura de gordura subcutânea entre a 12° e 13° costelas na carcaça por ultrassom
IMF	Teor de gordura intramuscular
PA	Peso alcatra
PAPARAST	Peso aparas totais do traseiro
PCOST	Peso do costilhar
PCQ	Peso de carcaça quente
PCTT	Peso total da porção comestível do corte traseiro
PCXD	Peso do coxão de dentro
PCXF	Peso do coxão de fora
PDIAN	Peso do dianteiro
PGAR	Peso do garrão
PLAG	Peso do lagarto
PMAM	Peso da maminha
PPAT	Peso do patinho
PPI	Peso da picanha
PTRAS	Peso do traseiro
PV	Pevo vivo
RAPARAS	Porcentagem das aparas do traseiro
RCOST	Rendimento do costilhar
RCTT	Rendimnto da porção comestível do corte traseiro
RDIAN	Rendimento do dianteiro
RTRAS	Rendimento do traseiro

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Entre as atividades de maior importância socioeconômica para o Brasil está a criação de bovinos de corte. O país possui um rebanho aproximado de 221,81 milhões de cabeças (ABIEC, 2018), sendo um dos grandes produtores e consumidores de proteína animal e, apesar da importância das exportações de 20,9% (ABIEC, 2018), o mercado interno ainda é o principal destino da sua produção.

Do total de animais abatidos no país, cerca de 90% são criados e terminados a pasto (ABIEC, 2018), portanto, a caracterização dos atributos quantitativos e qualitativos da porção comestível produzida neste sistema é de grande importância para a indústria e para o produtor.

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2009), a população mundial apresenta constante crescimento, devendo atingir até o ano de 2050, 9,2 bilhões de habitantes. Esse aumento populacional vai impactar diretamente no consumo de proteína animal, e estima-se que em 2030 os países industrializados devem ter um consumo anual de carne maior que 100 kg per capita (Vinnari, 2008).

Associado a crescente demanda de produtos de origem animal, se observa uma maior procura por produtos de qualidade superior. Portanto, novas tecnologias que visem incrementar a produção e a qualidade do produto final, a carne, devem ser desenvolvidas e validadas, com o objetivo de atender a esta crescente demanda mundial por alimentos.

No Brasil, a maior parte dos animais destinados ao abate não apresentam padrões técnicos definidos, como por exemplo o grau de acabamento exigido. Segundo Pordomingo et al. (2012) a quantidade e a qualidade da carne que é produzida durante a fase de acabamento dos animais é alterada pelo seu desempenho e sua composição corporal na fase de crescimento pós-desmama, podendo-se, portanto, manipular a qualidade do produto final. A fase de crescimento pós-desmame nos sistemas produtivos no Brasil, ocorrem basicamente em sistemas de pastejo. Portanto, a quantidade e a disponibilidade de forragem, associado ao uso ou não de suplementos, afetam o desempenho dos animais durante esta fase, o que resulta em uma heterogeneidade da composição tecidual dos mesmos (Silva et al., 2017).

A grande variação observada na composição corporal de bovinos de corte e suas carcaças são afetadas por práticas de manejo, criação, produção e comercialização (Tarouco, 2007). Dessa forma, a determinação da composição corporal tem grande importância para a avaliação de grupos genéticos em diversos sistemas produtivos, permitindo melhorar a produtividade e, ao mesmo tempo, agregar valor à carne bovina.

Para os sistemas de produção de carne bovina a pasto, um dos principais desafios é a determinação de um ponto ideal de abate e seu impacto na qualidade final da carne, já que o grau de acabamento e a quantidade de porção comestível na carcaça afetam a aceitabilidade da carne por parte da indústria e consumidores. Com isso, equilíbrio entre genética, modelo produtivo e tecnologias empregadas no sistema é fundamental para alcançar as metas impostas pelo mercado.

Portanto, a determinação do ponto ideal de abate dos animais de diferentes grupos genéticos nos diferentes sistemas de produção disponíveis, visando o aumento do rendimento dos cortes e a qualidade da carne desses animais, torna-se uma ferramenta importante para que os produtores e a indústria produzam constantemente um produto de qualidade. Nos próximos anos, a implementação de tecnologias e alternativas que reduzam a variação para produção de carcaças com excelentes rendimentos de cortes cárneos e padrão de qualidade, deve ser o foco do sistema produtivo.

De acordo com Yokoo et al. (2009) existem vários métodos de avaliar a qualidade da carcaça e da carne de bovinos. Um desses métodos é a avaliação após abate do animal, que é desvantajosa em termos de custo e acaba por limitar o número de animais testados, em comparação ao uso da ultrassonografia, que permite a avaliação das características da carcaça por procedimento não invasivo e que não deixa resíduos nocivos na carne dos animais (Tarouco, 1991).

A ultrassonografia é uma ferramenta objetiva e acurada de mensuração da musculosidade, espessura de gordura subcutânea e intramuscular, permitindo estimar valores genéticos para essas características e para rendimento de carne à desossa. Sendo assim, a ultrassonografia tornou-se uma ferramenta auxiliar aos programas de melhoramento genético, a qual pode fornecer indicadores da composição da carcaça por meio de medidas no animal vivo.

A utilização de modelos de predição para composição corporal, peso e rendimento da porção comestível, utilizando medidas por ultrassom é de grande importância para a cadeia produtiva da carne, já que a partir destas equações o produtor pode previamente selecionar animais melhoradores para as características de qualidade e rendimento de carne, e auxilia a indústria na determinação do seu mercado alvo. Segundo Tarouco et al. (2007), o impacto econômico da seleção para rendimento dos cortes comerciais na cadeia da carne pode ser significativo, pois aumenta a disponibilidade da porção comestível dentro de um mesmo peso de carcaça comercializada, elevando seu valor monetário com mesmo custo de produção.

A presente tese tem como objetivos, i. desenvolver equações de predição derivadas de medidas de ultrassom *in vivo* e na carcaça para peso e rendimento da porção comestível do traseiro e peso dos cortes comerciais individuais do traseiro de bovinos recriados e terminados em sistema de produção a pasto e, ii. avaliar as características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne de novilhos das raças Angus, Brangus e Braford, em um sistema de recria e engorda a pasto.

RESVISÃO DE LITERATURA

1 - Sistemas de produção e seus efeitos na qualidade da carcaça e da carne

Os sistemas de produção bovina no Brasil variam desde uma pecuária extensiva, até uma pecuária considerada intensiva. Sistemas de produção extensivos são aqueles em que os animais são manejados, em grandes áreas, exclusivamente, em pastagens nativas ou cultivadas, com pouco ou nenhum uso de insumos (Euclides Filho & Euclides, 2010). Logo, as pastagens são a única fonte de proteína e energia para esses animais. Já os sistemas intensivos, são caracterizados pelo uso de insumos externos, com a utilização de pastagens cultivadas de alta exigência em fertilização fosfatada e nitrogenada, suplementação alimentar a pasto e confinamento na terminação dos animais (Cezar et al. 2005).

Segundo Lobato et al. (2014) e Freitas et al. (2014), a produção bovina no Brasil é basicamente representada pelos sistemas pastoris, que se destacam por ser uma alternativa economicamente sustentável.

O estado do Rio Grande do Sul possui um rebanho bovino com 13,781 milhões de cabeças, ou seja, 6,21% do rebanho brasileiro (ABIEC, 2018). O estado destaca-se na produção e no consumo de carne bovina, tendo seus rebanhos criados basicamente em pastagens naturais (campos nativos) e terminados nestas ou em pastagens implantadas de ciclo hiberno primaveril.

Os campos nativos presentes no estado do Rio Grande do Sul são compostos em sua maioria por espécies de ciclo estival e poucas de ciclo hibernal, o que determina uma menor produção de forragem durante o período de frio (Ferreira et al., 2011; Devincenzi et al., 2012, Oliveira, 2017). Tal estacionalidade tem como consequência a perda de peso dos animais durante o período de inverno.

O diferimento dos campos nativos pode consistir numa ferramenta estratégica para acumular forragem nas épocas de crescimento favorável para posterior pastejo. Além disso, permite a ressemeadura de espécies forrageiras nativas de melhor qualidade (Pinto, 2011; Fedrigo, 2011).

O uso de pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) consorciadas azevém (*Lolium multiflorum*) durante o inverno e primeiros meses da primavera, e áreas de campos nativos diferidos com suplementação alimentar no verão, também são sistemas utilizados no sul do Brasil, sendo estas importantes ferramentas para aumentar a produtividade nos sistemas a pasto. Essa intensificação da produção visa aumentar o ganho de peso dos animais e, a reduzir a idade ao abate fazendo uso do manejo das pastagens e da utilização da suplementação, proporcionando maior eficiência no ganho de peso.

O uso de suplemento tem por objetivo atender as exigências nutricionais dos animais criados a pasto, complementando o valor nutritivo da forragem para alcançar o desempenho animal desejado (Euclides e Medeiros, 2005), o que está diretamente ligado, ao desempenho, crescimento e a síntese de novos tecidos nos animais. Segundo Lobato e Pilau (2004) quando a suplementação a pasto é utilizada de forma estratégica e econômica, tem

grande influência na produção e produtividade dos sistemas pecuários e na qualidade da carne consumida.

O efeito do sistema de produção, ou da alimentação, sobre os aspectos qualitativos da carne são bastante significativos, pois em geral alteram as taxas de crescimento dos animais e os ritmos de deposição de gordura.

De acordo com Silva Sobrinho (2001), a qualidade da carne é uma combinação de vários atributos, como: sabor, suculência, textura, maciez, aparência e constituição. Essas características qualitativas são influenciadas pela raça, idade ao abate, alimentação e sistema de produção em que o animal é criado.

A carne de bovinos alimentados com pastagens geralmente apresenta uma coloração geralmente mais escura e gordura mais amarelada que animais terminados com concentrados (Priolo et al., 2001; Realini et al., 2004). De acordo com Varnam e Sutherland (1995), os animais alimentados a pasto têm mais mioglobina muscular, devido sua maior atividade pré-abate em relação aos confinados, o que explica a coloração mais escura. A cor da gordura, parece estar mais associadas às concentrações mais altas de β -caroteno nas pastagens em comparação com alimentos concentrados, levando a uma maior concentração desse pigmento na gordura de animais alimentados com forragens (Oliveira et al., 2012).

Em relação a maciez, a carne de animais confinados se apresenta mais macia do que a carne de animais de pastagem (Menezes et al., 2010). Macedo et al. (2001) além de obter carne mais macia em animais confinados, verificaram carcaças com melhor rendimento e acabamento. Isso se deve a maior ingestão de energia dos animais alimentados com concentrado, apresentando, maiores taxas de crescimento o que afetará, indiretamente, de forma positiva, a textura, maciez e suculência por meio da maior deposição de gordura (Ladeira e Oliveira, 2006). Vale salientar que nos trabalhos citados, o critério utilizado para o abate foi o peso vivo, de modo que os animais com maior taxa de crescimento apresentam maior teor de colágeno solúvel (Koochmaraie, 2002; Bruce et al. 2004; Silva et al. 2017), com implicações favoráveis para textura e maciez.

Em relação ao perfil de ácidos graxos da carne bovina, alguns autores (MacRae et al, 2005; Wood et al. 2008) têm demonstrado os benefícios dos produtos cárneos por ruminantes a pasto. Isso se deve, principalmente, aos menores teores de ácidos graxos saturados, e ao maior teor de ácidos graxos poliinsaturados nos produtos de bovinos em terminados em pastagens (De Smet et al., 2004; Darley et al., 2010; Bressan et al., 2011).

Realini et al. (2004) e Nuernberg et al. (2005) observaram maior participação dos ácidos graxos saturados em animais terminados em confinamento do que em pastagens temperadas, e atribuíram este fato ao alto consumo de concentrado na dieta. Duckett et al. (1993) observaram que as proporções de ácidos graxos saturados aumentam conforme o tempo de administração de concentrado na dieta. Freitas et al. (2014) trabalhando com 68 dias de confinamento, concluíram que a alimentação de novilhos por um curto período de tempo, com baixos níveis de energia, não afetou negativamente a composição lipídica da carne, sendo necessário um maior

tempo de administração de concentrado para que se obtenha diferença na proporção de ácidos graxos na carne de animais a pasto e confinados.

Alguns estudos mostram que bovinos alimentados a pasto, também apresentam na gordura intramuscular maior teor de n3, de ácido linoleico conjugado (CLA), além de menor relação de ácido n6/n3 comparado a animais que receberam concentrados na dieta, sendo estes aspectos benéficos à saúde humana (Realini et al., 2004; Nuernberg et al., 2005; Medeiros, 2008; Freitas et al., 2014).

A menor relação n6/n3 observada na carne de ruminantes que se alimentam exclusivamente a pasto se deve aos maiores teores de ácido linolênico (n3) nas forragens e linoleico (n6) em grãos, portanto, animais alimentados exclusivamente a pasto apresentam carne com melhor relação n6:n3 (Enser et al., 1998; Menezes et al., 2014).

No caso de pastagens, Farruggia et al. (2008) ressaltam que a participação de azevém (*Lolium multiflorum*), quando sobressemeada em pastagens naturais, pode representar na dieta animal uma vantagem adicional pelo fato dessa espécie apresentar uma composição de ácidos graxos altamente positiva, com alto teor de AGPI.

Em relação as pastagens de clima temperado e tropical, Medeiros (2008) salienta um menor teor de ácidos graxos poliinsaturados nas forrageiras tropicais, principalmente o ácido linolênico. Segundo French et al. (2000), a composição lipídica das pastagens de clima temperado é composta de aproximadamente 50% de AGPI. Portanto, uma das alternativas de aumentar o teor de ácidos graxos poliinsaturados nas pastagens, é optar por espécies de maior concentração principalmente de ácido linolênico e linoleico, como o azevém.

Considerando a produção de bovinos de corte no estado do Rio Grande do Sul de relativa importância para o agronegócio gaúcho e brasileiro, aliado a busca por produtos de qualidade superior, em sistemas de produção basicamente a pasto, torna-se extremamente importante a caracterização dos atributos qualitativos e quantitativos da carne produzida nessa região.

2 - Utilização do ultrassom na avaliação de características de carcaça *in vivo*

Embora o Brasil tenha sido o maior exportador de carne bovina nos últimos anos (ABIEC, 2018) a cadeia da carne ainda enfrenta dificuldades em se estruturar. Além das variações de preço em consequência das mudanças econômicas internas, a falta de padronização de carcaças no abate, não só pela variação de peso como também pela composição do peso, e proporção “carne/cobertura de gordura/ossos” (Pineda, 2000), compromete a obtenção de resultados ainda melhores na atividade.

Nos últimos anos, têm-se observado um aumento no interesse dos diversos setores de produção de carne bovina em desenvolver sistemas de avaliação e classificação para carne de qualidade. Em função disso, muitos criadores, especialmente selecionadores, tem buscado alternativas ao método de avaliação visual do animal vivo, o qual é altamente subjetiva para estimação

do valor da carcaça antes do abate (Menezes et al. 2005). Para Miller (2001), a utilização de instrumentos de alta tecnologia pode proporcionar medições acuradas dos componentes de carcaça, impossíveis de serem obtidas por avaliações visuais ou palpação do animal vivo.

Assim, a ultrassonografia (US) surge como uma opção viável para a avaliação dos atributos da carcaça no animal vivo. A aplicação da ultrassonografia como uma ferramenta de pesquisa para estudar as características da carcaça de bovinos, incluindo o crescimento e fisiologia do desenvolvimento, representa um avanço tecnológico que revolucionou a compreensão da biologia básica em bovinos (Williams, 2002). Além disso a US constitui uma técnica objetiva e acurada para avaliar a qualidade da carcaça e para seleção de animais *in vivo* para musculosidade, cobertura de gordura e rendimento dos cortes cárneos (Perkins et al. 1992a; Herring et al. 1998).

A ultrassonografia de carcaça, passou a ser considerada como técnica para a predição da composição da carcaça de bovinos de corte a partir de 1950 pelo Dr. James Stouffer da Universidade de Cornell nos EUA, é considerada uma tecnologia de baixo custo e de fácil aplicação, quando comparada a mensuração realizada diretamente na carcaça após o abate (Fisher, 1997).

O ultrassom utiliza ondas sonoras de alta frequência, acima da capacidade auditiva humana (16.000 ciclos/segundo). Os pulsos de ultrassom são gerados em um transdutor por vibrações de cristais piezelétricos, os quais são transmitidos através dos tecidos até que atinjam alguma interface. Em tecidos de diferentes densidades, uma proporção do feixe sonoro penetra, enquanto que outra é refletida e retorna ao transdutor. Esta energia mecânica é convertida em energia elétrica, processada e apresentada em diferentes formatos (Wilson, 2002).

São utilizadas frequências entre 1 a 5 megahertz (Mhz), para avaliação da composição corporal de animais vivos, sendo as frequências de 3 a 3,5 Mhz as mais apropriadas para avaliação de carcaça, estabelecendo uma relação entre profundidade de varredura e qualidade da imagem gerada.

Além da ultrassonografia em tempo real oferecer meios objetivos de avaliar os animais vivos em relação à composição de carcaça, tal técnica influencia positivamente na melhoria da comunicação em todos os setores envolvidos na indústria de carne vermelha (Tarouco, 2004).

Para a avaliação da composição das carcaças, a tecnologia de ultrassom, é considerada uma ferramenta disponível e de fácil acesso ao produtor, e tem como objetivo oferecer informações necessárias para direcionar as alterações na seleção da composição corporal dos animais. Um ponto fundamental para o sucesso da utilização desta técnica é a correta captura e interpretação das imagens, o que está altamente relacionado ao grau de experiência do técnico (Wilson, 1996; Tarouco, 2004).

Além de ser uma alternativa para a predição *in vivo* das características de carcaça, a ultrassonografia, têm-se mostrado uma tecnologia útil para obter informações do rendimento da porção comestível em bovinos vivos (Wallace et al., 1977; Greiner et al., 2003; Tait et al., 2005). Portanto, o principal objetivo da obtenção destas informações de composição de carcaça é estimar com precisão em animais vivos o rendimento de carcaça e de cortes

comerciais e, conseqüentemente, possibilitar a estimativa do mérito genético para qualidade de carcaça (Wilson, 1992), e, dessa forma, permitir a seleção e obtenção de produtos comercialmente mais desejáveis.

Para McKiernan et al. (2005), o rendimento dos cortes desossados constitui um importante componente no desenho de modelos de programas de melhoramento genético para mérito de carcaça de bovinos e, de acordo com Hamlin et al. (1995), a magnitude da variação nas características biológicas economicamente importantes é grande, e está sob alto grau de controle genético, portanto, a seleção para essas características pode trazer resultados positivos aos produtores.

Segundo Lambe et al. (2010), as análises atuais sugerem que as medidas de ultrassom de carcaça, realizadas em novilhos e novilhas, pré-abate e pré-acasalamento, podem ser utilizadas para alimentar programas de seleção genética, fornecendo avaliações mais precisas do mérito genético de reprodutores para características de composição de carcaça.

Além das vantagens citadas anteriormente, a utilização da ultrassonografia, para mensuração das características de carcaça apresenta outras vantagens: 1º) custo da avaliação individual inferior ao tradicional teste de progênie, sem a necessidade de abate dos filhos dos animais avaliados para mensuração na carcaça, e com resultados equivalentes; 2º) possibilita a avaliação genética dos reprodutores antes do primeiro acasalamento; 3º) as estimativas de herdabilidade, geralmente, são de magnitude moderada a alta; 4º) as correlações entre as medidas realizadas pelo ultrassom e as medidas obtidas diretamente na carcaça são moderadas a altas (Perkins et al., 1992; Tarouco et al., 2005; Emenheiser et al., 2014; Peña et al., 2014), podendo também serem utilizadas para validação de características genômicas.

Outra vantagem dessa técnica é que quando as medidas são realizadas diretamente na carcaça, com os animais abatidos, o encurtamento das fibras musculares pelo processo de resfriamento e a retirada da gordura subcutânea da carcaça na hora da esfola podem levar à perda da variabilidade genética da área de olho de lombo (AOL) e da gordura de cobertura, conduzindo a estimativas de herdabilidade menores que aquelas observadas quando as mensurações são obtidas por medidas de ultrassom em tempo real nos animais (Ritchie, 2001).

Com a evolução e modernização dos equipamentos de ultrassom, as medidas realizadas no animal vivo apresentam altas correlações com medidas na carcaça. A medida da área de olho de lombo (AOL) apresenta alta correlação com rendimento da carcaça e de cortes nobres (Ferraz et al., 2004), enquanto a espessura de gordura indica o grau de acabamento do animal, e estaria relacionado à precocidade de crescimento e sexual dos animais.

Alguns estudos, também demonstram correlação genética positiva entre a área de olho de lombo e características de interesse econômico, como rendimento de cortes e peso de carcaça quente, indicando que a seleção baseada na área de olho de lombo pode trazer resultados positivos para essas características (Perotto et al., 1999; Ribeiro et al., 2008).

2.1 – Medidas obtidas por ultrassom

2.1.1 - Área de olho de lombo (AOLUS)

A área de olho de lombo (AOL) representa uma secção transversal do músculo *longissimus* entre a 12° e 13° costelas. De acordo com Willians (2002), este ponto anatômico da costela é o mais utilizado para se estimar o total de músculo do animal, sendo utilizado para predizer a percentagem de cortes da carcaça.

Os músculos ao redor da coluna vertebral são de ímpeto de crescimento médio em relação ao total dos outros músculos do corpo do animal (Berg e Butterfield, 1979), portanto, podem ser bons indicadores do crescimento da musculatura geral da carcaça.

Perkins et al. (1992) estudando a correlação entre a característica de área de olho de lombo obtida por ultrassom e na carcaça, obtiveram um coeficiente de correlação de 0,60. Resultado semelhante foi evidenciado por May et al. (2000), que encontraram correlação de 0,61 entre essas medidas. Associações mais elevadas foram evidenciadas no estudo de Greiner et al. (2003b), que trabalharam com novilhos de dois anos, obtendo um coeficiente de correlação de 0,86 para a mesma característica.

Segundo Greiner et al. (2003a) as medidas de ultrassom superestimam a área de olho de lombo em animais com menos musculatura, enquanto subestimam em animais que apresentam maior quantidade de músculo. Tarouco et al. (2005) demonstraram que animais com AOLC menores que 50 cm² são superestimados por ultrassom e que aqueles com áreas maiores que 50 cm² são subestimados para a obtenção da AOL, sendo, os melhores resultados encontrados nas classes intermediárias de 50 a 60 cm².

Peña et al. (2014) utilizando medidas seriadas, obtiveram coeficientes de correlação de 0,47, 0,48, 0,57, 0,62, 0,67, 0,78 e 0,97 quando os animais foram avaliados aos 180, 150, 120, 90, 60, 30, e 7-1 dias antes do abate, respectivamente. Demonstrando, que o tempo de verificação pré-abate tem impacto sobre as predições desta característica quando medida por ultrassom e comparada com sua respectiva na carcaça.

Segundo Cardoso (2013), a AOL apresenta moderada a forte correlação com o peso dos cortes cárneos e o peso dos cortes do traseiro de bovinos. Concordando com os resultados de Realini et al. (2001), que reportaram correlação de 0,67 entre a AOL por ultrassom e o peso dos cortes da carcaça e, com os resultados de Tarouco et al. (2007) e Silva et al. (2012), que observaram correlações de 0,55 e 0,71, respectivamente, para AOL por ultrassom e o peso dos cortes do traseiro.

2.1.2 - Espessura de gordura subcutânea (EGSUS)

Há algum tempo, as indústrias frigoríficas exigem certa padronização em relação à espessura de gordura subcutânea (EGS) nas carcaças de bovinos destinados ao abate. Como importante indicador de qualidade, é exigido um mínimo de três milímetros espessura de gordura, uma vez que afeta a velocidade de resfriamento da carcaça, funcionando como isolante térmico e interferindo, positivamente, na conversão de músculo em carne para o consumo humano (Luchiari Filho, 2000).

Em relação a outros tecidos corpóreos, a gordura é um tecido de deposição tardia e, geralmente, animais de raças de menor porte começam a depositar gordura subcutânea com um peso menor em relação aos animais de grande porte (Berg e Buterfield, 1979). Portanto, através medição da gordura subcutânea, pode-se identificar animais fisiologicamente mais precoces dentro de um mesmo lote (Figueiredo, 2001).

A espessura de gordura subcutânea (EGS) é medida em milímetros (mm) no espaço intercostal da 12ª e 13ª costelas sobre o músculo *longissimus*, constituindo em uma simples medida ou estimativa da profundidade do tecido a $\frac{3}{4}$ de distância a partir do lado medial do músculo. Esta é a medida mais comum de gordura subcutânea e está diretamente relacionada com os rendimentos de carcaça (Tarouco et al., 2005).

De acordo com Wilsson (1992) e Silva et al. (2006), a espessura de gordura subcutânea é positivamente correlacionada com o total de gordura corporal, e negativamente, à percentagem dos cortes comerciais, ou percentagem de carne magra na carcaça, ou seja, quanto mais gordura na carcaça menor a porcentagem de cortes comerciais e rendimento de carne magra.

Tarouco et al. (2005), obtiveram um coeficiente de correlação de 0,95 entre a medida de ultrassom *in vivo* 24 horas antes do abate e a medida na carcaça, avaliando novilhos da raça Braford com média de idade de 12 meses. Segundo o mesmo autor, o ultrassom pode ser utilizado com alto grau de exatidão na estimativa do mérito individual da carcaça auxiliando assim ao produtor na tomada das decisões de manejo dos animais. Perkins et al. (1992), trabalhando com novilhos e novilhas cruzadas em confinamento obtiveram um coeficiente de correlação de 0,75 entre a espessura de gordura subcutânea medida 24 horas antes do abate por ultrassom e 48 horas pós abate na carcaça. Portanto, as medidas obtidas por avaliação das imagens de ultrassonografia da espessura de gordura tomadas antes do abate podem ser um preditor acurado para esta característica.

Realini et al. (2001), observaram correlação de -0,33 entre a percentagem de cortes na carcaça e a EGSUS, trabalhando com aparas de gordura a 3,2 mm. Correlações de -0,36 entre a EGSUS e o rendimento dos cortes do traseiro foram observadas por Silva et al. (2012), trabalhando com gordura de cobertura de 6,4mm e com aparas de 5mm. Entretanto, Tarouco et al. (2007) trabalhando com animais com baixa espessura de gordura subcutânea, não encontraram correlação significativa entre a EGSUS e o rendimento dos cortes do traseiro.

Essa diferença de magnitudes de correlações encontradas entre os trabalhos revisados, são devidas as diferenças de grau de acabamento dos animais e quantidade de aparas de gordura na carcaça entre os trabalhos.

Segundo Aiken et al. (2001), a maioria das pesquisas são realizadas em animais confinados, porém, existe grande interesse da comunidade científica em determinar a exatidão da técnica de ultrassonografia em animais à pasto. Entretanto, para Prado et al. (2004) trabalhos desta natureza ainda demonstram certa dificuldade na obtenção de resultados consistentes, principalmente, quanto à mensuração da espessura de gordura subcutânea,

que pode estar relacionado ao consumo de energia diária do animal para promover a alta deposição de tecido adiposo.

Portanto, uma boa estimativa da espessura de gordura de cobertura pré-abate, pode melhorar a consistência do produto final com a diminuição da variabilidade do acabamento de gordura dos animais ao abate (Cardoso, 2013).

2.1.3 – Espessura de gordura na picanha (EGPUS)

A espessura de gordura na picanha (EGP) é medida em milímetros (mm), realizada na intersecção dos músculos *Gluteos medius* e *Biceps femoris*, localizados entre os ossos do íleo e do ísquio.

A espessura de gordura na picanha é de deposição precoce em relação a gordura nas costelas, ocorrendo anteriormente à deposição na região dorso-lombar (Berg e Buterfield, 1979). Neste sentido, é uma característica interessante de se avaliar, principalmente em animais criados em pastagem, por apresentar um desenvolvimento mais precoce em relação à espessura de gordura na costela (EGC) na idade ideal de coleta da imagem. Possui também melhor acurácia e repetibilidade de mensuração quando comparada à espessura de gordura na costela (Yokoo, 2005).

A EGP está negativamente correlacionada com a percentagem de cortes comerciais e também é um indicador do total de gordura na carcaça (Williams, 2002; Cardoso, 2013).

Cardoso (2013) correlacionando medidas de espessura de gordura subcutânea tomadas na carcaça e por ultrassom com a espessura de gordura na picanha realizada por ultrassonografia, reportou correlações de 0,57 e 0,55, respectivamente. Realini et al. (2001), obtiveram correlações de entre a espessura de gordura na picanha e a espessura de gordura na carcaça ajustada de 0,69 e de 0,64 em relação ao peso total de gordura na carcaça.

Estes resultados demonstram que as medidas de gordura subcutânea são positivamente correlacionadas.

2.1.4 Gordura intramuscular e Marmoreio

O termo “marmoreio” se refere a presença de faixas de tecido adiposo entre os feixes de fibras musculares no músculo esquelético de bovinos (Harper e Pethick, 2004). O escore de marmoreio é realizado por meio de uma análise de escores visuais subjetivos, utilizando como referência padrões fotográficos. Sendo que mensurador, avalia a existência de depósitos de gordura entre as fibras musculares no músculo *Longissimus dorsi*, cuja classificação é determinada por uma escala de pontos. Em ordem decrescente de qualidade, os escores são divididos em “prime” (dividido em “Abundant”, “Moderately Abundant” e “Slightly Abundant”), “choice” (dividido em “Moderate”, “Modest”, “Small”), “select” (“Slight”) e “standard” (dividido em “Traces” e “Practically Devoid”) (Smith et al., 2013).

A gordura intramuscular refere-se ao teor de extrato etéreo presente em uma amostra de carne entre as fibras musculares. Contudo, essas análises são laboriosas e muitas vezes utilizam solventes de alta toxicidade, como clorofórmio (Folch et al., 1957, Bligh e Dyer, 1959). Whittaker et al. (1992) demonstrou que a percentagem de gordura intramuscular em bovinos pode ser

estimada por meio da tecnologia da ultrassonografia no animal vivo, sendo que os depósitos de gordura dispersam as ondas ultrassônicas, aparecendo na imagem como regiões brilhantes contrastando com o fundo preto do músculo *Longissimus dorsi*. O percentual de gordura intramuscular, medido por ultrassom, é estimado na imagem longitudinal no músculo *Longissimus dorsi* sobre a 12° e 13° costelas.

Tanto a gordura intramuscular (IMF) quanto o marmoreio, são características importantes quando se avalia a qualidade da carne, devido a associação com características sensoriais como suculência e sabor (Lambe et al., 2017).

A gordura intramuscular contribui para a qualidade geral no consumo de carne, e apesar de responder por apenas 5 a 10% na variação da textura instrumental da carne (Wheeler et al., 1994), segundo Thompson (2004) tem maior impacto na maciez sensorial, em função da grande influência que exerce sobre a suculência e o sabor da carne, estimulando a salivação e lubrificando as fibras musculares durante o processo de mastigação. Emerson et al. (2013) correlacionaram escores de marmoreio e avaliações sensoriais, verificando que carnes com maior quantidade de gordura intramuscular receberam avaliações positivas na experiência sensorial de avaliadores treinados.

Wall et al. (2004) avaliando 406 novilhos de corte cruzados, alimentados em confinamento, em diferentes períodos de avaliação (100, 60 e 7 dias pré-abate), observaram associações positivas entre as medidas de percentagem de gordura intramuscular por ultrassom e o escore de marmoreio na carcaça, obtendo valores de coeficientes de correlação simples de 0,63, 0,62 e 0,61, respectivamente. Baker et al. (2006) sugeriram que as associações são mais elevadas quando existe uma quantidade maior de gordura intramuscular.

Wheeler et al. (2005) relataram correlação genética de -0,46, 0,47, 0,71 e 0,55 entre IMF e força de cisalhamento (Warner Bratzler), maciez, suculência e escores de sabor, respectivamente. Concordando com Shackelford et al. (1994) que relataram correlação genética favorável e significativa entre o IMF e força de cisalhamento (WB) em bovinos de -0,57, demonstrando a relação favorável entre esses traços.

A deposição de gordura intramuscular apresenta diferenças entre as raças, bem como dentro de raças. Raças de origem britânica apresentam alta capacidade de deposição de gordura de marmoreio, enquanto que raças zebuínas e continentais, apresentam baixa capacidade de deposição de gordura intramuscular (Burrow, 2001).

3 – Equações de predição

Com a necessidade de se produzir carne que atenda a mercados de melhor remuneração, visto que a pecuária brasileira se baseia principalmente em sistemas de produção a pasto, existe a possibilidade de homogeneizar as carcaças bovinas com o uso da ultrassonografia antes do abate. Ao reduzir a variabilidade do produto final se reduz as perdas econômicas com o abate dos animais, direcionando das carcaças para mercados específicos, podendo desta forma ter frequência na produção, garantindo o preço. A avaliação de carcaças

pela técnica de ultrassonografia tem o objetivo de, indiretamente, estimar características quantitativas da carcaça e da carne, devido a dificuldade de se fazer tais procedimentos na indústria frigorífica (Tarouco, 2007).

Equações matemáticas têm sido desenvolvidas por vários pesquisadores (Realini et al. 2001; Tarouco et al. 2007; Silva et al. 2012; Cardoso, 2013; Sakamoto et al. 2014) com o objetivo de estimar a composição da carcaça. Em produção animal, os modelos são utilizados visando a predição de desempenho dos animais, sendo muito utilizadas regressões múltiplas para a construção dos modelos. Regressão múltipla é quando a variável resposta se relaciona com mais de uma variável preditora, obtendo-se um modelo múltiplo.

A adequação dos modelos pode ser verificada pelos valores de Coeficiente de determinação (R^2), e coeficiente de Mallows (CP). O coeficiente de determinação é uma medida de ajustamento do modelo proposto, varia de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1 indica que mais ajustado está o modelo, ou seja, o R^2 é expresso em percentagem e indica o quanto o modelo consegue explicar os dados observados, sendo a relação entre a variabilidade das variáveis preditoras e a variância total. O Cp de Mallows indica a precisão do modelo, ou seja, um Cp com valor baixo e mais próximo do número de variáveis incluídas no modelo, indica que a equação é relativamente precisa e possui variância pequena na estimativa verdadeira dos coeficientes da regressão e na previsão de respostas futuras (Teixeira et al., 2013).

A utilização de equações de predição a partir de medidas *in vivo* para estimar a composição de carcaças pode garantir uma redução nos custos de produção, já que possibilita determinar o grau de acabamento e de desenvolvimento muscular dos animais antes do abate. Portanto, as medidas de ultrassom *in vivo* podem ser utilizadas para predizer o grau de qualidade e de rendimento de carcaça. Assim, proporcionando uma orientação útil na classificação dos animais, e nos períodos de alimentação e comercialização, auxiliando na tomada de decisões cruciais para diminuir o risco de perdas nas carcaças (Lusk et al., 2003; Wall et al., 2004).

Diversos autores (Wilson, 1992; Realini, 2001; Tarouco et al. 2007; Sakamoto et al. 2014) concluíram que os modelos de predição baseados nas medidas obtidas por ultrassom *in vivo* apresentam uma acurácia equivalente às medidas realizadas em carcaça *post-mortem*, sem haver a necessidade de abate, nem o retalhamento das carcaças em estudo. Para Bergen et al (2005), as equações de predição baseadas em medidas de ultrassom podem fornecer previsões mais precisas sobre o rendimento da carne magra, em relação às equações a partir das medidas realizadas diretamente na carcaça.

Hamlin et al. (1995) quantificando a variação entre a predição e o valor real do rendimento dos cortes cárneos, demonstraram que a ultrassonografia em tempo real subestima entre 2 a 10% o valor real encontrado na carcaça. Segundo os autores, apesar disto, a tecnologia do ultrassom em tempo real, demonstra possuir grande habilidade preditiva em comparação às equações de predição do rendimento de cortes cárneos normalmente utilizadas.

Para Realini et al. (2001), as medidas de ultrassom são mais acuradas para predição de medidas lineares, como espessura de gordura e profundidade do músculo, do que para áreas. A precisão e repetibilidade da

medida de área de olho de lombo se deve principalmente ao equipamento utilizado e a experiência do técnico que coleta as imagens (Herring et al., 1994; Hassen et al., 1998; Tarouco et al., 2007).

Em estudo realizado por May et al. (2000), a equação formulada a partir das características medidas por ultrassom *in vivo*, explicou 57% da variação no rendimento dos cortes desossados, provavelmente pela capacidade do ultrassom em estimar a espessura da gordura da carcaça, que foi a característica individual que explicou a maior variação na produção de cortes. Neste estudo, os autores concluíram que o uso de estimativas *in vivo*, como o frame, score muscular e peso vivo, e o uso da espessura de gordura medida por ultrassom, isoladamente ou combinadas, é uma opção viável para avaliar a composição da carcaça antes do abate.

Tarouco et al. (2007), ao avaliar modelos de regressão para estimar peso e rendimento de cortes comerciais obteve os modelos de melhores ajustes ao incluir medidas de AOL, EGS medidas por ultrassom e peso vivo no modelo. Rhoades et al. (2009), avaliando equações de predição para estimativas de ponto de abate, encontraram R^2 de 0,79 a 0,93 ao incluir as características EGS e percentagem de gordura intramuscular medidos por ultrassom.

O rendimento cárneo e a qualidade do produto final são características determinantes na comercialização e aceitabilidade do consumidor, e é o que agrega valor à carne. Além disso, a aplicação de modelos de predição a partir de medidas *in vivo* para prever a composição da carcaça em reprodutores e progênes para abate, permitirá rápido progresso genético e maior competitividade aos produtores, dentro de um sistema de comercialização baseado em quantidade/qualidade (Greiner et al. 2003).

Portanto, a avaliação das carcaças e o desenvolvimento de equações de predição são de extrema importância para a padronização do produto e para fornecer essas informações de mercado, organizando e facilitando o sistema de compra e venda do produto.

4 - Qualidade da carcaça e da carne bovina

Qualidade da carne é um conceito amplamente discutível. Além dos aspectos culturais, o mercado também é um fator importante na abordagem desse conceito, pois o mesmo varia em relação a faixa de renda do segmento de consumidores a ser atingido (Felício, 1999). Portanto, a qualidade de um produto é o conjunto de atributos que satisfaz às necessidades do consumidor, chegando até a ultrapassar as suas expectativas iniciais.

A definição de qualidade está se tornando cada vez mais complexa, engloba desde as qualidades físicas intrínsecas da carne (cor, textura, aparência, maciez, suculência, sabor) até a qualidade extrínseca (marcas de qualidade, origem, salubridade, ambiente de produção, bem-estar animal, etc.) (Priolo et al., 2001).

A carcaça consiste na unidade responsável pelo valor determinado ao animal na indústria, sendo o seu rendimento em relação ao peso vivo, a quantidade e a qualidade da sua porção comestível responsáveis pela determinação do seu valor comercial (Luchiari Filho, 2000). A composição

corporal e a quantidade de carne produzida na carcaça têm importância fundamental na determinação da eficiência biológica (Pereira et al., 2009).

Uma carcaça bovina de boa qualidade e rendimento de porção comestível, deve apresentar adequada relação entre as partes que a compõem, ou seja, possuir o máximo de músculos, o mínimo de ossos e uma quantidade adequada de gordura que assegure ao produto condições mínimas de qualidade para o consumo (Luchiari Filho, 2000).

Os pesos e as proporções de carne nas carcaças bovinas, que são quantificadas por características como peso dos cortes, são indicadores de qualidade de carcaça baseados na quantidade dos produtos comercializáveis (Silva et al., 2012). Portanto, o peso e o rendimento de carcaça são as variáveis mais utilizadas para a descrição e categorização de uma carcaça específica (Strydon e Smith, 2005).

A deposição dos tecidos no corpo do animal apresenta um comportamento alométrico de crescimento e o desenvolvimento, ou seja, cada tecido possui velocidades de crescimento diferentes. O primeiro tecido a ser depositado, é o tecido nervoso, seguido pelo tecido ósseo, pelo muscular e pelo tecido adiposo (Owens et al., 1993). Quando os animais atingem a maturidade, se observa o fim do crescimento ósseo e a diminuição do crescimento muscular, ao passo que a deposição de gordura é intensificada (Berg e Butterfield, 1979).

No Brasil, a maioria dos animais abatidos são criados em sistemas extensivos de produção, os quais, normalmente, empregam um nível de tecnologia inadequado, incapaz de alterar os índices de produtividade. Os sistemas de terminação menos intensivos afetam negativamente as taxas de crescimento, idade de abate, peso e grau de acabamento das carcaças (Calkins e Hodgen, 2007), fatores estes que influenciam a qualidade do produto final.

Na busca da precocidade, as mudanças que vem ocorrendo na cadeia produtiva da carne em geral e nos sistemas de produção, indicam a necessidade de se promover novas avaliações, considerando-se, além do ganho de peso vivo dos animais, as características de composição da carcaça desses animais (Rubiano et al., 2009).

A carne é um elemento importante na dieta humana e os consumidores estão cada vez mais em busca por alimentos saudáveis (Ramos e Gomide, 2007), com isso, torna-se importante a avaliação das características de qualidade e constituição desta. A carne é composta basicamente por quatro tecidos: o tecido muscular, tecido conjuntivo, tecido gorduroso e tecido nervoso; sendo o tecido muscular o mais importante por estar presente em maior abundância e pelo seu maior valor econômico (Luchiari Filho, 2000).

Para que a carne esteja apta para o consumo humano, ou seja, que o músculo seja considerado carne, o músculo precisa passar por uma série de transformações bioquímicas. Uma das mais importantes é a utilização total da energia em forma de ATP presente no músculo, o que ocasiona formação de ligações permanentes entre proteínas (actina e miosina) que tornam o músculo inelástico e duro, processo chamado de *rigor mortis* (Alves et al., 2005), seguido de degradações enzimáticas e desnaturação proteica, o que torna

gradualmente o músculo macio. Após 24 horas de iniciado o *rigor mortis*, o músculo é considerado carne (Luchiari Filho, 2000).

As características de qualidade da carne são influenciadas por uma variedade de fatores como raça, sexo, idade, alimentação, transporte e a forma que a animal é abatido, e ainda pelo processo de armazenamento da carne, já que durante esse período ocorrem diversas mudanças que podem afetar a qualidade da carne. Essas mudanças são refletidas em muitas características a compor a qualidade tais como cor, maciez, sabor, aroma e suculência. Portanto, um dos maiores desafios da indústria de carnes é obter qualidade do produto durante o processo de produção, e garantir que esse produto de chegue até os consumidores com o mesmo padrão de qualidade (Liu et al., 2003).

De acordo com Burian et al. (2012) o mercado atual da carne bovina exige carnes de melhor qualidade, existindo consumidores dispostos a pagar mais por um produto de qualidade superior, sendo então necessária a utilização de tecnologias que permitam produzir essas carnes de qualidade. O aperfeiçoamento no controle da qualidade da carne é de grande importância para produtores, indústria e rede varejista, pois somente desta maneira serão correspondidas às expectativas dos consumidores em relação ao produto (Hadlich, 2004).

4.1 - Influência da raça sobre a produção e qualidade da carne bovina

Dentre os fatores *ante mortem* que influenciam a composição e a qualidade da carne, a raça, é um dos que apresenta maior correlação com esta característica (Prado et al., 2008a; Prado et al., 2008b; Rotta et al., 2009). As diferenças genéticas entre os animais afetam a composição da carcaça, uma vez que raças mais precoces, por atingirem a maturidade mais cedo, começam a depositar gordura em pesos menores.

Diferenças na velocidade de crescimento e na maciez da carne das diferentes raças vêm sendo avaliadas e revisadas há algum tempo e já foram revisadas por Marshall (1994) e Franke (1997). Segundo Wheeler et al. (2001), diferenças entre raças em características de produção são uma importante fonte genética para melhorar a eficiência dos sistemas de produção e a composição e qualidade da carne.

Sabe-se que eficiência alimentar, síntese e degradação de proteínas, taxas de crescimento dos tecidos (Ferrell e Jenkins, 1998) e deposição de gordura na carcaça de bovinos (Owens et al., 1993) dependem em grande parte do genótipo animal, e influenciam as características de qualidade da carne.

Entre diferentes raças, estima-se que aproximadamente 46% das variações da maciez da carne são atribuídas ao fator genético enquanto que 54% das variações são em função do ambiente (Koohmaraie, 2003), para um mesmo grupo genético. Quando a análise é realizada dentro de uma mesma raça, a genética do animal explica 30% das variações na maciez, enquanto 70% dependem do fator ambiente.

A genética dos animais tem influência principalmente na maciez da carne (Alves et al. 2005; Muchenje et al. 2008). O rebanho nacional, em sua

maioria, é constituído por animais zebuínos (*Bos indicus*) que apresentam em média, carne com maciez inferior em comparação a carne de animais de origem taurina (*Bos taurus*). Dentre os vários mecanismos propostos para explicar as diferenças de maciez da carne entre raças, está o efeito do estado de ativação do sistema enzimático calpaínas - calpastatina, que é responsável pelo amaciamento da carne *post-mortem* que ocorre durante o processo de maturação (Koochmaraie, 1994; 1996). Segundo alguns autores (Alves et al. 2005; Pacheco et al. 2005; Bianchini et al. 2007), além de diferenças no sistema enzimático calpaínas – calpastatina, geralmente, os zebuínos também apresentam carnes mais magras em relação aos taurinos, o que pode influenciar o teor e a composição dos ácidos graxos da carne. Portanto, o fator genético também é fonte de variação na deposição de gordura e no perfil lipídico de tecidos animais.

O Brasil, país tropical, apresenta como composição genética base as raças zebuínas, principalmente o Nelore. Porém, o sul do país, por suas particularidades climáticas e influências europeias, é selecionador de raças taurinas, especialmente britânicas. Sabe-se que a utilização de cruzamento já é fato comprovado de benefícios na produção animal, capaz de combinar características desejáveis de raças distintas através da genética aditiva e heterose.

Nas condições do Rio Grande do Sul, Lobato (2001) afirma que o cruzamento ideal é entre animais zebus e europeus, sem ultrapassar 50% de sangue zebuíno no seu produto.

É importante salientar que além da eficiência produtiva, a genética dos animais também precisa atender as características de qualidade exigidas pelos consumidores. Portanto, aos atributos qualitativos da carne em condições regionais de produção a pasto, merecem mais investigação.

4.2 - Maciez da carne

A maciez da carne é um dos atributos mais importantes para o consumidor (Therkildsen et al., 2002), existindo uma relação entre preço do corte e esta característica (Koochmaraie et al., 2002). A maciez é influenciada por todos os elos da cadeia de produção da carne bovina, apresentando variações sensíveis entre as espécies animais, carcaças, músculos e cortes cárneos (Searls et al., 2005). Levando em consideração a importância das características de qualidade da carne, principalmente a maciez, existe grande interesse pela seleção de animais cuja genética seja favorável à maior maciez da carne (Page et al., 2004).

A maciez pode ser medida de diversas formas. Uma das mais comuns é pela força de cisalhamento de Warner-Bratzler (WBSF), que indica a força máxima necessária para romper uma amostra de carne cozida, sendo essa medida expressa em kgf/cm² ou N (Newton), e é correlacionada com o parâmetro de dureza da carne em painéis sensoriais (Shackelford et al., 1995).

São vários fatores *ante e post mortem* que podem influenciar a maciez da carne, tanto quanto a genética, atividade física, manejo, maturidade, taxa de queda do pH, pH final, temperatura do músculo e, embora as alterações bioquímicas que ocorrem no músculo *post mortem* sejam

amplamente entendidas a relação entre tais características e a maciez ainda é incerta e requer quantificação (Muchenje et al., 2009).

A maciez envolve o processo de metabolismo muscular que inicia logo após o abate, e é dependente além da composição genética dos animais, do complemento proteico, do estado metabólico, e de fatores ambientais, como o estresse fisiológico (Koohmaraie, 2002). O processo de amaciamento da carne começa logo após o abate, variando entre raças e entre indivíduos da mesma raça (Veiseth et al., 2001).

Ainda que o mecanismo exato seja pouco esclarecido, é aceito que a hidrólise de proteínas miofibrilares por proteínas endógenas é a principal responsável pelo aumento da maciez *post mortem* da carne (Lage et al., 2010). Acredita-se que o teor de colágeno assim com a gordura intramuscular, sejam responsáveis por apenas 10 a 15% da dureza da carne, sendo o restante (85%) resultado da proteólise *post mortem* (Koohmaraie, 1994).

Logo, a proteólise das proteínas miofibrilares, ou seja, quebra das proteínas, é um fator importante que influencia diretamente a maciez *post mortem*. O sistema calpaína é um dos principais sistemas proteolíticos envolvidos no amaciamento de carne (Koohmaraie, 1994; Koohmaraie et al., 2002), composto principalmente por três componentes: a μ -calpaína que é ativada em concentrações micromolares de cálcio, m-calpaína, proteinase que é ativada em concentrações milimolares de cálcio, e o inibidor endógeno específico da calpaína, a calpastatina.

Segundo Dransfield (1994), a partir do início do *rigor mortis* ocorre a liberação de íons de cálcio que ativam a calpaína I, a calpaína tipo II é ativada com o aumento da concentração de cálcio. O amaciamento inicia quando a calpaína I começa a ser ativada, normalmente com pH por volta de 6,3, ocorrendo em média 6 horas após o abate, e vai aumentando rapidamente conforme a calpaína é ativada. Após a 10ª hora, a calpaína II começa a ser ativada acentuando o amaciamento da carne. Em pH 6,3, as calpaínas estão ligadas ao seu inibidor, as calpastatinas, mas a ação inibitória diminui à medida que o pH reduz de 6,0 para 5,5.

Alguns estudos têm demonstrado que a atividade da calpastatina na inibição das calpaínas geram carnes com maior força de cisalhamento, ou seja, mais duras, decorrente da diminuição da proteólise das proteínas miofibrilares no *post-mortem* (Goll et al., 2003; Chung e Davis, 2012).

De acordo com Koohmaraie (2002), além da proteólise das proteínas miofibrilares, o comprimento do sarcômero, e a quantidade de tecido conectivo também explicam parte da variação da maciez da carne. Contudo, a contribuição relativa de cada componente para a maciez é dependente do músculo avaliado. Segundo este autor, enquanto no músculo *Psoas major* o comprimento do sarcômero é o maior determinante da maciez, no músculo *Longissimus dorsi* a proteólise é o fator mais importante. Já nos músculos *Biceps femoris* e *Semimembranosus* a quantidade de tecido conectivo é que mais contribui para a maciez. Isto está em concordância com Starkey et al. (2015), os quais evidenciam os inúmeros fatores que explicam a variação na maciez no músculo *longissimus*, incluindo principalmente degradação da desmina, índice de fragmentação miofibrilar, comprimento do sarcômero e teor de colágeno.

Para Moloney et al. (2011) animais terminados em sistemas a pasto, principalmente os sistemas mais extensivos, onde são abatidos em idade superior aos animais terminados em confinamento, em geral apresentam carne de menor maciez. Isso ocorre devido o avanço da idade dos animais, ocasionando a formação de ligações cruzadas termoestáveis de colágeno entre os feixes de fibra muscular, formando uma rede tridimensional com alta força tensional, provocando maiores forças de cisalhamento (Lawrie, 2005).

Porém, o desenvolvimento de carnes macias em animais com idades avançadas pode ser alcançado através da taxa de crescimento dos animais, modificando o turnover proteico *in vivo*, formando novas estruturas de tecido conjuntivo com colágeno mais solúvel, e a proteólise *post mortem*, consequentemente afetando a maciez da carne (Harper, 1999; Andersen et al., 2005). Os animais em crescimento compensatório durante a fase de acabamento também podem exibir maior proteólise de miofibrilas *post mortem* (Therkildsen, 2005 e Therkildsen et al., 2011) e maior turnover de colágeno intramuscular (Purslow, et al. 2012). Os resultados anteriores sobre o efeito da taxa de crescimento na carcaça e qualidade da carne não são consistentes (Sazili et al., 2003, Therkildsen et al., 2011 e Costa et al., 2015). Portanto, são necessárias mais experiências para confirmar esses efeitos.

Macedo et al. (2001) e Menezes et al. (2010) atribuíram a menor maciez, ou seja, maior força de cisalhamento na carne de animais terminados em pastagem ao maior estresse pré-abate em comparação aos animais confinados. Em sistema de confinamento, os animais permanecem em ambiente fechado, habituados ao manejo diário, com pouca atividade física, gastando pouca energia, portanto, as movimentações pré abate poderiam causar menos estresse, diminuindo o consumo de glicogênio *ante mortem* (Oliveira, 2017).

O valor limite para a maciez da carne varia entre os autores, de acordo com Koohmaraie et al. (1994) o valor limite de força de cisalhamento entre carne dura e carne macia é de 6,0 kgf/cm². Johnson et al. (1990) consideram o valor limite de 5,5 kgf/cm², e Shackelford et al. (1991) o valor de 4,6 kgf/cm².

Outro fator associado às variações de maciez da carne é o teor de extrato etéreo muscular, ou gordura, além de contribuir com sabor, aroma e textura da carne (Koohmaraie et al., 1996).

4.3 - pH da carne

O pH final da carne é um ponto crítico de controle na indústria da carne pela sua relação com a qualidade final do produto (Mera et al., 2017). As faixas de pH atingidas pelo músculo podem ser classificadas em três grupos: o grupo pH final baixo com valores entre 5,4 e 5,8, o grupo intermediário entre 5,8 e 6,2 e >6,2, considerado alto (Lomiwes et al., 2014; Contreras-Castillo et al., 2016).

O ácido lático produzido a partir do glicogênio durante a glicólise anaeróbia é responsável pelo valor do pH final da carne (Lawrie, 2005). Este processo faz parte da transformação de músculo em carne e resulta em variações nas propriedades da carne como cor, maciez, sabor e capacidade de retenção de água.

A carne com pH baixo ou alto alcança melhor maciez do que carne com pH intermediário (Pulford et al., 2008), porém, a carne com pH alto é escura e tem um sabor desagradável (Viljoen, Kock & Webb, 2002). Isso ocorre, pois, o pH final do músculo interage com o ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares influenciando seu estado físico e conseqüentemente a reflexão da luz da superfície da carne (Abril et al., 2001).

De acordo com María et al. (2003), quando o animal passa por um estresse durante o manejo e transporte pré-abate, o glicogênio muscular é utilizado neste período, o que diminui o teor de ácido láctico muscular após o abate, dando origem a carnes DFD (dark, firm e dry). Esta carne possui um pH mais elevado, diminuindo sua vida de prateleira, além de ser menos aceita pelo consumidor (Muchenje et al., 2009). O pH 6 é considerado o limite entre carne normal e DFD (Lawrie, 2005) e segundo Roça (2001), o Brasil só exporta carnes de pH < 5,8, sendo a avaliação feita no frigorífico, diretamente no músculo *longissimus thoracis* 24 horas após o abate.

Não só o pH final da carne é importante, mas também a velocidade com que ocorre a taxa de declínio desse pH, visto que tem influência determinante na qualidade final da carne. O sistema alimentar também interfere no valor de pH final, normalmente bovinos suplementados com grãos possuem maior disponibilidade de glicogênio no momento do abate e, conseqüentemente menor pH final da carne (Neath et al., 2007).

A velocidade de queda de pH, bem como o pH final da carne após 24-48 horas, é muito variável. A queda de pH é mais rápida em suínos, intermediária em ovinos e mais lenta em bovinos. Para bovinos, normalmente a glicólise se desenvolve lentamente, o pH inicial (0 hora) em torno de 7,0 cai para 6,4 a 6,8 após 5 horas *post mortem* e para 5,5 a 5,9 após 24 horas (Roça et al., 2001).

Portanto, a acidificação adequada e a taxa de declínio de pH influenciam vários aspectos de qualidade e conservação da carne, como, a capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e propriedades sensoriais como suculência, maciez, sabor e cor (Felício, 1999).

4.4 - Comprimento de sarcômero

O sarcômero é a menor unidade contrátil estrutural repetitiva da miofibrila, e é composto por proteínas como actina e miosina, que possuem a função de contração e relaxamento muscular. É considerado em estado relaxado ou alongado quando tem comprimento maior ou igual a 2µm, estando dentro da normalidade quando próximo de 1,75µm (Balage, 2017). O comprimento do sarcômero é um potente contribuidor para a determinação da maciez da carne, pois músculos com sarcômeros mais longos têm menor resistência a força de cisalhamento (Marsh e Carse, 1974).

A fase de “endurecimento da carne” é causada pelo encurtamento do sarcômero durante o desenvolvimento do *rigor mortis*. Para carne bovina, esse processo geralmente ocorre dentro das primeiras 24 horas *post mortem*.

Quando os músculos sofrem um encurtamento pelo frio, ocorre uma diminuição do comprimento do sarcômero e a carne apresenta uma menor maciez (Pearce et al., 2011). O maior impacto do encurtamento causado pelo

frio na maciez da carne ocorre quando o comprimento de sarcômero é menor que 1,5 μm (Bruce et al., 2004).

Rhee et al. (2004) verificaram que o comprimento do sarcômero foi correlacionado aos resultados de força de cisalhamento do *longissimus* em carne bovina, ou seja, quanto maior o comprimento de sarcômero, menor a força de cisalhamento, o que caracteriza carnes mais macias.

Portanto, o sarcômero no estado alongado deve fornecer menor resistência ao cisalhamento, contribuindo assim para uma maior maciez da carne (Tornberg, 1996). No entanto, a relação do aumento da força de cisalhamento devido ao encurtamento de sarcômero não é consenso entre os pesquisadores (Koochmaraie, 1996; Koochmaraie e Geesink, 2006; Muchenje et al. 2009).

4.5 - Índice de Fragmentação Miofibrilar

O Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI) indica a proteólise miofibrilar que ocorre no músculo e está correlacionada diretamente com a maciez da carne (Culler et al., 1978; Mera et al., 2017). O MFI reflete a intensidade da proteólise das miofibrilas, em que quanto maior a degradação na linha Z do sarcômero pelas enzimas endógenas, maior será o índice de fragmentação miofibrilar (Delgado, 2005). O MFI é um índice bastante utilizado, pois prediz mais de 50% da variação da maciez da carne (Hopkins, 2000), além de apresentar alta correlação com demais indicadores de maciez, tais como a força de cisalhamento e maciez sensorial (Olson, 1976).

Segundo Culler et al. (1978) pode-se considerar muito macia a carne que apresenta valores acima de 60% de MFI, entre 50 e 60% moderadamente macia e menor de 50% carne dura.

A medida que aumenta o período *post mortem* há um crescente aumento nos índices de MFI, explicado pela quebra das miofibrilas em segmentos menores, próximos ou no próprio local do disco Z, durante o período pós-morte (Olson et al. 1976).

Em músculos de tamanho insuficiente para a determinação de valores da força de cisalhamento ou análise sensorial, este índice se torna uma ferramenta muito útil como indicador de maciez da carne (Veiseth, 2001).

4.6 - Capacidade de retenção de água (CRA)

Capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a capacidade da carne em reter a umidade ou água quando submetida a forças externas, como por exemplo, corte, aquecimento, trituração ou prensagem. Tecidos com baixa CRA são responsáveis por perda de peso da carcaça durante o armazenamento, diminuindo o rendimento da mesma. Do ponto de vista sensorial, a baixa CRA causa a impressão de carne com baixa suculência, além do menor rendimento dos cortes, dando a sensação de que a carne encolheu (Gomide, 2013).

Segundo Bond et al. (2004), o pH influencia diretamente a CRA, pois determina o número de cargas livres das cadeias de actomiosina e sua capacidade para ligar à água. Portanto, os principais problemas associados às carnes *in natura* são devidas às curvas anormais de queda de pH *post-mortem*.

Quando ocorre uma rápida acidificação do músculo nas primeiras horas pós-abate, com a temperatura da carcaça ainda elevada (40 a 42 °C) ocorre a desnaturação das proteínas miofibrilares (perda das cargas negativas) diminuindo a CRA da carne, ocasionando perda de umidade e, conseqüentemente, perda peso durante o armazenamento (Gomide, 2013).

De acordo com Roça (2000b), quando a produção de ácido láctico no músculo é baixa, ou seja, o pH permanece próximo ao fisiológico, há pouca desnaturação proteica, desaparecendo as cargas positivas, ficando um excesso de cargas negativas que determinam a repulsão dos filamentos, deixando mais espaço para as moléculas de água, aumentando a solubilidade das proteínas miofibrilares e, desta forma, a CRA da carne.

4.7 – Cor da carne

A cor, dentre todas as características da carne observadas pelo consumidor, é a primeira levada em consideração no momento da compra para escolher e avaliar a qualidade (Costa et al., 2002; Mancini e Hunt, 2005; Muchenje et al., 2009), sendo que o consumidor analisa a descoloração superficial como um indicador de frescor e salubridade da carne (Mancini e Hunt, 2005).

A cor da carne depende principalmente dos pigmentos mioglobina e hemoglobina, sendo estes influenciados pela oxidação resultante à exposição ao oxigênio, à luz, queima por frio, cura, defumação e cocção, além de sofrer influencia do pH final da carne (Macdougall, 1982; Seideman et al., 1984). A concentração de mioglobina é muito importante, sendo maior nos animais mais velhos, portanto, a carne obtida das carcaças destes apresenta uma cor vermelho intenso ou escuro (Alves, 2012).

Assim, a cor da carne é influenciada pelo teor e estado físico-químico da mioglobina, pH, idade, condição sexual, alimentação, manejo e estrutura da carne, sendo que esta última está diretamente relacionada com o pH final da carne, pois a taxa de declínio de pH *post mortem* exerce efeito direto nas reações bioquímicas e características estruturais do músculo (Gagaoua et al., 2015). Carnes com pH elevado, geralmente dão origem a uma carne conhecida como DFD (dark, firm, dry) ou carne escura (Egbert e Cornforth, 1986).

A carne bovina possui alta concentração de mioglobina, com isso, apresenta-se mais escura do que a carne de animais de outras espécies. Na falta de oxigênio, a mioglobina fica na forma de desoxi ou mioglobina reduzida, apresentando uma cor vermelho púrpura. Quando exposta ao ar atmosférico, a mioglobina é oxigenada para formar a oximioglobina, propiciando uma cor vermelho brilhante à carne. Entretanto, a cor muda do vermelho brilhante para o marrom quando a mioglobina é oxidada a metamioglobina, a taxa de autooxidação também está relacionada a propriedades intrínsecas da carne. De acordo com alguns autores (Macdougall, 1982; Lynch et al. 1986), músculos que possuem maior teor de lipídeos insaturados são mais susceptíveis à oxidação aumentando a taxa de descoloração.

As coordenadas fundamentais de cor L*, a* e b* na carne retratam a luminosidade, os teores de vermelho e amarelo na carne, respectivamente. A luminosidade é influenciada pela quantidade de água na superfície da carne

(Purchas, 1990), quantidade de gordura (Cañeque et al., 2003) e quantidade de pigmento de cor (Muchenje et al., 2009). Logo, o teor de vermelho, reflete as quantidades de pigmento vermelho (teor de ferro) das mioglobinas e dos citocromos C (Hedrick et al., 1983), além do teor de amarelo, que é associado à composição de pigmentos carotenoides (Priolo et al., 2001).

Muchenje et al. (2009) descreveram que em bovinos, médias de luminosidade variam entre 33,2-41,0, as médias de cor vermelha entre 11,1-23,6 e as médias de cor amarela, entre 6,1-11,3. Em bovinos jovens, Abularach et al. (1998) classificaram carnes escuras quando $L^* < 29,68$ e carnes claras quando $L^* > 38,51$; em relação à intensidade de vermelho consideraram $a^* < 14,83$ como baixa e $a^* > 29,27$ como alta; e, para a intensidade de amarelo, $b^* < 3,40$ como baixa e $b^* > 8,28$ como alta.

Segundo Descalzo & Sancho (2008), a alimentação dos bovinos baseada em pastagens pode influenciar na coloração final da carne, pois os pastos fornecem antioxidantes naturais (carotenos) em quantidades suficientes para evitar a oxidação da carne bovina *in natura* quando comparado com sistemas de criação de bovinos confinados. Priolo et al. (2001), ao revisarem 35 trabalhos comparando terminação com concentrado e terminação a pasto, concluíram que a carne de animais terminados a pasto é mais escura que a de animais terminados com concentrado. Porém, não existe um efeito direto entre a dieta e a cor da carne, ou concentração de mioglobina, as possíveis diferenças devem ser influenciadas pelo pH final, idade do animal, conteúdo de gordura intramuscular e atividade física do animal (Vestergaard et al., 2000; Dunne et al., 2011).

Vestergaard et al. (2000) encontraram maior proporção de fibras oxidativas e carne mais escura em touros alimentados a pasto do que em confinamento. Corroborando com os resultados encontrados por Realini et al. (2004), os quais encontraram o valor de L^* menor para bovinos terminados em pastagens em relação aos terminados em concentrado com ou sem vitamina E, determinando, portanto, uma carne mais escura.

4.8 - Perfil de ácidos graxos

Atualmente se observa uma grande preocupação por parte dos consumidores em relação à qualidade dos produtos que consomem, em consequência disso, a pesquisa tem contribuído e evoluído em investigações para melhorar a qualidade da carne bovina, conquistar o consumidor e ampliar a competição com as carnes de aves e suínos. A qualidade da carne, de forma geral, normalmente é avaliada por características organolépticas e sensoriais. No entanto, outros aspectos também são relevantes na avaliação da qualidade, entre eles, o teor de gordura e sua composição de ácidos graxos, principalmente, ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) e o ácido linoleico conjugado, principalmente o C18:2 c9, t11 (CLA) (Nüernberg et al., 2005; Fernandes et al., 2008; Wood et al., 2008).

O perfil de AG da gordura intramuscular tem grande importância para a saúde humana, uma vez que esta gordura não pode ser removida ou extraída antes do consumo da carne (De Smet et al., 2004). Os ácidos graxos podem ser classificados em saturados (ácidos graxos sem dupla ligação) e insaturados (ácidos graxos com uma ou mais ligações duplas), sendo estes

divididos em monoinsaturados (com uma dupla ligação), e poliinsaturados (com duas ou mais insaturações). Os ácidos graxos poliinsaturados são subdivididos em ômega6 (n6) e ômega3 (n3), e são considerados ácidos graxos essenciais, devido a incapacidade do organismo de sintetizá-los, motivo pelo qual devem ser incorporados na dieta (Freitas, 2006).

Os ácidos graxos saturados (AGS) são associados ao aumento do risco de doenças como, doenças cardíacas, aterosclerose, doenças hepáticas, inflamatórias e Alzheimer (Ulbrich e Southgate, 1991; Calder et al. 2009). Já os ácidos graxos insaturados (AGI), incluindo monoinsaturados e poliinsaturados, estão associados a uma redução do risco das doenças mencionadas anteriormente (Simopoulos, 1991).

Portanto, é de interesse do consumidor que a carne bovina apresente menores teores ácidos graxos saturados, e maiores teores de AGMI e AGPI, o que permitiria melhor constituição do alimento, prevenindo o desenvolvimento de doenças (Lopes et al., 2012). A relação entre AGPI e AGS é utilizada para avaliar a qualidade da composição de ácidos graxos em um alimento (Coleman et al., 2016) e a relação recomendada na dieta deve ser superior a 0,4 (Wood et al., 2003).

Os AGs da gordura intramuscular da carne bovina são compostos aproximadamente por 45% de saturados, 5% de cadeia ímpar, 45% de monoinsaturados e 5% de poliinsaturados (Duckett, 2002).

Os ácidos graxos saturados que predominam na carne são o C14:0 (ácido mirístico), C16:0 (ácido palmítico) e C18:0 (ácido esteárico), representando este último cerca de 30-40% do total de AGS. Destaca-se a grande participação de AGS nesse alimento, o que poderia ser um problema do ponto de vista à saúde humana (Ulbrich e Southgate, 1991), entretanto, grande parte do total dos AGS é composta pelo ácido esteárico (C18:0), que tem efeito neutro quanto a sua aterogenicidade (Kris-Etherthon e Yu, 1997).

O ácido oleico (C18:1n9) é o ácido graxo monoinsaturado (AGMI) mais proeminente na carne, com o restante dos AGMI ocorrendo principalmente como isômeros *cis* e *trans* de C18:1, enquanto os ácidos graxos linoleico e linolênico são os principais ácidos graxos poliinsaturados da carne (Scollan et al., 2006).

Portanto, cerca de 90% do total de AG identificados na carne, são os ácidos graxos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), palmitoléico (C16:1 n7), oleico (C18:1 n9) e o linoleico (C18:2 n6) (Freitas, 2006). Dos ácidos graxos presentes na carne bovina, os mais indesejáveis são o ácido mirístico (C14:0) e o ácido palmítico (C16:0), por terem maior ação hipercolesterolêmica (Sinclair, 1993; French et al. 2003).

A gordura, além de ser uma importante fonte de ácidos graxos essenciais, é transportadora de vitaminas lipossolúveis e é fonte de energia para o corpo (Climaco et al., 2011). Segundo Lopes et al. (2012), as análises químicas da carne bovina brasileira, sem gordura de cobertura apresentam teores de gordura inferiores a 5%.

Os lipídeos provenientes dos alimentos, nos ruminantes diferentemente dos monogástricos, são hidrolisados e depois hidrogenados pela flora microbiana no rúmem. Esse processo conduz ao desaparecimento de 70 a 90% dos ácidos graxos poliinsaturados, que são transformados em ácidos

graxos saturados ou ácidos graxos monoinsaturados (Bonnet et al. 2010).

Grande parte dos lipídeos são sintetizados nos adipócitos a partir dos ácidos graxos voláteis (principalmente o acetato), provenientes da fermentação ruminal, sendo uma pequena parte de origem alimentar quando os ruminantes são alimentados com alimentos volumosos (Devincenzi, 2015). Os principais ácidos graxos presentes nos lipídeos da dieta habitual dos ruminantes são o C18:3 n3, nos pastos verdes e fenos, e C18:2 n6 nos alimentos concentrados (farelos, grãos e rações) (Devincenzi, 2015).

Logo, o maior desafio de se alterar a composição de AG na gordura de ruminantes é o processo de biohidrogenação, metabolismo ruminal que modifica o perfil de AG da dieta, sendo o principal determinante do alto teor de ácidos graxos saturados na gordura dos ruminantes (Larick; Turner, 1990; French et al., 2000). Os ácidos graxos insaturados (AGI) presentes na dieta são quimicamente mais instáveis (menor ponto de fusão), e não passam pela membrana da bactéria, então, estes ácidos são hidrogenados pelas enzimas hidrogenases, sendo transformados em AGS (Baldwin; Allison, 1983).

O sistema de criação, qualidade da forragem, uso de alimentos concentrados e tempo de alimentação com concentrados, são fatores que influenciam a concentração de ácidos graxos da carne (Cuvelier et al., 2006). Geralmente, a composição lipídica é mais benéfica à dieta humana em carnes de ruminantes terminados a pasto (French et al., 2000). Embora o fator genético também seja apontado como fonte de variação no perfil lipídico (De Smet, 2004; Rodrigues et al., 2004).

Embora a carne bovina possua como desvantagem o seu elevado teor de AGS, em contrapartida, possui também o ácido linoléico conjugado (CLA), que é reconhecido pelas propriedades antitumorogênicas, imune mediação, redução de riscos de tumores, redução da gordura corporal e prevenção de diabetes (Mulvihilli, 2001). O ácido linoleico conjugado (CLA) é o termo dado a uma série de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoléico (C18:2 c9 c12), que contém duas duplas ligações na configuração conjugada, podendo ser formado pela biohidrogenação parcial de ácidos graxos poliinsaturados da dieta através da biohidrogenação do ácido linoleico pela enzima linoleico isomerase, proveniente da *Butyrovibrio fibrisolvens*, uma bactéria anaeróbica ruminal gram-positiva que isomeriza o ácido linoleico nas configurações c9 e t11 (Kepler et al. 1966).

French et al. (2000) observaram que o aumento na proporção de pastagem na dieta de bovinos proporcionou um decréscimo linear na concentração intramuscular de ácidos graxos saturados e aumento na relação poliinsaturados:saturados e na concentração de ácido linoléico conjugado (CLA). Warren et al. (2008) também observaram que a carne de bovinos alimentados a pasto apresentaram maiores proporções do CLA em relação aos alimentados com concentrado, mostrando que o processo de biohidrogenação ruminal é diferente entre o tipo de dieta.

A relação de n6:n3 também é particularmente benéfica na carne de ruminantes, especialmente na carne de animais criados a pasto, com altos níveis de ácido linolênico (n3). Os ácidos graxos n3 apresentam funções anticarcinogênica e evitam a formação de trombos, o que reduz os riscos de problemas cardíacos (Hu, 2001). Os ácidos graxos n6 possuem ambos os

efeitos, tanto inibitório quanto estimulante da resposta imune (Calder et al., 2009). A razão entre a ingestão diária de alimentos fontes de AG n6:n3 é de grande importância na saúde humana e as recomendações variam de acordo com alguns autores e países, sendo a tendência de convergência da razão entre AG n6:n3 no intervalo de 4:1 a 5:1 (Schaefer, 2002).

De acordo com Muchenje et al. (2009), a quantidade de ácidos graxos da família ômega 3, na carne, é pouco influenciada pelo genótipo do animal, sendo o sistema de produção, e, conseqüentemente o tipo de dieta, os fatores mais importantes para a determinação dos teores desses ácidos graxos.

Para French et al. (2000), o perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular da carne pode ser melhorado do ponto de vista da nutrição humana, através da inclusão de gramíneas na dieta dos animais, devido a maior relação de AGPI:AGS, menor relação n6:n3 e maior concentração de CLA na gordura intramuscular de novilhos alimentados a pasto em relação aos alimentados com silagem e/ou concentrado. McAfee et al. (2011) relataram que animais produzidos a pasto apresentam maior teor de n3, indicando menores razões de n6:n3, podendo ter impacto na saúde humana.

Menezes (2008), comparando o perfil de ácidos graxos da carne de novilhos Devon alimentados com dietas a base de silagem e concentrado, gramínea tropical (milheto) e gramínea temperada (azevém), relatou que a pastagem temperada proporcionou carne com maior teor de CLA e ácidos graxos n3 do que o confinamento, e que ambas pastagens apresentaram relação n6:n3 mais benéfica que o confinamento.

Medeiros (2008), avaliando o efeito de diferentes sistemas de alimentação na terminação (em pastagem e em confinamento) sobre o perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular em novilhos abatidos com mesmo grau de acabamento, pesos de carcaça e idades semelhantes, concluiu que a gordura intramuscular de animais terminados a pasto recebendo suplementação energética comparada a de animais em confinamento apresenta maiores teores de CLA, ácidos graxos da n3 e uma relação n6:n3 mais adequada à saúde humana, em função do maior aporte de n3 na dieta.

De acordo com Raes et al. (2004) fatores genéticos também têm sido avaliados em relação à composição dos ácidos graxos da carne bovina, embora seja reconhecido que fatores genéticos forneçam menores diferenças do que os fatores dietéticos. Apesar disto, como concluído por De Smet et al. (2004), pequenas diferenças de raça geralmente refletem diferenças fundamentais na expressão do gene ou enzimas envolvidas na síntese de ácidos graxos, portanto, devem ser considerados.

Segundo Bressan et al. (2011), variações entre raças podem explicar 20 a 31% da variação observada na atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase, enquanto o sistema de terminação pode explicar apenas de 2 a 8% desta variação.

Em bovinos de corte, a composição de ácidos graxos tem emergido como um importante traço de qualidade da carne, econômica e social, devido principalmente às implicações potenciais da composição de ácidos graxos da gordura dietética na saúde humana. Entretanto, existem poucos trabalhos caracterizando as propriedades quantitativas e qualitativas da carcaça e da

carne das principais raças criadas no estado do Rio Grande do Sul (Angus, Brangus e Braford), dentro do sistema de criação mais utilizado na região. Trabalhos deste tipo são de grande importância, pois auxiliam na tomada de decisões do produtor, principalmente em relação às características de carcaça desses animais, além de ser um apelo importante devido a composição da carne dos mesmos, podendo agregar maior valorização à esse produto.

CAPÍTULO II

Predição do peso e rendimento dos cortes individuais do traseiro de novilhos terminados a pasto¹

¹Elaborado de acordo com as normas da revista Scientia Agricola.

1 **Predição do peso e rendimento dos cortes do traseiro de novilhos**
2 **terminados a pasto**

3 RESUMO: O objetivo deste estudo foi desenvolver equações de predição para
4 estimar peso e rendimento da porção comestível do traseiro e peso dos cortes comerciais
5 individuais do traseiro de bovinos criados em sistema de produção à pasto. Para o
6 desenvolvimento das equações de predição foram utilizados 114 machos castrados,
7 sendo 36 da raça Angus, 40 Brangus e 38 Braford, recriados e terminados em sistema
8 produção a pasto. As equações de predição foram desenvolvidas utilizando-se o
9 procedimento estatístico *Stepwise*, de seleção de variáveis de todas as regressões
10 possíveis. Para estimar o peso da porção comestível do corte traseiro (PCTT), as
11 variáveis medidas *in vivo* mantidas no modelo final foram o peso vivo (PV), área de
12 olho de lombo (AOLUS) e espessura de gordura na picanha (EGPUS), explicando
13 77,27% da variação. O modelo final utilizando variáveis obtidas no animal vivo para
14 estimar a porcentagem de cortes no traseiro (RCTT) incluiu a AOLUS, PV e EGSUS
15 ($R^2=0,19$). As variáveis obtidas na carcaça incluídas no modelo para PCTT foram o
16 peso de carcaça quente (PCQ), espessura de gordura subcutânea na carcaça (EGSC) e
17 área de olho de lombo na carcaça (AOLC), explicando 89,72%. As variáveis EGSC e
18 AOLC foram as variáveis mantidas no modelo de predição para RCTT ($R^2=0,17$). Os
19 modelos de predição para o peso dos cortes individuais utilizando medidas de ultrassom
20 apresentaram poder de predição um pouco inferiores aos modelos que utilizaram
21 medidas na carcaça, variando de $R^2=0,22-0,64$ e $R^2=0,32-0,76$, respectivamente. As
22 medidas de ultrassom *in vivo* se apresentam como boa ferramenta para estimar o peso
23 da porção comestível da carcaça e dos cortes comerciais.

24 **Palavras-chave:** bovinos, equações de predição, cortes comerciais, ultrassom de
25 carcaça

26

27 **Introdução**

28 Com o crescimento do mercado mundial da carne bovina e produtos cárneos,
29 observa-se a transição da comercialização de carcaças para cortes individuais,
30 conseqüentemente há a necessidade de um maior conhecimento do rendimento desses
31 cortes para atender as necessidades do mercado consumidor.

32 A proporção de músculo, ou porção comestível na carcaça, principalmente no
33 corte traseiro do animal, é de extrema importância para a indústria da carne bovina,
34 pois, no sistema de comercialização brasileira, o traseiro representa cerca de 50% do
35 peso da proporção comestível da carcaça, além de ser a região onde se localizam os
36 cortes nobres, de maior valor comercial (Tarouco et al., 2007). Assim, a predição
37 precisa desses cortes comerciais mais valorizados, que é economicamente desejável
38 para a indústria da carne bovina.

39 A comercialização de carne no varejo, tanto no mercado internacional como
40 nacional, é realizada pelo peso e valor dos cortes comerciais individuais desossados.
41 Portanto, o varejista pode através destas estimativas prever o rendimento e peso dos
42 cortes, conseqüentemente o valor comercial da carne, através do aproveitamento em
43 porção comestível em determinadas classes ou tipos de carcaça.

44 Tendo a possibilidade de prever o peso e a porcentagem de porção comestível em
45 fase pré-abate, o produtor pode obter vantagem na venda dos animais (Sakamoto et al.,
46 2014), pois a proporção muscular e o rendimento de cortes desossados indicam o valor
47 de comercialização da carcaça (Silva et al. 2012; Maeno et al. 2014). Além disso, em

48 programas de avaliação e melhoramento genético, como enfatizado por Greiner et al.
49 (2003), as equações de predição ajudam a estimar a composição das carcaças no intuito
50 de selecionar e descartar animais pelo seu valor genético, permitindo rápido progresso
51 genético e maior competitividade aos produtores, dentro de um sistema de
52 comercialização baseado em quantidade/qualidade.

53 A remuneração das carcaças para o produtor deveria ser feita sob seu aspecto
54 quantitativo/qualitativo, porém, para isso deveria ocorrer sua desossa e pesagem dos
55 seus componentes. No entanto, em escala industrial é inviável a realização dessa prática,
56 portanto, uma alternativa é a utilização de tecnologias que estimem de maneira precisa a
57 porção comestível dessa carcaça e seus cortes individuais nos animais vivos.

58 Com isso, a ultrassonografia *in vivo* tem se mostrado uma tecnologia rápida, não
59 invasiva e precisa para obter informações do peso e rendimento dos cortes comerciais
60 em bovinos de corte (Greiner et al., 2003 e Tait et al., 2005). Para Bergen et al (2005),
61 as equações baseadas em medidas de ultrassom podem fornecer previsões mais precisas
62 sobre o peso e rendimento dos cortes comerciais, em relação às equações a partir das
63 medidas realizadas diretamente na carcaça.

64 Com o aumento da comercialização de cortes individuais, tornam-se cada vez
65 mais importantes estudos que avaliem o uso de equações de predição para estimar o
66 peso desses cortes nas carcaças. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi desenvolver
67 equações de predição derivadas de medidas de ultrassom *in vivo* e na carcaça, para peso
68 e rendimento da porção comestível do traseiro e peso dos cortes comerciais individuais
69 do traseiro de bovinos no sistema de produção a pasto, comparando as equações com
70 medidas por ultrassom e diretamente na carcaça.

71

72 **Material e Métodos**

73 O experimento foi realizado de acordo com as diretrizes éticas de experimentação
74 com animais, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Animais da
75 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o número 31914.

76 O experimento foi conduzido em uma propriedade particular, município de
77 Manoel Viana, Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas geográficas 29°08'10"S
78 e 55°48'30"W, os solos encontrados na região compreendem uma associação de
79 Neossolos e Cambissolos.

80 Foram utilizados 114 bovinos, 36 da raça Angus, 40 da raça Brangus (5/8Angus x
81 3/8Nelore) e 38 da raça Braford (5/8Hereford x 3/8Nelore), machos castrados,
82 desmamados com média de idade de sete meses. Os animais foram manejados e
83 mantidos em lote único durante todo o período experimental. Durante a fase de recria,
84 dos sete aos 12 meses de idade, foram mantidos em pastagem cultivada de inverno,
85 constituída de aveia-preta (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*). No verão e
86 outono seguintes pastejaram pastagens naturais previamente diferidas, recebendo
87 suplementação de grão de milho na porção de 0,8% do peso vivo (PV). No inverno
88 subsequente foram mantidos em pastagem cultivada de aveia e azevém, onde
89 permaneceram até o abate, com média de idade de \pm 24 meses.

90 O peso vivo foi tomado na fazenda, na mesma data da realização das medidas de
91 ultrassom. Os animais foram pesados, após jejum de sólidos e líquidos prévio de 12
92 horas. As imagens de ultrassom foram obtidas utilizando-se uma unidade principal - eco
93 câmera da marca Aloka SSD 500V (Eletro Medicina Berger, Ltda), equipada com um
94 transdutor linear UST 5049 de 3,5MHz de frequência e com 17,2 cm de comprimento.

95 Foram coletadas imagens de área de olho de lombo (AOLUS) no espaço
96 intercostal da 12° e 13° costelas, no músculo *Longissimus thoracis* e a espessura de
97 gordura subcutânea (EGSUS) realizada sobre o mesmo músculo, medida a três quartos
98 da área do mesmo a contar da linha medial. As imagens de espessura de gordura na
99 picanha (EGPUS) foram obtidas no sítio anatômico ente os ossos ílio e ísquio. Após a
100 coleta, as imagens obtidas foram armazenadas no disco rígido de um computador
101 portátil e interpretadas com o *software* UICS/CUPLab Iowa USA.

102 Os animais foram classificados para o abate com EGSUS igual ou superior a
103 3mm, conforme determinação da indústria. Foram realizados dois abates, com intervalo
104 de 28 dias.

105 O abate foi conduzido em frigorífico comercial, sob inspeção federal, respeitando
106 o fluxo normal de trabalho. As carcaças foram esfoladas, divididas em meias-carcaças
107 (direita e esquerda), identificadas e pesadas, para a obtenção do peso de carcaça quente
108 (PCQ), logo foram armazenadas em câmara de resfriamento com temperatura entre 0 a
109 4°C por 24 horas.

110 A meia-carcaça direita de cada animal foi utilizada para obtenção das medidas de
111 peso e rendimento dos cortes primários, traseiro serrote (PTRAS e RTRAS), dianteiro
112 (PDIN e RTRAS) e costilhar (PCOST e RTRAS). A partir do corte traseiro, realizou-se
113 a medida de área de olho de lombo na carcaça (AOLC), espessura de gordura
114 subcutânea na carcaça (EGSC), pesos e rendimentos de cada corte comercial do traseiro
115 conforme os padrões definidos pela UNECE (2004) (coxão de dentro, coxão de fora,
116 alcatra, picanha, maminha, patinho, lagarto, garrão, músculo mole, contra-filé do
117 lombo, contra-filé da costela, capa do contra-filé da costela e filé mignon) e pesos das
118 aparas individuais de cada corte comercial. O peso (PCTT) e a porcentagem (RCTT)

119 total da porção comestível do corte do traseiro correspondem à soma dos pesos e dos
120 percentuais dos cortes individuais comerciais desossados, após a realização da toailete
121 das aparas de gordura e do tecido conjuntivo, em relação ao peso do corte traseiro
122 direito (PTRAS) com osso. As aparas individuais de cada corte foram pesadas após a
123 desossa e, posteriormente, somadas para obtenção do peso das aparas totais do traseiro
124 (PAPARAST) e porcentagem de aparas no traseiro (RAPARAS)

125 A área de olho de lombo na carcaça (AOLC) foi traçada sobre uma folha de papel
126 acetato e, posteriormente, mensurada com o auxílio de uma grade plástica de pontuação
127 AS-234e, distribuída pela Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa,
128 USA. A espessura de gordura subcutânea na carcaça (EGSC) foi medida a três quartos a
129 contar da linha medial.

130 A análise estatística foi conduzida utilizando-se o programa estatístico SAS 9.4.
131 As análises descritivas foram avaliadas através do PROC MEANS. As equações de
132 predição foram desenvolvidas pelo procedimento de construção do modelo utilizando o
133 método de seleção de variáveis de todas as regressões possíveis PROC STEPWISE. No
134 método de seleção de variáveis *Stepwise*, considerou-se nível de significância de 20%
135 para inclusão de variáveis e de 15% para a permanência no modelo. As variáveis
136 independentes medidas na carcaça utilizadas para desenvolver as equações foram: peso
137 de carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo medida na carcaça (AOLC) e espessura
138 de gordura subcutânea medida na carcaça (EGSC). Para desenvolver as equações a
139 partir das medidas *in vivo* foram utilizadas as seguintes medidas: peso vivo (PV), área
140 de olho de lombo medida por ultrassom (AOLUS), espessura de gordura subcutânea
141 medida por ultrassom (EGSUS) e espessura de gordura na picanha medida por
142 ultrassom (EGPUS).

143 As equações foram avaliadas em relação ao coeficiente de determinação (R^2),
144 erro-padrão de predição (EPP) e o coeficiente de Mallow (C_p ; Mallow, 1973). Para
145 modelos com um ajuste fino, o C_p se aproxima ao número de variáveis preditoras
146 (MacNeil, 1983). Para os modelos de peso dos cortes comerciais individuais que
147 apresentaram baixo poder de predição ($R^2 \leq 0,40$), foi realizado novamente o
148 procedimento de *Stepwise*, utilizando medidas de ultrassom realizadas em idade ao
149 redor de 1 ano, para observar se essas variáveis coletadas anteriormente melhorariam o
150 poder de explicação dos modelos para peso dos cortes comerciais individuais. Efeitos
151 genéticos não foram considerados no processo de modelagem.

152

153 **Resultados e Discussão**

154 As análises estatísticas descritivas das medidas de ultrassom e de carcaça são
155 apresentadas na Tabela 1. Os animais foram abatidos com média de idade de 24 meses e
156 peso vivo final médio de 457 kg.

157 Os modelos de regressão para peso de carcaça quente, peso dos cortes primários
158 (dianteiro, costilhar e traseiro), peso e rendimento total da porção comestível do traseiro
159 e das aparas de gordura, estão demonstrados na Tabela 2.

160 O peso vivo (PV) explicou a maior parte da variação em todas as características
161 de peso, variando de 29,96% para PAPANAS à 86,77% para PCQ (Tabela 2). Resultado
162 que está de acordo com o trabalho realizados por Jorge et al. (2003) onde o PV explicou
163 no 88% da variação do PCQ. Esse elevado poder de predição do PV para as
164 características de peso dos cortes primários, peso da porção comestível e peso das
165 aparas de gordura era esperado, uma vez que o peso vivo apresenta alta relação com
166 essas características, enfatizando a importância do acompanhamento desta mensuração.

167 O modelo final para PCQ, utilizando PV, AOLUS e EGPUS apresentou R^2 de
168 0,89 e um Cp de 4,48. Apesar do R^2 ter melhorado pouco com a inclusão das medidas
169 obtidas por ultrassom, o Cp melhorou bastante, demonstrando que a utilização de
170 medidas por ultrassom associadas ao PV, apresentam-se como uma alternativa para
171 prever o PCQ, sem a necessidade de abate dos animais. Dados semelhantes foram
172 obtidos por Hassen et al. (1998), que relataram R^2 de 0,81 para a equação de PCQ
173 utilizando PV, AOLUS e EGSUS e Silva et al. (2003) utilizando as mesmas variáveis,
174 com coeficiente de determinação de 0,93.

175 O peso vivo explicou 81,79% da variação o PTRAS, no entanto o modelo
176 apresentou um Cp elevado de 19,91. A inclusão das características medidas por
177 ultrassom (EGPUS, AOLUS e EGSUS) no modelo melhorou em 2,95% o R^2 , contudo,
178 houve uma redução considerável no valor de Cp para 5,00. Coeficiente de determinação
179 similar ao deste trabalho foi obtido por Sugisawa et al. (2006) utilizando medidas por
180 ultrassom, R^2 de 0,89, com a variável PV explicando maior parte da variação (83%).

181 Para predição do PTRAS utilizando medidas na carcaça, a variável PCQ foi a
182 única a entrar no modelo, explicando 91% da variação, indicando alta relação entre essas
183 características. No intuito de prever o PTRAS o modelo utilizando medidas realizadas
184 diretamente na carcaça apresentou melhor explicação em relação ao modelo utilizando
185 medidas de ultrassom. No entanto, a utilização de um melhor modelo deve considerar
186 questões práticas, uma vez que, a utilização das medidas de ultrassom além de
187 apresentar um elevado poder de predição, dispensa o abate dos animais, podendo
188 antecipar a predição deste fenótipo.

189 Os modelos de predição para peso do dianteiro (PDIAN) apresentaram poder de
190 explicação de 77,28% e 87,77%, utilizando medidas de ultrassom e na carcaça,

191 respectivamente. Para a característica peso do costilhar (PCOST), os modelos
192 apresentaram R^2 de 0,60 e 0,67, por ultrassom e na carcaça, respectivamente. Portanto,
193 para ambas as características (PDIAN e PCOST), as equações baseadas nas medidas de
194 ultrassom apresentaram aceitáveis coeficientes de determinação, mostrando a capacidade
195 do ultrassom em prever essas características.

196 O peso da porção comestível do traseiro (PCTT) a partir de medidas obtidas *in*
197 *vivo*, por ultrassom, foi predito com boa acurácia, considerando o coeficiente de
198 determinação da equação, com o modelo final explicando 77,27% da variação. Embora
199 o PV tenha explicado sozinho 69% da variação no PCTT, quando as medidas de
200 AOLUS e EGPUS foram incluídas no modelo, aumentaram o poder de explicação para
201 77,27% e diminuíram o C_p da equação de 38,58 para 3,11. Greiner et al. (2003),
202 Tarouco et al. (2007) e Sakamoto et al. (2014), relataram resultados semelhantes
203 utilizando PV e medidas obtidas por ultrassom. Estes resultados indicam que as medidas
204 de ultrassom, juntamente com o PV, apresentam um elevado poder de predição para
205 peso da porção comestível do traseiro. O PCTT tem grande importância para a indústria,
206 assim, esta equação poderia ser utilizada em programas de melhoramento genético,
207 auxiliando na seleção de animais superiores para produção de carne no traseiro,
208 apresentando conseqüentemente maior produção de cortes nobres, mais valorizados
209 pelos consumidores, agregando valor às carcaças. Herring et al. (1994) e May et al.
210 (2000), enfatizam que o PV está diretamente relacionado ao tamanho e ao peso dos
211 cortes comerciais, e que a variável AOLUS é importante na predição do PCTT,
212 explicando a variação na quantidade de carne na carcaça.

213 Na construção dos modelos utilizando as medidas de carcaça, a maior parte da
214 variação do PCTT foi explicada pelo PCQ (88,02%) com um C_p de 17,20. Com a

215 inclusão das variáveis EGSC e AOLC no modelo, a explicação elevou para 89,72%, e
216 houve a redução do Cp para 4. Resultado semelhante foi obtido por Tarouco et al.
217 (2007), utilizando as variáveis PCQ e AOLC para a predição do peso dos cortes do
218 traseiro, apresentando equação com $R^2 = 0,89$ e $C_p = 8,06$. Este maior poder de
219 explicação para predição da porção comestível utilizando medidas de carcaça,
220 comparadas com as obtidas no animal vivo, segundo Tarouco et al. (2007) se deve, em
221 grande parte à diferença na variação inicial explicada pelo peso vivo em relação ao peso
222 de carcaça quente. Como pode ser observado em nosso estudo, com o peso de carcaça
223 quente explicando 19% a mais na variação do PCTT em comparação ao peso vivo.

224 O modelo final para RCTT obtido por medidas de ultrassom foi ligeiramente mais
225 robusto do que o modelo que utilizou as medidas na carcaça, com R^2 final de 0,20
226 versus 0,17, porém ambos apresentaram baixo poder de explicação. Coeficientes de
227 determinação semelhantes foram observados por Sugisawa et al. (2006) e Silva et al.
228 (2012) desmonstrando o baixo poder de explicação para predizer RCTT, tanto
229 utilizando medidas na carcaça como medidas obtidas por ultrassom. O coeficiente de
230 regressão da variável PV foi negativo (-0,017) no modelo para RCTT, indicando que o
231 aumento do PV diminui a porcentagem de porção comestível no traseiro, devido ao
232 excesso de gordura depositada na carcaça. Resultado semelhante foi observado por
233 Sakamoto et al. (2014). Porém, de acordo com Tarouco et al. (2007) a influência
234 negativa do PV sobre a porcentagem da porção comestível, é mais forte em animais que
235 apresentam um alto grau de acabamento, devido a maior quantidade de gordura aparável
236 em cortes.

237 Comparando as predições para RCTT e PCTT, os modelos para RCTT ($R^2=0,17$
238 na carcaça e $R^2=0,20$ no ultrassom) apresentaram R^2 com menor poder de explicação em

239 relação aos modelos para estimar PCTT ($R^2=0,89$ na carcaça e $R^2=0,77$ por ultrassom).
240 Resultados semelhantes foram obtidos por Maeno et al. (2014). Essa diminuição na
241 acurácia da estimativa ocorre quando a porção comestível é convertida para uma porção
242 do peso de carcaça, apresentando uma acurácia para estimativa da porcentagem da
243 porção comestível marcadamente reduzida em relação a estimativa de peso (Luchiari
244 Filho, 1986). Portanto, os modelos para peso da porção comestível do traseiro de
245 novilhos terminados a pasto, utilizando medidas de ultrassom são indicados para
246 utilização de programas de melhoramento genético e indústria frigorífica com o intuito
247 de selecionar animais antes do abate que apresentem maior PCTT, já que a previsão de
248 quantidade de porção comestível é de interesse da indústria, elevando o valor monetário
249 da carcaça. Entretanto, os modelos para rendimento da porção comestível não são
250 indicados para serem utilizados, já que apresentam baixo poder de predição.

251 Para o PAPARAS e RAPARAS, as equações utilizando medidas *in vivo* tiveram
252 precisão similar às medidas na carcaça, e com baixo R^2 , menor que 0,33. Entretanto,
253 Realini et al. (2001) obtiveram R^2 acima de 0,50. Essa diferença provavelmente se deve
254 a maior amplitude de EGSUS (6,4-20,1 mm) e porcentagem de gordura aparável (18,5 –
255 29,6%) obtida por esses autores, em comparação ao nosso trabalho, em que a EGSUS
256 variou de 2,54 a 9,65mm e a porcentagem de gordura aparável de 6,40 a 11,34%,
257 impactando em baixos valores de R^2 .

258 Na tabela 3, encontram-se as equações utilizando medidas de carcaça e por
259 ultrassom para predizer o peso dos cortes comerciais individuais do traseiro.

260 Os modelos de predição dos cortes comerciais individuais de peso da picanha
261 (PPI) e peso do filé mignon (PFM), utilizando medidas por ultrassom e medidas
262 realizadas diretamente na carcaça, apresentaram baixo coeficiente de determinação,

263 variando entre 0,22 e 0,38 (Tabela 3), indicando que essas equações não foram boas
264 preditoras para estimar o peso destes cortes. Devido ao baixo coeficiente de
265 determinação desses modelos, medidas de ultrassom coletadas próximas ao ano de
266 idade foram testadas como preditoras. Entretanto, os modelos utilizando essas outras
267 medidas (ao ano), também não foram bons preditores para as características de PPI e
268 PFM, apresentando $R^2=0,29$ e $R^2=0,22$ (dados não apresentados), respectivamente.
269 Poucos trabalhos foram relatados para prever PPI e PFM, entretanto, Maeano et al.
270 (2014) publicou uma equação com elevado poder de predição ($R^2=60$) para o PFM,
271 utilizando medidas na carcaça. O baixo poder de predição para PPI e PFM,
272 eventualmente pode ser explicado pela toailete realizado nos cortes de picanha e filé-
273 mignon, pois no Brasil provavelmente a limpeza desses cortes é mais rigorosa, sendo
274 que o peso médio da picanha e filé mignon foi de 1,62 kg e 1,79, respectivamente.
275 Comparando com o peso vivo dos animais ao abate e o peso do filé mignon relatado por
276 Maeno et al. (2014), o peso médio ao abate e o peso médio do filé mignon do referido
277 trabalho foi 28% e 58% mais leves, respectivamente.

278 Já os modelos para os pesos dos cortes individuais coxão de dentro (PCXD),
279 coxão de fora (PCXF), alcatra (PA), patinho (PPAT), maminha (PMAM), lagarto
280 (PLAG), contra-filé do lombo (PCFL) e contra-filé da costela (PCFC), utilizando
281 medidas de ultrassom e na carcaça, apresentam similares poder de predição, de
282 magnitudes moderadas a altas, variando entre 48% e 76%. Portanto, as medidas de
283 ultrassom apresentam-se como uma alternativa para prever a maioria dos pesos de
284 cortes individuais do traseiro de bovinos (PCXD, PCXF, PA, PPAT, PMAM, PLAG,
285 PCFL, PCFC), podendo, essas equações serem utilizadas, auxiliando na seleção de
286 animais com maior peso desses cortes de maior valor comercial. Como, geralmente, não

287 se tem excesso ou falta de demanda da carne, o valor de varejo de uma carcaça bovina
288 varia com a distribuição dos cortes individuais da carcaça (Pabiou et al., 2011).

289 Embora os modelos utilizando medidas na carcaça apresentem melhores R^2 para
290 estimar o peso dos cortes individuais, as medidas por ultrassom apresentam uma série
291 de vantagens, como, a avaliação dos animais *in vivo* para a realização das medidas, a
292 rápida obtenção e não desvalorização do corte do contrafilé, além de possibilitar agrupar
293 os animais de acordo com as especificações do mercado alvo, e identificar animais de
294 mérito genético superior para essas características.

295

296 **Conclusão**

297 As equações de predição obtidas por meio das medidas obtidas por
298 ultrassom, *in vivo*, apresentam alto poder preditivo para peso dos cortes comerciais
299 primários e peso da porção comestível do traseiro de novilhos terminados à pasto,
300 podendo ser utilizadas para predizer estes fenótipos sem a necessidade de abater os
301 animais.

302 Para predizer o peso dos principais cortes comerciais individuais do traseiro,
303 as medidas realizadas por ultrassom apresentam bom poder preditivo e podem
304 substituir as mesmas medidas após abate para estimativa do peso dos cortes comerciais
305 desossados, exceto para o peso da picanha e do filé mignon.

306 O peso vivo é a variável que mais explica a variação nos modelos de
307 predição para as características de peso dos cortes primários e peso dos cortes
308 comerciais do traseiro, porém a inclusão das medidas realizadas por ultrassom nos
309 modelos, faz com que as predições sejam mais confiáveis.

310 **Referências**

311 Bergen, R.D.; Miller, S.P.; Mandell, I.B.; Robertson, W.M. 2005. Use of live ultrasound,
312 weigh and linear measurements to predict carcass composition of young beef bulls.
313 Canadian Journal of Animal Science 85: 23-35.

314

315 Greiner, S.P.; Rouse, G.H.; Wilson, D.E.; Cundiff, L.V.; Wheeler, T.L. 2003. Accuracy
316 of predicting weight and percentage of beef carcass retail product using ultrasound and
317 live animal measures. Journal of Animal Science 81: 466-473.

318

319 Hassen, A.; Wilson, D.E.; Willham, R.L.; Rouse, G.H.; Trenkle, A.H. 1998. Evaluation
320 of ultrasound measurements of fat thickness and longissimus muscle area in feedlot
321 cattle: assessment of accuracy and repeatability. Canadian Journal of Animal Science
322 78: 277-285.

323

324 Herring, W.O.; Williams, S.E.; Bertrand, J.K.; Benyshek, L.L.; Miller, D.C. 1994b.
325 Comparison of live and carcass equations predicting percentage of cutability, retail
326 product weight, and trimmable fat in beef cattle. Journal of Animal Science 72: 1107-
327 1118.

328

329 Jorge, A.M.; Fontes, C.A.; Cervieri, R.C. 2003. Crescimento relativo e composição do
330 ganho de tecidos da carcaça de zebuínos de quatro raças. Revista Brasileira de Zootecnia
331 32(4): 986-991.

332

- 333 Luchiari Filho, A. Characterization and prediction of carcass cutability traits of zebu
334 and crossbreed types of cattle produced in southeast Brazil. Manhattan: Kansas State
335 University, 1986. 89p. Thesis (Doctor of Philosophy) - Kansas State University, 1986.
336
- 337 Maeno, H.; Oishi, K.; Mitsunashi, T.; Kumagai, H.; Hirooka, H. 2014. Prediction of
338 carcass composition and individual carcass cuts of Japanese Black steers. *Meat Science*
339 96: 1365-1370.
340
- 341 May, S.G.; Mies, W. L.; Edwards, J.W.; Harris, J.J.; Morgam, J.B.; Garrett, R.P.;
342 Williams, F.L.; Wise, J.W.; Cross, H.R.; Savell, J.W. 2000. Using live estimates and
343 ultrasound measurements to predict beef carcass cutability. *Journal of Animal Science*
344 78(5): 1255-1261.
345
- 346 MacNeil, M.D. 1983. Choice of a predicting equation and the use of the selected
347 equation in subsequent experimentation. *Journal of Animal Science* 57(5): 1328-1336.
348
- 349 Pabiou, T.; Fikse, W.F.; Cromie, A.R.; Keane, M.G.; Nasholm, A.; Berry, D.P. 2011.
350 Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. *Livestock Science* 137:130-
351 140.
352
- 353 Realini, C.E.; Williams, R.E.; Pringle, T.D.; Bertrand, J.K. 2001. Gluteus medius and
354 rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail
355 product and trimmable fat in beef carcasses. *Journal Animal Science* 79: 1378–1385.
356

- 357 Sakamoto, L.S.; Mercadantes, M.E.Z.; Bonilha, S.F.M.; Branco, R.H.; Bonilha, E.F.M.;
358 Magnani, E. 2014. Prediction of retail beef yield and fat content from live animal and
359 carcass measurements in Nelore cattle. *Journal of Animal Science* 92: 5230-5238.
360
- 361 Silva, S.L.; Leme, P.R.; Pereira, A.S.C.; Putrino, S.M. 2003. Correlações entre
362 características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore,
363 alimentados com altas proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*
364 32(5): 1236-1242.
365
- 366 Silva, S.L.; Tarouco, J.U.; Ferraz, J.B.S., Gomes, R.C.; Leme, P.R.; Navajas, E.A. 2012.
367 Prediction of retail beef yield, trim fat and proportion of high-valued cuts in Nelore
368 cattle using ultrasound live measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41(9): 2025-
369 2031.
370
- 371 Sugisawa, L.; Mattos, W.R.S.; Souza, A.A.; Silveira, A.C.; Oliveira, H.N.; Arrigoni,
372 M.B.; Burini, D.C.M. 2006. Ultra-sonografia para predição da composição da carcaça
373 de bovinos jovens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35(1): 177-185.
374
- 375 Tait, R.G.J; Wilson, D.E.; Rouse, G.H. 2005. Prediction of retail product and trimmable
376 fat yields from the four primal cuts in beef cattle using ultrasound or carcass data.
377 *Journal Animal Science* 83: 1353-1360.
378
- 379 Tarouco, J.U.; Lobato, J.F.P.; Tarouco, A.K.; Massia, G.I.S. 2007. Comparação entre
380 medidas ultra-sônicas e da carcaça na predição da composição corporal em bovinos:

381 estimativas do peso e da porcentagem dos cortes comerciais do traseiro. Revista
382 Brasileira de Zootecnia 36(6): 2092-2101.

383

384 United Nations (2004) UNECE Standard Bovine Meat Carcasses and Cuts (2004)

385 United Nations Economic Commission for Europe. Document; ECE/TRADE/326.

386 [Online] (Disponível em: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/>

387 [meat/e/Bovine_2004_e_Publication.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/meat/e/Bovine_2004_e_Publication.pdf))

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405 Tabela 1 – Estatística descritiva das medidas de ultrassom e de carcaça

	Característica	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<i>In vivo</i>	Peso Vivo (kg)	457,30	35,81	387,00	540,00
	AOLUS (cm ²)	62,03	5,74	46,60	74,70
	EGSUS (mm)	4,60	1,24	2,54	9,65
	EGPUS (mm)	7,03	2,30	2,79	13,46
	IMF (%)	3,52	0,70	1,99	5,13
Carcaça	AOLC (cm ²)	62,44	5,84	50,97	80,65
	EGSC (mm)	6,07	1,69	3,00	11,00
	PCQ (kg)	236,44	19,37	193,55	290,57
	RCQ (%)	51,75	1,53	47,98	56,09
	PTRAS (kg)	56,75	4,67	46,30	67,30
	RTRAS (%)	47,78	1,19	44,56	53,30
	PDIAN (kg)	44,11	3,96	36,00	54,10
	RDIAN (%)	37,12	1,20	33,71	40,11
	PCOST (kg)	18,11	2,09	13,30	24,70
	RCOST (%)	15,24	1,10	11,74	18,26
	PCXD (kg)	7,70	0,70	6,25	9,52
	PCXF (kg)	4,5	0,54	3,36	6,41
	PA (kg)	3,32	0,31	2,63	4,09
	PPI (kg)	1,62	0,24	0,99	2,25
	PPAT (kg)	4,74	0,47	3,92	6,23
	PMAM (kg)	1,11	0,14	0,84	1,60
	PLAG (kg)	2,12	0,25	1,48	2,68
	PGAR (kg)	1,95	0,21	1,43	2,81
	PCFL (kg)	3,54	0,39	2,65	4,85
	PCFC (kg)	3,16	0,28	2,36	4,29
	PMM (kg)	1,87	0,18	1,30	2,42
	PFM (kg)	1,79	0,23	0,72	2,90
	PAPARAS (kg)	4,88	0,69	3,38	6,87
	RAPARAS (%)	8,59	1,01	6,40	11,34
PCTT (kg)	38,85	3,25	31,74	46,05	
RCTT (%)	68,45	2,1	58,50	73,09	

406 AOLUS= área de olho de lombo medida por ultrassom; EGSUS= espessura de gordura subcutânea
407 medida por ultrassom; EGPUS= espessura de gordura na picanha medida por ultrassom; IMF = teor de
408 gordura intramuscular; AOLC= área de olho de lombo medida na carcaça; EGSC= espessura de gordura
409 subcutânea medida na carcaça; PCQ= peso de carcaça quente; RCQ= rendimento de carcaça quente;
410 PTRAS= peso do traseiro; RTRAS= rendimento do traseiro; PDIAN= peso do dianteiro; RDIAN=
411 rendimento do dianteiro; PCOST= peso do costilhar; RCOST= rendimento do costilhar; PCXD = peso do
412 coxão de dentro; PCXF= peso do coxão de fora; PA= peso da alcatra; PPI= peso da picanha; PPAT= peso
413 do patinho; PMAM= peso da maminha; PLAG= peso do lagarto; PCFL= peso contra-filé do lombo;
414 PCFC= peso contra-filé da costela; PMM= peso músculo mole; PFM= peso filé mignon; PAPARAS=
415 peso da aparas do traseiro; RAPARAS= rendimento das aparas; PCTT= peso da porção comestível do
416 traseiro; RCTT= rendimento da porção comestível do traseiro

417 Tabela 2 – Equações de regressão múltiplas para medidas na carcaça e por ultrassom
 418 para predição de peso dos cortes primários, peso e rendimento total da porção comestível
 419 do traseiro e aparas do traseiro de novilhos terminados em pastagem

Variáveis dependentes	Variáveis Independentes	EPP	Intercepto	Coefficiente de regressão	R ²	Cp	Valor-P
PCQ	PV	8,93	-8,930	0,473	0,8677	22,71	<0,0001
	AOLUS			0,398	0,8855	7,03	<0,0001
	EGPUS			0,610	0,8901	4,48	0,0355
PTRAS	PV	2,87	1,053	0,110	0,8179	19,81	<0,0001
	EGPUS			0,286	0,8358	9,19	0,0008
	AOLUS			0,077	0,8416	7,06	0,0475
	EGSUS			-0,312	0,8474	5,00	0,0462
	PCQ	1,57	2,758	0,228	0,9171	2,04	<0,0001
PDIAN	PV	2,57	1,837	0,096	0,7581	8,78	<0,0001
	EGSUS			-0,383	0,7728	3,63	0,0088
	PCQ	1,80	1,056	0,189	0,8625	14,35	<0,001
	EGSC			-0,281	0,8772	3,68	0,0006
PCOST	PV	1,96	-5,270	0,035	0,4782	34,63	<0,0001
	EGSUS			0,380	0,5538	15,82	<0,0001
	AOLUS			0,089	0,6032	4,23	0,0004
	PCQ	1,57	-3,812	0,084	0,6074	21,28	<0,0001
	EGSC			0,314	0,672	2,65	<0,0001
PCTT	PV	2,21	-0,380	0,065	0,6905	38,58	<0,0001
	AOLUS			0,128	0,7561	9,09	<0,0001
	EGPUS			0,195	0,7727	3,11	0,0054
	PCQ	1,54	-0,864	0,151	0,8802	17,20	<0,0001
	EGSC			0,200	0,8918	7,44	0,0011
	AOLC			0,433	0,8972	4,00	0,0216
RCTT	AOLUS	2,81	66,631	0,131	0,0792	14,49	0,0025
	PV			-0,017	0,1607	5,56	0,0014
	EGSUS			0,317	0,1947	0,30	0,0341
	EGSC	2,55	60,251	0,405	0,1106	9,39	0,0004
	AOLC			0,091	0,1734	3,39	0,0057
PAPARAS	PV	0,76	0,623	0,010	0,296	7,61	<0,0001
	EGSUS			-0,116	0,3393	2,38	0,0081
	PCQ	0,75	1,187	0,018	0,2517	9,11	<0,0001
	EGSC			0,096	0,307	2,76	0,0046
RAPARAS	EGSUS	1,09	11,222	-0,171	0,0589	3,67	0,0096
	AOLUS			-0,029	0,0868	2,31	0,0693
	EGSC	0,41	9,509	-0,150	0,0626	0,58	0,009

420 EPP= erro padrão de predição; AOLUS= área de olho de lombo medida por ultrassom; EGSUS=
421 espessura de gordura subcutânea medida por ultrassom; EGPUS= espessura de gordura na picanha
422 medida por ultrassom; AOLC= área de olho de lombo medida na carcaça; EGSC= espessura de gordura
423 subcutânea medida na carcaça; PCQ= peso de carcaça quente; PTRAS= peso do traseiro; PDIAN= peso
424 do dianteiro; PCOST= peso do costilhar; PPARAS= peso da aparas do traseiro; RAPARAS=
425 rendimento das aparas; PCTT= peso da porção comestível do traseiro; RCTT= rendimento da porção
426 comestível do traseiro

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454 Tabela 3 – Equações de regressão múltiplas para medidas na carcaça e por ultrassom
 455 para predição de peso dos cortes comerciais do traseiro de novilhos.

Variáveis dependentes	Variáveis Independentes	EPP	Intercepto	Coefficiente de regressão	R ²	Cp	Valor-P
PCXD	PV	0,51	0,467	0,015	0,6359	7,65	<0,0001
	EGPUS			0,047	0,6594	2,03	0,0065
	PCQ	0,40	0,330	0,031	0,7628	2,15	<0,0001
PCXF	PV	0,47	-1,022	0,009	0,5252	28,83	<0,0001
	EGPUS			0,064	0,6169	4,01	<0,0001
	AOLUS			0,009	0,6252	3,58	0,1208
	PCQ	0,37	-0,772	0,021	0,6687	2,37	<0,0001
	EGSC			0,025	0,676	2,03	0,1277
PA	PV	0,32	0,364	0,005	0,4365	8,39	<0,0001
	AOLUS			0,008	0,4695	3,45	0,0098
	EGPUS			0,015	0,4812	3,00	0,1183
	PCQ	0,26	0,149	0,011	0,6092	4,15	<0,0001
	AOLC			0,005	0,6196	3,28	0,0932
PPI	PV	0,28	-0,206	0,002	0,2389	4,38	<0,0001
	AOLUS			0,008	0,2732	1,23	0,0241
	PCQ	0,27	-0,467	0,006	0,3542	4,58	<0,0001
	AOLC			0,007	0,3788	2,45	0,044
PPAT	PV	0,44	0,001	0,008	0,5058	7,16	<0,0001
	AOLUS			0,014	0,5315	3,07	0,0151
	PCQ	0,31	0,241	0,018	0,6643	1,71	<0,0001
PMAM	PV	0,13	0,053	0,002	0,3573	25,51	<0,0001
	EGPUS			0,022	0,4805	1,53	<0,0001
	PCQ	0,12	-0,238	0,005	0,4900	12,55	<0,0001
	EGSC			0,019	0,5447	2,05	0,0006
PLAG	PV	0,23	-0,432	0,004	0,5336	3,07	<0,0001
	AOLUS			0,005	0,5479	1,59	0,0629
	PCQ	0,19	-0,216	0,009	0,5779	0,82	<0,0001
PCFL	PV	0,39	-0,231	0,004	0,3475	33,26	<0,0001
	AOLUS			0,023	0,4831	5,48	<0,0001
	EGPUS			0,023	0,4993	3,93	0,0621
	PCQ	0,39	-0,537	0,012	0,4575	19,46	<0,0001
	AOLC			0,015	0,5046	10,75	0,0021
	EGSC			0,046	0,5450	3,55	0,003
PCFC	AOLUS	0,32	0,309	0,025	0,3562	27,36	<0,0001
	PV			0,002	0,4532	8,66	<0,0001

	EGPUS			-0,025	0,4721	6,64	0,0501
	EGSUS			0,033	0,4892	5,00	0,0587
	PCQ	0,28	0,335	0,007	0,4052	18,98	<0,0001
	AOLC			0,015	0,4925	2,94	<0,0001
PFM	PV	0,28	0,210	0,002	0,1812	7,64	<0,0001
	AOLUS			0,009	0,2286	2,65	0,0102
	PCQ	0,24	0,122	0,006	0,2727	8,15	<0,0001
	EGSC			0,030	0,3237	2,28	0,0058

456 EPP= erro padrão de predição; AOLUS= área de olho de lombo medida por ultrassom; EGSUS=
 457 espessura de gordura subcutânea medida por ultrassom; EGPUS= espessura de gordura na picanha
 458 medida por ultrassom; AOLC= área de olho de lombo medida na carcaça; EGSC= espessura de gordura
 459 subcutânea medida na carcaça; PCQ= peso de carcaça; PCXD = peso do coxão de dentro; PCXF= peso
 460 do coxão de fora; PA= peso da alcatra; PPI= peso da picanha; PPAT= peso do patinho; PMAM= peso da
 461 maminha; PLAG= peso do lagarto; PCFL= peso contra-filé do lombo; PCFC= peso contra-filé da costela;
 462 PFM= peso filé mignon

CAPÍTULO III

Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne de novilhos Angus, Brangus e Braford criados e terminados em sistema de produção a pasto no sul do Brasil¹

¹ Elaborado de acordo com as normas da revista Meat Science

Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne de novilhos Angus, Brangus e Braford criados e terminados em sistema de produção a pasto no sul do Brasil

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos das raças Angus, Brangus e Braford, criados em sistema produção a pasto. Novilhos Angus, Brangus e Braford, criados e terminados em sistema forrageiro, no estado do Rio Grande do Sul, à base de campo nativo diferido com 0,8% de suplementação de grão de milho e pastagem de inverno de aveia (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*), foram avaliados quanto suas características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne. Os animais apresentaram características físico-químicas de carne semelhantes, exceto para capacidade de retenção de água e umidade. A carne de novilhos Brangus e Braford, teve maior teor de ácidos graxos monoinsaturados e melhor relação entre os monoinsaturados:saturados. Portanto, a carne produzida por animais com teor de sangue zebuíno, em sistema de produção a pasto, apresentou maior concentração de graxos monoinsaturados, que são considerados benéficos para a saúde humana.

Palavras-chave: máximo: perfil de ácidos graxos, qualidade da carne bovina

1. Introdução

O Brasil é um dos países mais extensos do mundo, tendo cerca de 20% da sua área ocupada por pastagens naturais e cultivadas (ABIEC, 2018) assim, a pecuária brasileira tem praticamente seu rebanho bovino criado e terminado a pasto. O rebanho bovino de corte no Brasil é de aproximadamente 221,81 milhões de cabeças, sendo que deste total 6,21% encontram-se no estado do Rio Grande do Sul (ABIEC, 2018), que se destaca em produção e consumo de carne bovina.

A criação de bovinos em pastagens cultivadas e, principalmente, pastagens naturais, é a fonte mais econômica de nutrientes para ruminantes, devido a sua capacidade de digerir alimentos fibrosos. A criação de animais a pasto é reconhecida

pela produção de carne com menor teor de gordura e com benefícios para a saúde humana, principalmente, em relação à composição dos ácidos graxos em comparação aos sistemas mais intensivos (Lobato et al., 2014). Além disso, as características desses sistemas de produção parecem atender às demandas dos consumidores, que estão se tornando cada vez mais preocupados com as questões que relacionadas (Scollan et al. 2006).

As características físico-químicas e o perfil de ácidos graxos da carne são influenciados por uma variedade de fatores, dentre eles, raça, sexo, idade, alimentação e manejo pré-abate (Alves et al., 2005). O fator genético é uma importante fonte de variação na qualidade da carne, deposição de gordura e perfil de ácidos graxos. Dentro de uma população, sempre há determinado genótipo com maior potencial produtivo e mais adaptado a um determinado sistema de produção e, portanto, deve ser utilizado a fim de obter uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis (Ferreira et al., 2011).

A pecuária brasileira tem como base genética as raças zebuínas e suas cruzas, especialmente o Nelore. Porém, no sul do país, principalmente devido às suas condições climáticas subtropicais, há a existência de raças taurinas e suas cruzas com zebuínos. Segundo Zembayashi et al. (1995), além das particularidades relacionadas ao processo digestivo dos ruminantes, a raça dos animais, apresenta grande influência sobre a composição do perfil de ácidos graxos da carne, principalmente em razão das diferenças associadas à deposição de gordura corporal.

Neste sentido, é necessário desenvolver estudos sobre a qualidade da carne de animais produzidos em sistemas de produção a pasto no sul do Brasil. Portanto, o objetivo neste trabalho foi avaliar as características de qualidade e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos das raças Angus, Brangus e Braford, criados em sistema produção a pasto.

2. Material e Métodos

2.1 Animais e abate

O experimento foi realizado em propriedade particular, município de Manoel Viana, região da fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul, 29°35'21" sul

55°28'58" oeste. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Animais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob o número 31914. Foram utilizados 114 bovinos, 36 da raça Angus, 40 da raça Brangus (5/8Angus x 3/8Nelore) e 38 da raça Braford (5/8Hereford x 3/8Nelore), machos castrados, desmamados com média de idade de 7 meses, com peso médio ao desmame de 215 ± 28 kg.

Os animais foram manejados e mantidos nas mesmas condições durante todo o período experimental. Foram mantidos durante a fase de recria, dos sete aos 12 meses de idade em pastagem cultivada de inverno, constituída de aveia-preta (*Avena strigosa*) + azevém (*Lolium multiflorum*). Durante o período de verão/outono, os animais foram mantidos em campo nativo diferido com suplementação de grão de milho na proporção de 0,8% do peso vivo (PV). No inverno subsequente, foram mantidos em pastagem cultivada de aveia e azevém, onde permaneceram até o abate.

Para que os animais apresentassem mesma idade fisiológica no abate, foram abatidos quando atingiram espessura mínima de gordura subcutânea (EGS) de 3mm, conforme exigência da indústria, medida entre a 12° e 13° costela, por ultrassom. As imagens de ultrassom foram coletadas no músculo *Longissimus thoracis* e a espessura de gordura subcutânea (EGS) realizada sobre o mesmo músculo a três quartos da área do mesmo a contar da linha medial. Nesta ocasião também foi medida a porcentagem de gordura intramuscular (IMF) por ultrassom, coletada no músculo *Longissimus thoracis*, entre a 12° e 13° costelas. Após a coleta, as imagens foram armazenadas no disco rígido de um computador portátil e interpretadas posteriormente com o software UICS/CUPLab Iowa USA.

Foram realizados dois abates, com intervalo de 28 dias. O procedimento de abate foi conduzido em frigorífico comercial respeitando o fluxo normal de trabalho, sob inspeção federal. Antes do abate os animais foram pesados, obedecendo jejum de sólidos e líquido de 12 horas, para a obtenção do peso vivo (PV), o peso médio de abate foi de 458 ± 35 kg.

Após o abate, as carcaças foram lavadas e resfriadas por 24 horas a -2°C. Decorrido esse tempo, foi medido o pH das carcaças e, uma seção do músculo *Longissimus thoracis* entre a 11° e a 13° costelas foi removida do lado direito das

carcaças, e separadas em 3 bifês de 2,5 cm de espessura. As amostras foram identificadas, embaladas à vácuo e congeladas a -18°C.

2.2. Análises físico-químicas da carne e perfil de ácidos graxos

Para as análises de qualidade da carne, as amostras foram descongeladas a 2° C durante 24 horas.

A avaliação das características objetivas de cor e luminosidade foram realizadas na face exposta do músculo *Longissimus thoracis*, após trinta minutos de exposição ao ar, utilizando-se colorímetro eletrônico Konica Minolta CR-400. Foram obtidos os valores de luminosidade (L*), teor de vermelho (a*) e teor de amarelo (b*), do sistema CIELab. As medidas foram realizadas em três regiões distintas para determinação da média.

Amostras do músculo *Longissimus thoracis* foram utilizadas para determinar sua composição centesimal em umidade (Silva e Queiroz, 2002), extrato etéreo (AOCS, 1995), e para medida da capacidade de retenção de água (CRA), segundo Hamm (1986).

A maciez da carne foi determinada pela força de cisalhamento, realizada de acordo com a metodologia descrita por Bouton et al. (1971), mensurada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com lâmina de Warner-Bratzler-Shear acoplada a um texturômetro TA.TX plus (Stable Micro Systems). O comprimento do sarcômero foi determinado através do método de difração a laser de acordo com metodologia descrita por Cross et al (1981). Para avaliação do índice de fragmentação miofibrilar (MFI) foi utilizada a metodologia descrita por Culler et al. (1978).

Para o perfil de ácidos graxos da carne, foi utilizada uma sub amostra de aproximadamente 3g do centro do músculo *Longissimus thoracis*, homogeneizada e adicionada em um tubo Falcon de 50 mL. A extração foi realizada pelo método descrito por Folch et al. (1957), onde os lipídeos foram extraídos por homogeneização da amostra com uma solução de clorofórmio e metanol 2:1 em homogenizador Ultra Turrax Marconi®. Em seguida, os lipídeos foram isolados após a adição de solução de NaCl a 1,5%.

A gordura separada foi metilada e os ésteres metílicos foram formados de acordo com metodologia descrita por Kramer et al. (1997). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram quantificados por cromatografia gasosa (CG-2010 Plus - Shimadzu, auto injetor AOC 20i), usando coluna capilar SP-2560 (100 m × 0,25 mm de diâmetro com 0,02 mm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). A temperatura inicial da coluna foi de 45°C, com aquecimento progressivo até chegar a 175°C, mantendo-se por 27 minutos. Em seguida, um novo aumento de 4°C/minuto foi iniciado até 215°C, mantendo-se durante 35 minutos. Foi utilizado Hidrogênio (H₂) como gás de arraste com fluxo de 40 cm³/s. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com o tempo de retenção dos ésteres de metil das amostras utilizando-se os padrões C4-C24 (F.A.M.E mix Sigma[®]), GLC 463 Reference Mixture Nu-Chek[®], ácido vacênico C18:1 t11 (V038-1G, Sigma[®]), C18:2 t10 c12 (UC-61M 100mg - Nu-Chek[®]), C18:2 c9 t11 (UC-60M 100mg - Nu-Chek[®]) e ácido tricosanóico (Sigma[®]). Os ácidos graxos foram quantificados por normalização da área dos picos dos ésteres de metil, com uso do *Software GS solution 2.42*[®]. Os ácidos graxos foram expressos em porcentagem do total de metil éster quantificado.

Foi calculado o índice de atividade da enzima Δ^9 -dessaturase para C14, C16 e C18, responsáveis pela conversão dos ácidos graxos saturados com 14, 16 e 18 átomos de carbono em seus respectivos ácidos graxos monoinsaturados. Os índices foram obtidos através da equação: Δ^9 -dessaturase = produto da Δ^9 -dessaturase / (produto da Δ^9 -dessaturase + substrato da Δ^9 -dessaturase).

2.3. Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados foram analisados com o auxílio do programa estatístico SAS 9.4. Os dados foram submetidos à análise de variância. As diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Todos os modelos estatísticos incluíram a raça como efeito fixo.

Para as medidas de qualidade da carne: umidade e cor (L, a* e b*) o pH final foi incluído no modelo estatístico como covariável.

3. Resultados e Discussão

3.1. Características físico-químicas da carne

Os resultados de porcentagem de gordura intramuscular (IMF) medida por ultrassom e das características físico-químicas da carne de novilhos Angus, Brangus e Braford encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias e erro padrão para porcentagem de gordura intramuscular (IMF) medida por ultrassom e características físico-químicas da carne, medida no músculo *Longissimus thoracis*, em novilhos Angus, Brangus e Braford.

Característica de qualidade da carne	Angus	Brangus	Braford	P-Valor
N	36	40	38	
IMF (%)	3,38 ± 0,12	3,69 ± 0,11	3,47 ± 0,12	0,1746
pH final	5,9 ± 0,08	5,7 ± 0,08	5,7 ± 0,08	0,4299
MFI (%)	35,02 ± 2,24	39,77 ± 2,12	40,73 ± 2,18	0,1545
Comprimento de sarcômero (µm)	1,94 ± 0,07	1,89 ± 0,01	1,90 ± 0,01	0,0610
Força de cisalhamento (N)	47,14 ± 2,08	49,86 ± 1,97	51,28 ± 2,03	0,3563
Extrato Etéreo (%)	2,87 ± 0,12	2,92 ± 0,11	3,19 ± 0,12	0,1535
CRA (g/kg)	555,1 ± 7,1 ^b	591,6 ± 6,8 ^a	576,1 ± 6,9 ^{ab}	0,0017
Umidade (%)	72 ± 0,23 ^a	71 ± 0,20 ^{ab}	70 ± 0,22 ^b	<0,001
Cor				
L* (luminosidade)	40,1 ± 0,5	39,9 ± 0,4	38,6 ± 0,5	0,1923
a* (vermelho)	24,7 ± 0,4	24,1 ± 0,4	23,4 ± 0,4	0,2147
b* (amarelo)	9,8 ± 0,2	9,6 ± 0,2	9,1 ± 0,2	0,2815

IMF = Porcentagem de gordura intramuscular medida por ultrassom; MFI = Índice de fragmentação miofibrilar; CRA = capacidade de retenção de água

^{a, b} Médias, na linha, seguidas por letras diferentes diferem (P<0,05) entre si.

A porcentagem de gordura intramuscular na carcaça medida por ultrassom antes do abate não diferiu entre as raças (P>0,05), indicando que ambos os grupos genéticos possuem potencial similar para deposição de gordura intramuscular nos sistemas de produção avaliados.

As características objetivas de qualidade da carne, com exceção da capacidade de retenção de água e a umidade, não diferiram entre as raças (P>0,05), podendo ser explicado pela idade fisiológica que os animais tinham no momento do abate, já que foram abatidos com uma mesma espessura de gordura subcutânea, conseqüentemente, uma mesma idade fisiológica. Diferenças na qualidade da carne são mais observadas

entre animais de raças que apresentam diferentes maturidades, devido a influência da idade, deposição de gordura e teor de marmoreio no abate (Purchas e Barton, 1976).

De acordo com Muir et al. (2000) e Papaleo et al. (2016), cruzamentos de raças e raças compostas tendem a apresentar menor diferenças nos aspectos qualitativos da carne em função da diluição dos efeitos de raças puras.

O efeito do pH final na qualidade da carne tem sido uma preocupação para a indústria, já que o pH final apresenta relação com a qualidade da mesma (Mera et al, 2017). Os valores de pH final da carne obtidos neste estudo apresentaram-se entre os intervalos considerados baixo (entre 5,4 e 5,8) e intermediário (entre 5,8 a 6,2) conforme Contreras-Castillo et al. (2016). A carne de bovinos terminados em pastagens possui menor disponibilidade de glicogênio no momento do abate e, portanto, pH final mais elevado (Neath et al., 2007). Neste sentido, os valores intermediários obtidos neste estudo podem ser consequência do esgotamento de glicogênio muscular no período *ante-mortem*, porém, é importante salientar que não verificou-se ocorrência de carnes caracterizadas como DFD (dark, firm, dry).

O índice de fragmentação miofibrilar (MFI) se correlaciona positivamente com a maciez da carne (Culler et al., 1978; Vestergaard et al., 2000b). Não foi observada diferença no MFI entre os grupos genéticos, isso indica que não houve diferença na atividade proteolítica muscular entre os grupos genéticos. Valores superiores ao presente estudo foram obtidos por Coleman et al. (2016) variando de 91,8 a 97,7 %, entretanto, esses autores também não observaram diferenças significativas entre grupos genéticos avaliados.

O comprimento de sarcômero da carne tem efeito direto sobre a textura da carne cozida ou crua e sobre a capacidade de retenção de água, além de exercer influência sobre a cor da carne (Ertbjerg & Puolanne, 2017). Segundo Voyle (1969) comprimento de sarcômeros inferiores a 1,1 μ m não é comum e, geralmente ocorrem em situações de encurtamento extremo. Bruce et al. (2004) demonstraram que o maior impacto de encurtamento pelo frio na maciez da carne ocorre quando o comprimento do sarcômero é menor que 1,5 μ m, o que não foi observado neste estudo, sendo o comprimento médio do sarcômero encontrado de 1,89 μ m, indicando que não houve encurtamento do sarcômero durante o processo de resfriamento das carcaças.

A força de cisalhamento é uma medida objetiva de sensibilidade e indica a força máxima necessária para romper uma amostra de carne cozida (Shackelford et al., 1995). O pH final, MFI e o comprimento de sarcômero são fatores correlacionados com a maciez da carne (Muchenje et al., 2009), portanto, como não foram observadas diferenças nessas características entre as raças, não esperava-se que houvesse diferença para força de cisalhamento.

Alguns autores relataram que a taxa de crescimento do animal tem influência sobre a maciez da carne, podendo afetar a renovação intramuscular do colágeno e permitindo a hipertrofia das células musculares, portanto, uma taxa de crescimento rápida pode aumentar o teor de colágeno solúvel, conseqüentemente, a maciez da carne (Bruce et al. 2004; Silva et al. 2017). Como os animais foram criados e manejados juntos durante todo o período experimental, provavelmente apresentaram um mesmo padrão de crescimento, que não influenciou a maciez da carne, além disso, em um intervalo de apenas 28 dias, os animais foram abatidos com mesma espessura de gordura para garantir uma correta transformação de músculo em carne.

Os valores médios de força de cisalhamento deste trabalho, foram inferiores aos de 69,14 N e 61,78 N reportados por Devincenzi et al. (2012) em novilhos Angus criados em pastagem natutal e pastagem natural melhorada, respectivamente, e maiores que os valores médios de 32,06N e 29,71N obtidos por Patino et al. (2015) em novilhos cruza Angus X Charolês, criados em pastagem de aveia (*A. strigosa* Schereb) e azevém (*L. multiflorum* L.), sem suplementação e com suplementação energética de 0,8% do peso vivo, respectivamente.

O extrato etéreo, ou gordura, na carne afeta diretamente a suculência e o sabor, e influencia na maciez a carne (Hocquette et al., 2010). A gordura intramuscular parece separar e diluir as fibras de colágeno perimisiais e desorganizar a estrutura do tecido conjuntivo intramuscular que pode contribuir para a diminuição da resistência da carne ao corte (Hocquette et al., 2010). O teor de extrato etéreo similar entre as raças era esperado, já que não apresentaram diferenças no IMF antes do abate, sendo encontrada uma correlação de 0,58 (dados não apresentados) entre extrato etéreo e IMF. Essa relação entre as características é consequência da calibração dos softwares utilizados para medir IMF, já que estes são calibrados a partir do teor de extrato etéreo, ou seja, teor de gordura da carne. A gordura intramuscular da carne consiste basicamente em

triglicerídeos e fosfolipídeos de membrana, os triglicerídeos servem como fonte de energia e são depositados nos adipócitos, portanto, o teor de gordura intramuscular depende do conteúdo de triglicerídeos, enquanto a quantidade de fosfolipídeos é relativamente constante, havendo, então, uma forte relação entre o IMF e o conteúdo de triaglicerídeos da carne (Scollan et al., 2006).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi superior em novilhos Brangus em relação aos Angus (Tabela 4, $P < 0,05$), com valores intermediários para os animais Braford. A CRA está diretamente relacionada ao teor de gordura da carne, e principalmente a velocidade de queda de pH no período *post mortem*. Quando não são observadas diferenças no conteúdo lipídico da carne, atribui-se que às diferenças encontradas na CRA da carne seriam determinadas pelo pH final (Lawrie, 2005). Entretanto, isso não foi observado neste estudo, já que não houve diferenças nem para o conteúdo de extrato etéreo na carne, nem para o pH final da carne entre os grupos genéticos, portanto, atribuímos esta diferença na CRA à possíveis diferenças na desnaturação das proteínas, afetando a capacidade de ligação da água a proteína.

O teor de umidade foi superior na carne dos animais Angus em relação aos Braford ($P < 0,05$). Alguns autores (Pires et al. 2008; Climaco et al. 2011) comparando a carne de animais *Bos indicus* e mestiços *Bos taurus* \times *Bos indicus*, não encontraram diferenças nos percentuais de umidade na carne desses animais. Segundo Luchiari Filho (2000) o valor médio de umidade na carne de animais jovens é de 74%, e vários fatores podem influenciar este valor, tais como a variação na idade fisiológica dos animais, tipo de músculo avaliado e teor de gordura. No nosso estudo, nenhum dos fatores citados acima teve influência no teor de umidade da carne, devido a homogeneidade dos animais quanto a idade fisiológica e mesma porção do músculo avaliado de cada animal.

A cor da carne fresca é um dos fatores mais importantes observado pelos consumidores para avaliar a qualidade da carne, e tomar a decisão de compra (Avilés et al., 2015). É influenciada pelo estado químico da mioglobina, pH, idade, condição sexual, alimentação e manejo (Gagaoua et al., 2015). Não foram observadas diferenças nos critérios de cor da carne nos diferentes grupos genéticos, o que também pode ser explicado pelo fato dos novilhos terem sido criados em um mesmo sistema alimentar, abatidos com mesma idade, e apresentarem teor de gordura intramuscular similar.

De acordo com Muchenje et al. (2009), em bovinos, as médias de luminosidade variam entre 33,2-41,0, as médias de cor vermelha entre 11,1-23,6 e as médias de cor amarela, entre 6,1-11,3. Neste trabalho as médias de L* e b* mantiveram-se dentro dos valores descritos pelo autor, já o teor de vermelho nas carnes avaliadas no nosso estudo foi um pouco superior, indicando uma coloração mais avermelhada, provavelmente com uma maior frequência de fibras oxidativas, que possuem maior teor de mioglobina.

3.2. Perfil de ácidos graxos da carne

O teor dos ácidos graxos saturados (AGS), exceto o margárico (C17:0), esteárico (C18:0) e o araquídico (C20:0), não foi influenciado pelo grupo genético (Tabela 2, $P > 0,05$). Resultado que pode ser atribuído ao similar conteúdo de lipídeos da carne entre as raças. O teor de AGS na carne de ruminantes é resultado da lipólise e da biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen e da síntese “de novo” no tecido adiposo (Smith et al., 2009).

Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos (%) no músculo *Longissimus thoracis*, de novilhos Angus, Brangus e Baford

Ácidos Graxos N	Angus 20	Brangus 20	Braford 20	P-Valor
Saturados				
C10:0 Cáprico	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,087
C12:0 Láurico	0,04 ± 0,002	0,04 ± 0,002	0,05 ± 0,002	0,063
C14:0 Mirístico	1,94 ± 0,09	2,00 ± 0,09	2,14 ± 0,09	0,068
C15:0 Pentadecanóico	0,42 ± 0,06	0,48 ± 0,09	0,39 ± 0,09	0,581
C16:0 Palmítico	23,35 ± 0,32	22,77 ± 0,30	23,53 ± 0,31	0,208
C17:0 Margárico	0,95 ± 0,02 ^a	0,91 ± 0,01 ^a	0,83 ± 0,01 ^b	0,0002
C18:0 Esteárico	17,78 ± 0,39 ^a	17,05 ± 0,37 ^a	15,73 ± 0,38 ^b	0,001
C19:0 Nonadecanóico	0,12 ± 0,008	0,10 ± 0,008	0,12 ± 0,008	0,396
C20:0 Araquídico	0,09 ± 0,004 ^a	0,08 ± 0,004 ^{ab}	0,07 ± 0,004 ^b	0,008
C22:0 Behenico	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,487
Monoinsaturados				
C14:1 c9 Miristoleico	0,32 ± 0,02 ^b	0,37 ± 0,02 ^{ab}	0,44 ± 0,02 ^a	0,009
C15:1 c10 Pentadecanoico	0,10 ± 0,007	0,10 ± 0,007	0,10 ± 0,007	0,927
C16:1 c9 Palmitoleico	2,56 ± 0,11 ^b	2,67 ± 0,11 ^b	3,22 ± 0,11 ^a	0,0003
C17:1 c10 Heptadecanoico	0,69 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,75 ± 0,03	0,249
C18:1 c9 Oleico	32,86 ± 0,43 ^b	34,76 ± 0,40 ^a	34,56 ± 0,41 ^a	0,004
C18:1 t9 Elaidico	0,13 ± 0,04	0,18 ± 0,04	0,13 ± 0,04	0,667
C18:1 t11 Vacênico	2,18 ± 0,07 ^a	2,03 ± 0,07 ^{ab}	1,90 ± 0,07 ^b	0,040

C18:1 c11 Vacênico	1,55 ± 0,07	1,48 ± 0,07	1,62 ± 0,07	0,435
C20:1 c8 Eicosenoico	0,06 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,276
C20:1 c11 Eicosenoico	0,08 ± 0,006	0,08 ± 0,005	0,07 ± 0,006	0,590
Poliinsaturados				
C18:2 n6 Linoleico	2,88 ± 0,17	2,85 ± 0,16	2,61 ± 0,16	0,466
C18:3 n6-y Linolenico	0,01 ± 0,002	0,02 ± 0,002	0,02 ± 0,002	0,277
C18:3 n3 Linolenico	0,94 ± 0,04	0,95 ± 0,04	0,94 ± 0,04	0,980
C20:3 n6 Eicosatrienoico	0,26 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,426
C20:4 n6 Araquidônico	1,16 ± 0,07	1,10 ± 0,07	1,02 ± 0,07	0,421
C20:5 n3 Eicosapentaenoico	0,53 ± 0,04	0,47 ± 0,03	0,48 ± 0,04	0,538
C22:4 n6 Docosatetraenoico	0,06 ± 0,005	0,06 ± 0,005	0,06 ± 0,005	0,766
C22:5 n3 Docosapentaenoico	0,80 ± 0,06	0,74 ± 0,06	0,76 ± 0,06	0,799
C22:6 n3 Docosahexaenoico	0,08 ± 0,008	0,07 ± 0,007	0,08 ± 0,008	0,508
CLA (C18:2 c9 t11)	0,56 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,578
Outros AG	4,66 ± 0,18	4,52 ± 0,17	4,46 ± 0,17	0,715
Índices Nutricionais				
Total AGS (%)	44,74 ± 0,57	43,49 ± 0,54	43,08 ± 0,56	0,107
Total AGMI (%)	40,53 ± 0,50 ^b	42,51 ± 0,48 ^a	42,85 ± 0,49 ^a	0,006
Total AGPI (%)	7,26 ± 0,39	6,87 ± 0,37	6,68 ± 0,38	0,574
Total n3 (%)	2,36 ± 0,15	2,24 ± 0,14	2,24 ± 0,15	0,808
Total n6 (%)	4,35 ± 0,26	4,05 ± 0,25	3,90 ± 0,25	0,458
AGMI:AGS	0,90 ± 0,02 ^b	0,98 ± 0,02 ^a	0,99 ± 0,02 ^a	0,009
AGPI:AGS	0,16 ± 0,01	0,16 ± 0,009	0,15 ± 0,01	0,909
n6:n3	1,86 ± 0,08	1,84 ± 0,08	1,80 ± 0,08	0,874
Índice Δ^9 -desaturase C14:0 ¹	0,14 ± 0,007 ^b	0,15 ± 0,006 ^{a,b}	0,16 ± 0,006 ^a	0,051
Índice Δ^9 -desaturase C16:0 ²	0,09 ± 0,003 ^b	0,10 ± 0,003 ^b	0,12 ± 0,003 ^b	0,0002
Índice Δ^9 -desaturase C18:0 ³	0,64 ± 0,006 ^b	0,67 ± 0,006 ^a	0,68 ± 0,006 ^a	0,0006

^{a, b} Médias, na linha, seguidas por letras diferentes diferem ($P < 0,05$) entre si.

¹Índice Δ^9 -desaturase C14:0 = C14:1 c9/(C14:0+C14:1 c9)

²Índice Δ^9 -desaturase C16:0 = C16:1 c9/(C16:0+C16:1 c9)

³Índice Δ^9 -desaturase C18:0 = C18:1 c9/(C18:0+C18:1 c9)

Os AGS com maior participação na carne são o C14:0 (ácido mirístico), C16:0 (ácido palmítico) e C18:0 (ácido esteárico) (Scollan et al., 2006; Hautrive et al., 2012; Silva et al., 2014; Freitas et al., 2014). Resultado semelhante foi observado neste estudo, com participação média do ácido palmítico de 23,21%, ácido esteárico de 16,65% e o ácido mirístico de 2,02%.

O grupo genético afetou a concentração do ácido graxo margárico (C17:0), sendo superior nos novilhos Angus e Brangus, em relação aos Braford (Tabela 2). Valores superiores aos obtidos no nosso estudo foram observados por Freitas (2010), variando de 1,42 a 1,52%, para animais cruza Angus x Nelore e Angus puros, respectivamente,

criados em pastagem natural. Estudos de revisão recentes mostram uma associação inversa entre o ácido graxo margárico circulante e o risco de doenças metabólicas (Jenkins et al., 2015; Jenkins et al., 2017).

O teor do ácido graxo esteárico (C18:0) também foi superior nos novilhos Angus e Brangus (17,78% e 17,95%, respectivamente) em relação aos animais Braford (15,73%), (Tabela 2). Valores semelhantes foram observados por Freitas et al. (2014), para novilhos Hereford puros e Brafords, de 17,93 e 16,43%, respectivamente. Entretanto, Freitas (2010) encontrou valores superiores, de 22,86% e 19,35%, para animais Angus e cruzados Angus x Nelore, respectivamente. O ácido graxo esteárico, foi o segundo maior ácido graxo saturado de prevalência na carne, sendo considerado neutro quanto a sua ação, e no organismo é convertido em ácido oleico, não influenciando os níveis sanguíneos de colesterol (Dietschy, 1998).

O total de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) sofreu alteração conforme o grupo genético dos animais, sendo maior nos animais das raças Brangus e Braford em comparação ao Angus, o que influenciou a relação entre os AGMI/AGS (Tabela 2, $P < 0,05$), indicando que a carne desses animais criados a pasto, tem tendência de ser menos prejudicial à saúde humana por apresentar maior teor de ácidos graxos monoinsaturados. Isso se deve, provavelmente, a diminuição da biohidrogenação pelas bactérias do rúmem nos animais com teor de sangue zebuíno. Como concluído por De Smet et al. (2004), a raça pode refletir diferenças na expressão gênica ou enzimas envolvidas na síntese de ácidos graxos, podendo influenciar no valor total de AGMI.

A ingestão de ácidos graxos monoinsaturados traz benefícios à saúde humana, por ocasionar queda nos níveis de colesterol total no plasma sanguíneo (Department of Health, 1994), portanto, maiores níveis de AGM são benéficos.

O teor do ácido miristoleico (C14:1 c9) foi superior nos novilhos Braford em relação aos Angus ($P < 0,05$), com animais Brangus apresentando resultados intermediários. Este resultado pode ser explicado pelo Índice Δ^9 -desaturase C14:0 (Tabela 2), indicando que a enzima Δ^9 -desaturase teve maior atividade nos animais na raça Braford em relação aos Angus na transformação do ácido mirístico em ácido miristoleico, com uma atuação intermediária nos animais Brangus. Rossato et al. (2010) observaram valores mais altos de ácido miristoleico na carne de novilhos Nelore em comparação com Angus, em condições de pastagem. Concordando com o estudo

realizado por Silva et al. (2014), que evidenciaram maior teor desse ácido na carne de animais com sangue zebuino em relação aos animais europeus.

A enzima Δ^9 -desaturase é responsável pela transformação de ácidos graxos saturados em ácidos graxos insaturados, a partir da retirada de moléculas de hidrogênio das cadeias carbonadas dos ácidos graxos saturados (Metz et al., 2009), o índice das enzimas Δ^9 -desaturase C14:0, C16:0 e C18:0 encontram-se na Tabela 2.

Em relação ao teor do ácido palmitoleico (C16:1 c9), novilhos Angus e Brangus apresentaram menor teor desse ácido graxo, que é considerado hipercolesterêmico (Dietschy, 1998), o que pode ser explicado pela maior atividade da enzima Δ^9 -desaturase nos animais da raça Braford, transformando grande parte do ácido graxo saturado palmítico em seu correspondente ácido graxo monoinsaturado, palmitoleico.

O ácido oleico (C18:1 c9) apresentou maior participação entre os AGMI da carne (34,06%). O aumento da concentração do ácido oleico (C18:1 c9) é altamente desejável, pois, conforme Mir et al. (2003), este ácido graxo é reconhecido por apresentar propriedades hipocolesterolêmicas. O maior teor deste ácido graxo nos animais com teor de sangue zebuino, Brangus e Braford, está relacionado à maior atividade da enzima Δ^9 desaturase C18:0 nesses animais, como pode ser observado pelo Índice Δ^9 -desaturase C18:0 (Tabela 2, $P > 0,05$).

A gordura intramuscular dos animais da raça Angus apresentou maior teor do ácido vacênico (C18:1-t11) em comparação aos animais da raça Braford, enquanto os animais Brangus apresentaram valores intermediários. Avaliando o efeito genético de animais Nelore e Angus criados em pastagem, Rossato et al (2010) encontraram maior teor de C18:1-t11 em animais Nelore e atribuíram isto a possíveis diferenças na fisiologia do rúmen e no processo da biohidrogenação entre as raças. O ácido vacênico (C18:1-t11) produzido no rúmen pela hidrogenação do ácido rumênico (C18:2 c9 t11 - CLA), o qual é o primeiro intermediário no processo de biohidrogenação do ácido linoleico no rúmen, e responsável por 80-90% do CLA na gordura intramuscular da carne (Daley et al., 2010). Após ser absorvido, pode ser transformado em CLA nos tecidos dos ruminantes, através da enzima Δ^9 desaturase (Griinari et al., 2000), portanto, o consumo de carnes com maior teor desse ácido graxo se torna vantajoso, uma vez que esse ácido graxo pode ser transformado em CLA também em humanos (Salminen et al., 1998). Para Madron et al. (2002) a relação entre CLA: ácido vacênico

deve ser entre 0,25 e 0,28, e que valores inferiores indicam inibição da enzima Δ^9 -dessaturase no tecido. A relação entre esses ácidos graxos no nosso estudo foi de 0,25, 0,28 e 0,27 para animais da raça Angus, Brangus e Braford, respectivamente, indicando, portanto, que não houve inibição da enzima Δ^9 dessaturase.

O teor dos ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), bem como os totais de AGPI, totais de n3 e n6, não foram influenciados pelo grupo genético (Tabela 2, $P>0,05$). O maior consumo de AGPI em relação aos AGS reduz o risco de doenças cardiovasculares (Wood et al., 2003).

De acordo com Metz et al. (2009), o ácido graxo poliinsaturado mais representativo na carne bovina é o ácido linoleico (C18:2), o que está de acordo com os nossos resultados. Em sistema de produção que os animais são terminados a pasto, cuja fração lipídica da dieta caracteriza-se por apresentar quantidades elevadas de ácidos graxos poliinsaturados, a influência da dieta pode ser explicada por Griinari et al (2000), pois, durante o processo de biohidrogenação pela ação de microrganismos ruminais, o ácido linoleico (C18:2 c9 c12) passa inicialmente a rumênico (CLA - C18:2 c9 t11), passando depois a ácido vaccênico (C18:1 t11) e posteriormente a esteárico (C18:0). Esses ácidos graxos são absorvidos pelos animais e alcançam os tecidos. Pela ação da enzima Δ^9 -desaturase nos tecidos, o ácido esteárico pode ser transformado em ácido oleico (C18:1 c9) e o ácido vaccênico (C18:1 t11) pode ser transformado em ácido rumênico (Pinho et al., 2011). O processo de biohidrogenação microbiana no rúmen ocorre em praticamente todos os ruminantes, sendo que a principal explicação seria uma possível toxidez dos microrganismos ruminais aos AGPI (Enjalbert et al., 2017).

Segundo Ferlay et al. (2017) muitas vezes, a biohidrogenização do ácido graxo linoléico não chega a completar-se, assim, quantidades significativas de ácido graxo conjugado e de trans-monoin saturados, como o ácido graxo vaccênico, alcançam o duodeno e são absorvidas, ficando no leite ou no tecido muscular.

A relação entre AGPI e AGS é utilizada para avaliar a salubridade da composição de ácidos graxos em um alimento (Coleman et al., 2016), e a proporção recomendada na dieta deve ser maior que 0,4 (Wood et al., 2003). No entanto, nenhum dos grupos genéticos apresentou esta relação, mantendo-se entre 0,15 e 0,16, ou seja, abaixo do recomendado.

De acordo com Wood et al. (2003), a relação n6/n3 recomendada na dieta é de 4,0 ou menos. A razão n6/n3 de ambos os grupos genéticos se manteve dentro dos resultados adequados, variando de 1,80 a 1,86. Segundo De Smet et al. (2004), a razão n6/n3 é mais influenciada pelo efeito da dieta que pelo efeito genético, verificando-se que, em animais terminados a pasto, a razão varia de 1,4 a 2,0 e em animais terminados com concentrado, de 6,0 a 10 (Nüernberg et al., 2005; Garcia et al., 2008).

4. Conclusão

Apesar da capacidade de retenção de água e umidade serem diferentes entre os grupos genéticos Angus, Brangus e Braford criados e terminados a pasto, e abatidos em mesma idade fisiológica, as raças não influenciaram a porcentagem de gordura intramuscular mensurada por ultrassom, o pH final, o teor de extrato etéreo e a maciez da carne.

A carne de animais Brangus e Braford caracterizou-se por apresentar maior teor e melhor relação de ácidos graxos monoinsaturados:saturados e, conseqüentemente uma melhor constituição lipídica da porção comestível, com maior benefício para a saúde humana, em relação aos animais da raça Angus.

5. Referências

ABIEC – Associação brasileira das indústrias exportadoras de carne (ABIEC). **Relatório Anual 2018**. <http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx>. Acessado em 10 de janeiro de 2019.

Alves, D.D., Tonissi, R.H., & Goes, B. (2005). Maciez da carne bovina. *Ciência Animal Brasileira*, 6(3), 135-149.

Association of official analytical chemistry - AOAC. Official methods of analysis 16. th. Arlington, 1995. p. 1025.

Avilés, C., Martínez, A.L., Domenech, V., & Peña, F. (2015). Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. *Meat Science*, 107, 94-103.

Bouton, P.E., Harris, P.V., & Shorthose, W.R. (1971). Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. *Journal of Food Science*, 36(3), 435-439.

- Bruce, H. L., Stark, J. L., & Beilken, S. L. (2004). The effects of finishing diet and post-mortem ageing on the eating quality of the M. longissimus thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. *Meat Science*, 67(2), 261–268.
- Climaco, S.M., Ribeiro, E.L.A., Mizubuti, I.Y., Silva, L.D.F., Barbosa, M.A.A.F., Ramos, M.O., & Constantino, C. (2011). Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2791-2798.
- Coleman, L.W., Hickson, R. E., Schreus, N.M., Martin, N.P., Kenyon, P.R., Villalobos, N.L., & Morris, S.T. (2016). Carcass characteristics and meat quality of Hereford sired steers born to beef-cross-dairy and Angus breeding cows. *Meat Science*, 121, 403-408.
- Contreras-Castillo, C. J., Lomiwes, D., Wu, G., Frost, D., & Farouk, M. M. (2016). The effect of electrical stimulation on post mortem myofibrillar protein degradation and small heat shock protein kinetics in bull beef. *Meat Science*, 113, 65–72.
- Cross, H.R., West, R.L., & Dutson, T.R. (1981). Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, 5, 261-266.
- Culler, R.D., Parrish, F.C., Smith, G.C., & Cross, H.D. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43, 1177-1180.
- Daley, C.A.; Abbot, A.; Doyle, P.S.; Nader, G.A.; Larson, S.; De Smet, S.R.; Demeyer, D. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, 2010.
- De Smet, S., Raes, K., & Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53, 81-98.
- Departamento of Health. Nutritional aspects of cardiovascular disease –16 Report on Health and Social Subjects. London: HMSO, 1994. n. 46.
- Dietschy, J.M. (1998). Dietary fatty acids and the regulation of plasma low density lipoprotein cholesterol. *Journal Nutrition*, 128, 444-448.
- Devincenzi, T., Nabinger, C., Cardoso, F.F., Nalério, E.S., Carassai, I.J., Fedrigo, J.K., Tarouco, J.U., Cardoso, L.L. (2012). Carcass characteristics and meat quality of Aberdeen Angus steers finished on different pastures. *Resvista Brasileira de Zootecnia*, 41(4), 1051-1059.
- Enjalbert, F., Combes, S., Zened, A., Meynadier, A. (2017). Review article. Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping. *Journal of Applied Microbiology*, 123(4), 782–797.
- Ertbjerg, P., & Puolanne, E. (2017). Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat Science*, 132, 139-152.

Ferreira, E.T, Nabinger, C., Elejalde, D.A.G., Freitas, A.K., Schmitt, F., Tarouco, J.U. (2011). Terminação de novilhos de corte Angus e mestiços em pastagem natural na região da Campanha do RS. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(9), 2048-2057.

Ferlay, A., Bernard, L., Meynadier, A., Malpuech-Brugere, C. (2017). Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review. *Biochimie*, 141, 107-120.

Folch, J., Less, M., & Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.

Freitas, A. K. d (2010). *Perfil de ácidos graxos da vegetação e da carne bovina produzida no Bioma Pampa*. 217p. Tese (Doutorado), Porto Alegre - RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Freitas, A.K.d., Lobato, J.F.P., Cardoso, L.L., Tarouco, J.U., Vieira, R.M., Dillenburg, D.R., & Castro, I. (2014). Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in Southern Brazil. *Meat Science*, 96, 353-360.

French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrated-based diet. *Journal of Animal Science*, 78, 2849-2855.

Gagaoua, M.; Terlouw, E.M.; Micol, D.; Boudjellal, A.; Hocquette, J.F.; Picard, B. (2015). Understanding early post-mortem biochemical processes underlying meat color and pH decline in the *Longissimus thoracis* muscle of young blond d’Aquitaine bulls using protein biomarkers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(30), 6799-6809.

Garcia, P.T., Pensel, N.A., Sancho, A.M., Latimori, N.J., Kloster, A.M., Amigone, M.A., & Casal, J.J. (2008). Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 500–508.

Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V., & Bauman, D. E. (2000). Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase. *Journal of Nutrition*, 130(9), 2285-2291.

Hautrive, T.P., Marques, A.C., & Kubota, E.H. (2012). Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de avestruz, suíno, bovino e frango. *Alimentos e Nutrição*, 23, 327-334.

Hocquette, J. F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., & Pethick, D. W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development genetic and nutritional control and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319.

Jenkins, B.; West, J.A. & Koulman, A. (2015). A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic acid (C15:0) and heptadecanoic acid (17:0) in health and disease. *Molecules*, 20, 2425-2444.

Jenkins, B.; Schryver, E.; Veldhoven, P.P.V. & Koulman, A. (2017). Peroxisomal 2-Hydroxyacyl-CoA lyase is involved in endogenous biosynthesis of heptadecanoic acid. *Molecules*, 22, 1718-1723.

Kramer, J.K.G., Fellner, V., & Dugan, M. E. R. (1997). Evaluating acid and base catalyts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*, 32, 1219-1228.

Lawrie, R.A. *Ciência da carne*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed,2005.384 p.

Lobato, J.F.P., Freitas, A.K., Devincenzi, T., Cardoso, L.L., Tarouco, J.U., Vieira, R.M., Dillenburg, D.R., Castro, I. (2014). Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. *Meat Science*, 98, 336-345.

Luchiari Filho, A. *Pecuária da carne bovina*. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134p

Madron, M.S.; Peterson, D.G.; Dwyer, D.A. Corl, B.A.; Baumgard, L.H.; Beermann, D.H.; Bauman, D.E. (2007). Effect of extruded full fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular and subcutaneous fat in beef steers. *Journal of Animal Science*, 80(4), 1135-1143.

Mera, J.D.R., Pinto, J.S.S, & Castillo, C.J.C. (2017). Effect of ultimate pH and ageing on termal denaturation of bovine muscle proteins. *Meat Science*, 131, 25-27.

Metz, P.M., Menezes, L.F.G., Santos, A.P., Brondani, I.L., Restle, J., Lanna, D.P.D. (2009). Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes categorias e grupos genéticos, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 523-531.

Mir, P.S., Ivan, M., He, M.L., Pink, B., Okine, E., Goonewardene, L., McAllister, T.A., Weselake, R., & Mir, Z. (2003). Dietary manipulation to increase conjugated linoleic acids and other desirable fatty acids in beef: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 83(4), 673-685.

Muchenje, V., Dzamac, B.K., Chimonyoa, M., Strydom, P.E., Hugo, A., & Raats, J.G. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. *Food Chemistry*, 112, 279-289.

Muir, P. D., Wallace, G. J., Dobbie, P. M., & Bown, M. D. (2000). A comparison of animal performance and carcass and meat quality characteristics in Hereford, Hereford × Friesian, and Friesian steers grazed together at pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 43, 193–205.

Neath, K.E., Del Barrio, A.N., Lapitan, R.M., Herrera, J.R., Cruz, L.C., Fujihara, T., Muroya, S., Chikuni, K., Hirabayashi, M., & Kanai, Y. Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during *post mortem* aging. (2007). *Meat Science*, 75, 499-505.

Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N.D., Richardson, R.I. (2005). Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 137-147.

Papaleo, J. M., Goszczynski, D. E., Ripoli, M. V., Melucci, L. M., Pardo, A. M., Colatto, E., ...Villarreal, E. L. (2016). Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Science*, 114, 121-129.

Patino, H.O., Medeiros, F.S., Pereira, C.H., Swanson, K.C., McManus, C. (2015). Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in confinement or supplemented at pasture. *Animal*, 9(6), 966-972.

Pinho, A.P.S., Barcellos, J.O.J., Peripolli, V., Kindlein, L., Araújo, J.R., Filho, D.C.A. (2011). Perfil lipídico da gordura intramuscular de cortes e marcas comerciais de carne bovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 1134-1142.

Pires, I.S.C., Posado, G.P., Costa, N.M.B., Monteiro, J.B.R., Oliveira, R.S., Jaeger, S.M.P.L., & Mourão, D.M. (2008). Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de novilho precoce alimentado com lipídeos protegidos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 178-183.

Purchas, R. W., & Barton, R. A. (1976). The tenderness of meat of several breeds of cattle raised under New Zealand pastoral conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 19(4), 421-428.

Rossato, L.V., Bressan, M.C., Rodrigues, E.C., Gama, L.T., Bessa, R.J.B., & Alves, S.P.A. Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. (2010). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(5), 1127-1134.

Salminen, I.; Mutanen, M.; Jauhiainen, M.; Aro, A. (1998). Dietary *trans* fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 9, 93-98.

Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.

Shackelford, S.D.; Wheeler, T.L.; Koohmaraie, M. (1995). Relationship between Shear Force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos Taurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 3333-3340.

Silva, D. J., & Queiroz, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

Silva, R.M., Restle, J., Missio, R.L., Lage, M.E., Pacheco, P.S., Bilego, U.O., Pádua, J.T., & Fausto, D.A. (2014). Perfil de ácidos graxos da carne de novilhos europeus e zebuínos alimentados com milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(1), 63-70.

Silva, L.H.P., Paulino, P.V.R, Assis, G.J.F, Assis, D.E.F, Estrada, M.M., Silva, M.C., Silva, J.C., Martins, T.S., Filho, S.C.V., Paulino, M.F., Chizzotti, M.L. (2017). Effect of post-weaning growth rate on carcass traits and meat quality of Nellore cattle. *Meat Science*, 123, 192-197.

Smith, S.B., Gill, C.A., Lunt, D.K., & Brooks, M.A. (2009). Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22, 1225-1233.

Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L. R., Andersen, H. R., & Sejrsen, K. (2000b). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54(2), 187-195.

Voyle, C. A. (1969). Some observations on the histology of cold-shortened muscle. *Journal of Food Technology*, 4, 275-281.

Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., & Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66(1), 21-32.

Zembayashi, M.; Nishimura, K.; Lunt, D.K.; Smith, S.B. (1995). Effects of breed type and sex on fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3325-3332.

Considerações finais

A utilização de modelos de predição, incluindo medidas de carcaça obtidas por ultrassom como preditores para peso dos cortes comerciais individuais, resultou em equações semelhantes às que utilizam medidas realizadas diretamente na carcaça. Dessa forma, possibilita-se realizar essas medidas nos animais vivos, gerando benefícios aos produtores, visando a seleção dos animais e desossadores com maior rendimento comercial.

O estudo de equações preditivas no animal vivo pode auxiliar os programas de produção de carne de qualidade e programas de melhoramento genético, possibilitando a sua aplicação em um grande número de animais.

Em função da maior disponibilidade do consumidor em pagar mais por uma carne de qualidade superior, bem como a preocupação crescente com aspectos relacionados a saúde, a presente tese também enfocou na caracterização da carne bovina, produzida a pasto, principal sistema de produção no sul do Brasil.

Dados da porção comestível de novilhos das raças Angus, Brangus e Braford, criados e terminados a pasto no sul do Brasil, são escassos. Os resultados obtidos demonstram que os novilhos das raças Angus, Brangus e Braford, apresentam a carne com padrões aceitáveis de qualidade.

Cabe ressaltar a relevância deste trabalho em gerar informações que podem ser utilizadas na seleção de animais melhoradores, criados e terminados em sistema de produção a pasto no sul do Brasil, tanto para as características quantitativas/qualitativas da carcaça e da carne, podendo auxiliar o produtor e a indústria frigorífica no direcionamento da produção.

Referências

- ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Relatório Anual 2018**. [São Paulo], 2019. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/Sumario.aspx>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- ABRIL, M. *et al.* Beef Colour evolution as a function of ultimate pH. **Meat Science**, Barking, v. 58, p. 69-78, 2001.
- ABULARACH, M. L. S.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé (m. L. dorsi) de touros jovens da raça Nelore. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, p. 205-210, 1998.
- AIKEN, G.; ROUQUETTE, F. M.; BROWN, A. H. Sources of error for ultrasonic measurements of steer composition traits in grazing studies. *In*: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings** [...]. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.1043-1044.
- ALVES, D. D.; BUSCHINELLI DE GOES, R. H.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 135 -139, 2005.
- ALVES, K. R. **Características de carcaça e qualidade da carne de novilhas da raça nelore alimentadas com diferentes teores de substituição do farelo de algodão por torta de girassol**. 2012. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.
- ANDERSEN, H. J, *et al.* Feeding and meat quality: a future approach. **Meat Science**, Barking, v. 70, n. 3, p. 543-554, 2005.
- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.
- AVILÉS, C. *et al.* Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. **Meat Science**, Barking, v. 107, p. 94-103, 2015.
- BAKER, M. *et al.* Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 10, p. 2666-2672, 2006.
- BALAGE, J. M. **Avaliação da qualidade da carne bovina utilizando imagem hiperespectral no infravermelho próximo**. 2017. 140 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- BALDWIN, R. L.; ALLISON, M. J. Rumen metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, n. 2, p. 462-477, 1983.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. New York: John Wiley and Sons, 1979.

BERGEN, R. D. *et al.* Use of live ultrasound, weight and linear measurements to predict carcass composition of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 85, p. 23-35, 2005.

BIANCHINI, W. *et al.* Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos super precoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 2109-2117, 2007.

BLIGH, E.; DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, n. 37, p. 911-917, 1959.

BOND, J. J.; CAN, A. B.; WARNER, R. D. The effect of exercise stress, adrenaline injection and electrical stimulation on changes in quality attributes and proteins in *Semimembranosus* muscle of lamb. **Meat Science**, Barking, v. 68, p. 469-477, 2004.

BONNET, M.; GRUFFAT, D.; HOCQUETTE, J. F. Métabolisme lipidique des tissus musculaires et adipeux. *In*: BAUCHART, D.; PICARD, B. (coord.). **Muscle et viande de ruminant**. Versailles: Quae, 2010. p. 79-88.

BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; & SHORTHOSE, W. R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, Washington, v. 36, n. 3, p. 435-439, 1971.

BRESSAN, M. C. *et al.* Genotype x environment interactions for fatty acid profiles in *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or with grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 1, p. 221-232, 2011.

BRUCE, H. L.; STARK, J. L.; BEILKEN, S. L. The effects of finishing diet and postmortem ageing on the eating quality of the *M. longissimus* thoracis of electrically stimulated Brahman steer carcasses. **Meat Science**, Barking, v. 67, n. 2, p. 261-268, 2004.

BURIAN, J. P. *et al.* Análise sensorial da carne bovina proveniente de animais cruzados terminados a pasto ou confinamento. *In*: JORNADA CIENTÍFICA, 4., 2012, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Embrapa São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste: Embrapa Instrumentação, 2012. p. 98.

BURROW, H. Breed and crossbreeding effects on marbling. *In*: MARBLING SYMPOSIUM, 2001, Rockhampton. **Anais [...]**. Rockhampton: CRC, 2001. Disponível em: http://livestocklibrary.com.au/bitstream/handle/1234/20165/MARB01-Burrow-Effects_on_marbling.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 fev. 2019.

- CALDER, P.C. *et al.* Inflammatory disease processes and interactions with nutrition. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 101, p. 1-45, 2009.
- CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 1, p. 63-80, 2007.
- CAÑEQUE, V. *et al.* Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. **Animal Research**, Cambridge, v. 52, p. 271-285, 2003.
- CARDOSO, L. L. **Estimativas do rendimento comercial de novilhos com a utilização de ultrassom**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- CEZAR, I. M. *et al.* **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005. (Documentos, 51).
- CHUNG, H.; DAVIS, M. PCR-RFLP of the ovine calpastatin gene and its association with growth. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, United States, v. 7, n. 8, p. 641-652, 2012.
- CLIMACO, S. M. *et al.* Características de carcaça e qualidade da carne de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 12, p. 2791-2798, 2011.
- COLEMAN, L. W. *et al.* Carcass characteristics and meat quality of Hereford sired steers born to beef-cross-dairy and Angus breeding cows. **Meat Science**, Barking, v. 121, p. 403-408, 2016.
- CONTRERAS-CASTILLO, C. J. *et al.* The effect of electrical stimulation on post mortem myofibrillar protein degradation and small heat shock protein kinetics in bull beef. **Meat Science**, Barking, v. 113, p. 65–72, 2016.
- COSTA, E. C. *et al.* Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 119-128, 2002.
- COSTA, P. *et al.* Repercussions of growth path on carcass characteristics, meat colour and shear force in Alentejana bulls. **Animal**, Cambridge, v. 9, n. 8, p. 1414–1422, 2015.
- CROSS, H. R.; WEST, R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef Semitendinosus muscle. **Meat Science**, Barking, v. 5, p. 261-266, 1981.

- CULLER, R. D. *et al.* Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, Washington, v. 43, p. 1177-1180, 1978.
- CUVELIER, C. *et al.* Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 3, p. 522-531, 2006.
- DALEY, C. A. *et al.* A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, Boston, v. 9, n.1, p.10, 2010.
- DE SMET, S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research**, Cambridge, v. 53, p. 81-98, 2004.
- DELGADO, E. F.; SORIA, R. F.; LEONARDO, E. F. Estresse durante manejo pré-abate tem implicações fisiológicas modificadoras na qualidade de carne em bovinos de diferentes tipos biológicos. *In*: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE: OTIMIZANDO A PECUÁRIA DE CORTE, 4., 2005, Lavras. **Anais [...]**. Lavras: UFLA, 2005. p. 77-101.
- DESCALZO, A. M.; SANCHO, A. M. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 423–436, 2008.
- DEVINCENZI, T. **Qualidade e traçabilidade do produto cárneo gerado em sistemas pastoris com baixo aporte de insumos**. 2015. 185 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- DIETSCHY, J. M. Dietary fatty acids and the regulation of plasma low density lipoprotein cholesterol. **The Journal of Nutrition**, Boston, v.128, p. 444-448, 1998.
- DRANSFIELD, E. Optimisation of tenderization, ageing and tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 36, p.105-121, 1994.
- DUCKETT, S. K. *et al.* Effects of time on feed on beef nutrient composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2079-2088, 1993.
- DUCKETT, S. K.; ANDRAE, J. G.; OWENS, F. N. Effect of highoil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3353–3360, 2002.
- DUNNE, P. G.; MONAHAN, F. J.; MOLONEY, A. P. Current perspectives on the darker beef often reported from extensively-managed cattle: Does physical

activity play a significant role? **Livestock Science**, Amsterdam, v. 142, p. 1-22, 2011.

EGBERT, W. R.; CORNFORTH, D. P. Factors influencing color of dark cutting beef muscle. **Journal of Food Science**, Washington, v. 51, n. 1, p. 57-65, 1986.

EMENHEISER, J. C. *et al.* Use of ultrasound scanning and body condition score to evaluate composition traits in mature beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 9, p. 3868-3877, 2014.

EMERSON, M. R. *et al.* Effectiveness of USDA instrument-based marbling measurements for categorizing beef carcasses according to differences in longissimus muscle sensory attributes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 1024-1034, 2013.

ENJALBERT, F. *et al.* Review article. Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping. **Journal of Applied Microbiology**, London, v. 123, n. 4, p. 782–797, 2017.

ENSER, M.; SCOLLAN, N. D.; CHOI, N. J. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 49, p. 329-341, 1998.

ERTBJERG, P.; PUOLANNE, E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 132, p. 139-152, 2017.

EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V. P. B. Desenvolvimento recente da pecuária de corte brasileira e suas perspectivas. *In*: PIRES, A. V. (ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. p. 11-40.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização da pastagem. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 33-70. Tema: Teoria e prática da produção animal em pastagens.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED. “How to feed the world in 2050”. High level expert forum. Roma, 2009. Disponível em: (http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf). Acesso em: 21 ago. 2018.

FARRUGGIA, A. *et al.* Quels intérêts de la diversité floristique des prairies permanentes pour les ruminants et les produits animaux? **Productions Animales**, França, v. 21, n. 2, p.181-200, 2008.

FEDRIGO, J. K. **Diferimento e fertilização de pastagem natural em neossolo de basalto na Campanha do Rio Grande do Sul**. 2011. 95 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FELÍCIO, P. E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 36., 1999. Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: SBZ, 1999, p. 89-97.

FERLAY, A. *et al.* Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: a review. **Biochimie**, Paris, v. 141, p. 107-120, 2017.

FERNANDES, A. R. M. *et al.* Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Minas Gerais, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2008.

FERRAZ, J. B. S. *et al.* Avaliação genética de reprodutores e DEPs para qualidade de carcaça. *In: WORKSHOP DE ULTRASSONOGRAFIA PARA AVALIAÇÃO DE CARCAÇA BOVINA*, 1., 2004, Pirassununga. **Anais [...]**. Pirassununga: EDUSP, 2004. p. 1-15.

FERREIRA, E.T. *et al.* Terminação de novilhos de corte Angus e mestiços em pastagem natural na região da Campanha do RS. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 9, p. 2048-2057, 2011.

FERRELL, C.; JENKINS T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford, and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 647- 657, 1998.

FIGUEIREDO, L. G. G. **Estimativas de parâmetros genéticos de características de carcaças feitas por ultrassonografia em bovinos da raça Nelore**. 2001. 67 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2001.

FISHER, A. A review of the technique of estimating the composition of livestock using the velocity of ultrasound. **Computers and Electronics in Agriculture**, Florida, v.17, p. 217-231, 1997.

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE-STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Boston, v. 226, p. 497-509, 1957.

FRANKE, D.E. Postweaning performance and carcass merit of F1 steers sired by Brahman and alternative subtropically adapted breeds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2604–2608, 1997.

FREITAS, A. K. **Características da carcaça, da carne e perfil de ácidos graxos de novilhos Nelore inteiros ou castrados em duas idades**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

FREITAS, A. K. D. **Perfil de ácidos graxos da vegetação e da carne bovina produzida no Bioma Pampa**. 2010. 217 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FREITAS, A. K. D. *et al.* Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in Southern Brazil. **Meat Science**, Barking, v. 96, p. 353-360, 2014.

FRENCH, P. *et al.* Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 2849-2855, 2000.

FRENCH, P. *et al.* Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate based diets. **Meat Science**, Barking, v. 56, n. 2, p. 173-180, 2000.

FRENCH, P. *et al.* Fatty acid composition of intra-muscular triacylglycerols of steers fed autumn grass and concentrates. **Livestock Production Science**, Philadelphia, v. 81, p. 307-317, 2003.

GAGAOUA, M. *et al.* Understanding early post-mortem biochemical processes underlying meat color and pH decline in the *Longissimus thoracis* muscle of young blond d'Aquitaine bulls using protein biomarkers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 63, n. 30, p. 6799-6809, 2015.

GARCIA, P. T. *et al.* Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. **Meat Science**, Barking, v. 79, n.3, p. 500–508, 2008.

GIUSTI, J. *et al.* Expression of genes related to quality of Longissimus dorsi muscle meat in Nellore (*Bos indicus*) and Canchim (5/8 *Bos taurus* x 3/8 *Bos indicus*) cattle. **Meat Science**, Barking, v. 94, p. 247-252, 2013.

GOLL, D. E. *et al.* The calpain system. **Physiological Reviews**, Arizona, v. 83, n. 3, p. 731-801, 2003.

GOMIDE, L. A. M.; GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M. **Ciência e qualidade da carne: fundamentos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013.

GREAT BRITAIN . Department of Health. **Nutritional aspects of cardiovascular**. Great Britain, Department of Health, 1994. (Report on health and social subjects , v. 46).

GREINER, S. P. *et al.* Prediction of retail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 7, p.1736-1742, 2003a.

GREINER, S. P. *et al.* Accuracy of predicting weight and percentage of beef carcass retail product using ultrasound and live animal measures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 7, p. 466-473, 2003b.

GRIINARI, J. M. *et al.* Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase. **Journal of Nutrition**, Boston, v. 130, n. 9, p. 2285-2291, 2000.

HADLICH, J. C. **Metodologias de análises de maciez como parâmetro de qualidade de carne de bovinos de diferentes grupos genéticos e idades.** 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

HAMLIN, K. E. *et al.* Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle diameter: II. Relationships between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1725-1734, 1995.

HAMM, R. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. *In*: BECHTEL, P. J. (ed.). **Muscle as food**. Orlando; London: Academic Press, 1986. p.135-199.

HASSEN, A. *et al.* Evaluation of ultrasound measurements of fat thickness and longissimus muscle area in feedlot cattle: assessment of accuracy and repeatability. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 78, p. 277–285, 1998.

HASSEN, A. *et al.* Evaluation of carcass, live, and real-time ultrasound measures in feedlot cattle: I. Assessment of sex and breed effects. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 273–282, 1999a.

HARPER, G. S. Trends in skeletal muscle biology and the understanding of toughness in beef. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 50, p. 1105-1129, 1999.

HARPER, G. S.; PETHICK, D. W. How might marbling begin? **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, n. 7, p. 653, 2004.

HAUTRIVE, T. P., MARQUES, A. C., & KUBOTA, E. H. Avaliação da composição centesimal, colesterol e perfil de ácidos graxos de cortes cárneos comerciais de avestruz, suíno, bovino e frango. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, p. 327-334, 2012.

HEDRICK, H. B. *et al.* Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, p. 791-801, 1983.

HERRING, W. O. *et al.* Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2216–2226, 1994.

HERRING, W. O. *et al.* Comparison of four real-time ultrasound systems that predict intramuscular fat in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 364-370, 1998.

HOCQUETTE, J. F. *et al.* Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development genetic and nutritional control and identification of putative markers. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 2, p. 303–319, 2010.

HOPKINS, D. L.; LITTLEFIELD, P. J.; THOMPSON, J. M. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. **Meat Science**, Barking, v. 56, p. 19-22, 2000.

HU, F. B. The balance between ω -6 and ω -3 fatty acids and the risk of coronary heart disease. **Nutrition**, Boston, v. 17, n. 9, p. 741-742, 2001.

JENKINS, B. *et al.* A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic acid (C15:0) and heptadecanoic acid (17:0) in health and disease. **Molecules**, Cambridge, v. 20, p. 2425-2444, 2015.

JENKINS, B. *et al.* Peroxisomal 2-Hydroxyacyl-CoA lyase is involved in endogenous biosynthesis of heptadecanoic acid. **Molecules**, Cambridge, v. 22, p. 1718-1723, 2017.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A.; CERVIERI, R. C. Crescimento relativo e composição do ganho de tecidos da carcaça de zebuínos de quatro raças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 986-991, 2003.

KEPLER, C. R. *et al.* Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. **Journal of Biological Chemistry**, Rockville, v. 241, n. 6, p. 1350-1354, 1966.

KOOHMARAIE, M. *et al.* Effect of low-calcium-requiring calcium activated factor on myofibrils under varying pH and temperature conditions. **Journal of Food Science**, Washington, v. 51, p. 28–32, 1986.

KOOHMARAIE, M. *et al.* Beef tenderness: regulation and prediction. *In*: RESEARCH SYMPOSIUM AND ANNUAL MEETING, 26., 1994, Moines; IA. Proceedings [...]. Moines; IA: Beef Improvement Federation, 1994. p. 30-47.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Barking, v. 36, p. 93–104, 1994.

KOOHMARAIE, M.; DOUMIT, M. E.; WHEELER, T. L. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2935-2942, 1996.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulathing the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Barking, v. 43, n. Suppl. 1, p. 193-201, 1996.

KOOHMARAIE, M. *et al.* Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, Barking, v. 62, p. 345-352. 2002.

KOOHMARAIE, M.; GEENSINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 1, p. 34-43, 2006.

KRAMER, J. K. G.; FELLNER, V.; & DUGAN, M. E. R. Evaluating acid and base catalyts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, Dakota, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

KRIS-ETHERTHON, P. M.; YU, S. Individual fatty acid effect on plasma lipids and lipoproteins:human studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 65, p. 1628S-1644S, 1997.

LADEIRA, M. M.; OLIVEIRA, R. L. Estratégias nutricionais para melhoria da carcaça bovina. *In: SIMPÓSIO SOBRE DESAFIOS E NOVAS TECNOLOGIAS NA BOVINOCULTURA DE CORTE*, 2., 2006, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Faculdades Integradas – UPIS, 2006.

LAGE, J. F. *et al.* Papel do sistema calpaína-calpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte. **REDVET – Revista Electronica de Veterinaria**, Andalucía, v. 10, n. 12, p. 1-19, 2010.

LAMBE, N. R. *et al.* The prediction of carcass composition and tissue distribution in the beef cattle using ultrasound scanning at the start and/or end of the finishing period. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 131, p. 193-202, 2010.

LAMBE, N. R. *et al.* Prediction of intramuscular fat content using CT scanning of packaged lamb cuts and relationships with meat eating quality. **Meat Science**, Barking, v. 123, p. 112–119, 2017.

LARICK, D. K.; TURNER, B. E. Flavor characteristics of forage- and rain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. **Journal of Food Science**, Washington, v. 55, n. 2, p. 312-317, 1990.

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

LIU, Y. *et al.* Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. A feasibility study. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 3, p. 1107-1115, 2003.

LOBATO, J. F. P. Tecnologias necessárias para a pecuária de corte eficiente e competitiva. In: Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos, 6., 2001, Canoas. **Anais [...]**. Canoas: ULBRA, 2001, p. 29-48.

LOBATO, J. F. P.; PILAU, A. Perspectivas do uso de suplementação alimentar em sistema a pasto. In: SIMPÓSIO SOBRE A PRODUÇÃO ANIMAL E A SEGURANÇA ALIMENTAR/ REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. 1 CD-ROM.

LOBATO, J. F. P. *et al.* Brazilian beef produced on pastures: Sustainable and healthy. **Meat Science**, Barking, v. 98, p. 336-345, 2014.

LOMIWES, D. *et al.* The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 1, p. 646–65, 2014.

LOPES, J. S. *et al.* Metanálise para características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2278-2284, 2008.

LOPES, D. T. **Estudo genético quantitativo de características andrológicas e de carcaça, medidas *in vivo* por ultrassonografia, em touros da raça Nelore, utilizando inferência bayesiana**. 2009. 128 f. Tese (Doutorado em Produção Animal)- Escola de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

LOPES, L. S. *et al.* Composição química e de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi* e da gordura subcutânea de tourinhos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 4, p. 978-985, 2012.

LUCIARI FILHO, A. **Characterization and prediction of carcass cutability traits of zebu and crossbreed types of cattle produced in southeast Brazil**. 1986. 89 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Kansas State University, Manhattan 1986.

LUCIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. Pirassununga: [Ed. Autor], 2000. 134 p.

LUSK, J. L. *et al.* Utilizing ultrasound technology to improve livestock marketing decisions. **Review of Agricultural Economics**, Oxônia, v. 25, n.1, p. 203-217, 2003.

LYNCH, N.M.; KASTNER, C.L.; KROPP, D.H. Consumer acceptance of vacuum packaged ground beef as influenced by product color and educational materials. **Journal of Food Science**, Washington, v. 51, p. 253-255, 1986.

MADRON, M. S. *et al.* Effect of extruded full fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular and subcutaneous fat in beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 1135-1143, 2007.

MacDOUGALL, D. B. Changes in the colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, London, v. 9, p. 75-88, 1982.

MACEDO, M. P. *et al.* Características de carcaça e composição corporal de touros jovens da raça Nelore terminados em diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1610-1620, 2001.

MacNEIL, M. D. Choice of a predicting equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 57, n. 5, p. 1328-1336, 1983.

MacRAE, J.; O'REILLY, L.; MORGAN, P. Desirable characteristics of animal products from a human health perspective. **Livestock Production Science**, Philadelphia, v. 94, p. 95-103, 2005.

MAENO, H. *et al.* Prediction of carcass composition and individual carcass cuts of Japanese Black steers. **Meat Science**, Barking, v. 96, p.1365-1370, 2014.

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

MARÍA, G. A. *et al.* Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. **Meat Science**, Barking, v. 65, p. 1335–1340, 2003.

MARSH, B. B.; CARSE, W. A. Meat tenderness and the sliding-filament hypothesis. **International Journal of Food Science & Technology**, Washington, v. 9, p. 129-139, 1974.

MARSHALL, D. M. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 2745–2755, 1994.

MAY, S. G. *et al.* Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 1255-1261, 2000.

McAFEE, A. J. *et al.* Red meat from animals offered a grass diet increases plasma and platelet n-3 PUFA in healthy consumers. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 105, p. 80-89, 2011.

McEVERS, T. J. *et al.* Quantification of saleable meat yield using objective measurements captured by video image analysis technology. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 9, p. 3294-3300, 2012.

McKIERNAN, W. A. *et al.* CRC 'Regional combinations' project- effects of genetics and growth paths on beef production and meat quality: experimental design, methods and measurements. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 45, n. 7, p. 959-969, 2005.

MEDEIROS, F. S. **Perfil de ácidos graxos e qualidade de carnes de novilhos terminados em confinamento e em pastagem**. 2008. 154 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MENEZES, A. *et al.* Características da carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos, terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1141-1147, 2005.

MENEZES, L. F. G. **Avaliação de diferentes sistemas de alimentação sobre as características que afetam a qualidade da carcaça e da carne**. 2008. 167 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

MENEZES, L. F. G. *et al.* Características da carcaça e da carne de novilhos superjovens da raça Devon terminados em diferentes sistemas de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 667-676, 2010.

MERA, J. D. R.; PINTO, J. S. S.; CASTILLO, C. J. C. Effect of ultimate pH and ageing on thermal denaturation of bovine muscle proteins. **Meat Science**, Barking, v. 131, p. 25-27, 2017.

METZ, P. M. *et al.* Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes categorias e grupos genéticos, terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2009.

MILLER, R. K. Avaliação instrumental da qualidade da carne. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001. São Pedro. **Anais** [...]. Campinas: ITAL, 2001. p. 179-184.

MIR, P. S. *et al.* Conjugated linoleic acid-enriched beef production. **The American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 79, n. 6, p. 1207-1211, 2004.

MOLONEY, A. P. *et al.* Finishing cattle at pasture at 30 months of age or indoors at 25 months of age: Effects on selected carcass and meat quality characteristics. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 141, p. 17-23, 2011.

MUCHENJE, V. *et al.* Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 20–28, 2008.

MUCHENJE, V. *et al.* Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. **Food Chemistry**, London, v. 112, p. 279–289, 2009.

MULVIHILL, B. Ruminant meat as a source of conjugated linoleic acid (CLA). **British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin**, London, v. 26, n. 4, p. 295-299, 2001.

MUIR, P. D. *et al.* A comparison of animal performance and carcass and meat quality characteristics in Hereford, Hereford x Friesian, and Friesian steers grazed together at pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 43, p.193–205, 2000.

NEATH, K.E. *et al.* Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during post mortem aging. **Meat Science**, Barking, v. 75, p. 499-505, 2007.

NÜERNBERG, K. *et al.* Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. **Livestock Production Science**, Philadelphia, v. 94, p. 137-147, 2005.

OLIVEIRA, L.; CARVALHO, P.C.F.; PRACHE, S. Fat spectro-colorimetric characteristics of lambs switched from a low to a high dietary carotenoid level for various durations before slaughter. **Meat Science**, Barking, v. 92, p. 644-650, 2012.

OLIVEIRA, L. V. **Produção e qualidade da carcaça e da carne de bovinos de corte baseados em sistemas pastoris com ou sem uso de insumos em dois biomas no sul do Brasil**. 2017. 282 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

OLSON, D. G.; PARRISH, F. C. J. R.; STROMER, M. H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. **Journal Food Science**, Australia, v. 41, p. 1036-1041, 1976.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, p. 3138-3150, 1993.

PACHECO, P. S. *et al.* Composição Física da Carcaça e Qualidade da Carne de Novilhos Jovens e Superjovens de Diferentes Grupos Genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1691-1703, 2005.

PAGE, B. T. *et al.* Association of markers in the bovine CAPN gene with meat tenderness in large crossbred populations that sample influential industry sires. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n.12, p. 3474-3481, 2004.

PAPALEO, J. M. *et al.* Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. **Meat Science**, Barking, v. 114, p. 121–129, 2016.

PATINO, H. O. *et al.* Productive performance, meat quality and fatty acid profile of steers finished in confinement or supplemented at pasture. **Animal**, Cambridge, v. 9, n. 6, p. 966-972, 2015.

PEARCE, K. L. *et al.* Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes: a review. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 2, p.111-124, 2011.

PEÑA, F. *et al.* Use of serial ultrasound measures in the study of growth-and breed-related changes of ultrasonic measurements and relationship with carcass measurements in lean cattle breeds. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 1, p. 247-255, 2014.

PEREIRA, P. M. R. C. *et al.* Características de carcaça e qualidade de carne de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1520-1527, 2009.

PERKINS, T.; GREEN, R.; HAMLIN, K. Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p.1002-1010, 1992a.

PERRY, D. Differences in grain versus grass finished beef. *In*: SUNDSTROM, B.; GADEN, B. (ed.). **Findings and outcomes of the Beef CRC**: nutrition, meat science e heath. Armidale: NSW Departament of Primary Industries, 2005. v. 1. CD II.

PINEDA, N. A pecuária de corte no Brasil e no mundo. *In*: VIACAVA, C. *et al.* **Nelore**: o boi ecológico que está conquistando o mundo. São Paulo: Peirópolis, 2000. cap.1, p.13-26.

PINHO, A. P. S.; BARCELLOS, J. O. J.; PERIPOLLI, V. *et al.* Perfil lipídico da gordura intramuscular de cortes e marcas comerciais de carne bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 5, p.1134-1142, 2011.

PINTO, F. M. **Características estruturais, fitossociológicas e produtividade de um campo sobre basalto superficial**. 2011. 217 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PIRES, I. S. C. *et al.* Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de novilho precoce alimentado com lipídeos protegidos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 178-183, 2008.

PORDOMINGO, A. J. *et al.* Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 90, n. 4, p. 939–946, 2012.

PRADO, C. S. *et al.* Comparação de diferentes métodos de avaliação da área de olho de lombo e cobertura de gordura em bovinos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 3, p. 141-149, 2004.

PRADO, I. N. *et al.* Carcass characteristics and chemical composition of the *Longissimus* muscle of Purunã and ½ Purunã vs ½ Canchin bulls. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 21, p. 1296-1302, 2008a.

PRADO, I. N. *et al.* Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of the *Longissimus* muscle of Bulls (*Bos taurus indicus* vs. *Bos taurus taurus*) finished in pasture systems. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 21, p.1449-1457, 2008b.

PRIOLO, A.; MICOL, D.; AGABRIEL, J. Effects of grass feeding systems on ruminant colour and flavour. A review. **Animal Research**, Cambridge, v. 50, n. 3, p. 185-200, 2001.

PULFORD, D. J. *et al.* The intracellular distribution of small heat shock proteins in post mortem beef is determined by ultimate pH. **Meat Science**, Barking, v. 79, p. 623-630, 2008.

PURCHAS, R. W.; BARTON, R. A. The tenderness of meat of several breeds of cattle raised under New Zealand pastoral conditions. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 19, n. 4, p. 421–428, 1976.

PURCHAS, R. W. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. **Meat Science**, Barking, v. 27, p.120-140, 1990.

PURSLOW, P. P.; ARCHILE-CONTRERAS, A.; CHA, M. C. Meat science and muscle biology symposium: Manipulating meat tenderness by increasing the turnover of intramuscular connective tissue. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 3, p. 950–959, 2012.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 599 p.

RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic

acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 113, p. 199-221, 2004.

REALINI, C. E. *et al.* Gluteus medius and rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 1378-1385, 2001.

REALINI, C. E. *et al.* Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 3, p. 567-577, 2004.

RHEE, M. *et al.* Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 534, 2004.

RHOADES, R. D. *et al.* Evaluation of growth-based predictions of carcass fat and marbling at slaughter using ultrasound measurements. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 25, p. 434-442, 2009.

RITCHIE, H. Available technology tools to produce and deliver final products. *In: ASAS ANNUAL MEETING WESTERN SECTION MEETING*, 2002, Montana, USA. Bozeman: Western Section of the American Society of Animal Science, 2001. 1 CD-ROM.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: UNESP, 2000b. 202 p.

ROÇA, R. O. *et al.* Efeitos dos métodos de abate de bovinos na eficiência da sangria. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 244-248, 2001.

RODRIGUES, V. C. *et al.* Fatty acids in meat of buffalo and beef cattle from castrated and young bulls animals. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 434-443, 2004.

ROSSATO, L. V. *et al.* Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p.1841-1846, 2009.

ROSSATO, L. V. *et al.* Parâmetros físico-químicos e perfil de ácidos graxos da carne de bovinos Angus e Nelore terminados em pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 5, p.1127-1134, 2010.

ROTTA, P. P. *et al.* The effects of genetic groups, nutrition, finishing systems and gender of Brazilian cattle on carcass characteristics and beef composition and appearance: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 22, p. 1718-1734, 2009.

RUBIANO, G. A. G. *et al.* Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de bovinos superprecoces das raças Canchim, Nelore e seus mestiços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p.2490-2498, 2009.

SAKAMOTO, L. S. *et al.* Prediction of retail beef yield and fat content from live animal and carcass measurements in Nellore cattle. **Journal of animal Science**, Champaign, v. 92, p. 5230-5238, 2014.

SALMINEN, I. *et al.* A. Dietary *trans* fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human sérum. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Kentucky, v. 9, p. 93-98, 1998.

SAZILI, Q. *et al.* The effect of altered growth rates on the calpain proteolytic system and meat tenderness in cattle. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p.195–201, 2003.

SCHAEFER, E. J. Lipoproteins, nutrition, and heart disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 75, p. 191-212, 2002.

SCOLLAN, N., *et al.* Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, Barking, v. 74, p.17-33, 2006.

SEARLS, G. A.; MADDOCK, R. J.; WULF, D. M. Intramuscular tenderness variations within four muscles of the beef chuck. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 2835-2842, 2005.

SHACKELFORD, S. D. *et al.* An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p.171-177, 1991.

SHACKELFORD, S. D. *et al.* Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield and growth rate. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 857–863, 1994.

SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Relationship between Shear Force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos Taurus* cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3333-3340, 1995.

SILVA, J. A.; PATARATA, L.; MARTINS, C. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. **Meat Science**, Barking, v. 52, p. 453-459, 1999.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, S. L. *et al.* Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultra-som e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1236-1242, 2003.

SILVA, S. L. *et al.* Alterações nas características de carcaça de tourinhos Nelore, avaliados por ultrassom. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 607-612, 2006.

SILVA, S. L. *et al.* Prediction of retail beef yield, trim fat and proportion of high-valued cuts in Nelore cattle using ultrasound live measurements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 9, p. 2025-2031, 2012.

SILVA, L. H. P. *et al.* Effect of post-weaning growth rate on carcass traits and meat quality of Nelore cattle. **Meat Science**, Barking, v.123, p.192-197, 2017.

SILVA SOBRINHO, A. G.; SILVA, A. M. A. Produção de carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, Rio de Janeiro, n. 285, p. 32-44, 2000.

SIMOPOULOS, A.P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 54, p. 438–463, 1991.

SINCLAIR, A. J. Dietary fat and cardiovascular disease: The significance of recent developments for the food industry. **Food Australia**, North Sydney, v. 45, p. 226, 1993.

SMITH, S. B. *et al.* Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 22, p.1225-1233, 2009.

SMITH, G.; GRIFIN, D.; JOHNSON, K. **Meat evaluation handbook**. 2nd ed. Chicago, Illinois: American Meat Science Association, 2013. 160 p.

STARKEY, C. P. *et al.* Explaining the variation in lamb longissimus shear force across and within ageing periods using protein degradation, sarcomere length and collagen characteristics. **Meat Science**, Barking, v. 105, p. 32–37, 2015.

SUGISAWA, L. *et al.* Ultra-sonografia para predição da composição da carcaça de bovinos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 177-185, 2006.

TAIT, J. R.; WILSON, D. E.; ROUSE, G. H. Prediction of retail product and trimmable fat yields from the four primal cuts in beef cattle using ultrasound or carcass data. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1353-1360, 2005.

TAROUCO, J. U. **Determinação dos cortes da carcaça e do corte serrote em novilhos Hereford**. 1991. 132 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, RS, Pelotas, 1991.

TAROUCO, J. U. **Utilização do ultrassom para predição de características de carcaça em bovinos**. 2004. 182 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

TAROUCO, J. U. *et al.* Relação entre medidas ultra-sônicas e espessura de gordura subcutânea ou área de olho de lombo na carcaça em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2074-2084, 2005.

TAROUCO, J. U. *et al.* Comparação entre medidas ultra-sônicas e da carcaça na predição da composição corporal em bovinos. Estimativas do peso e da porcentagem dos cortes comerciais do traseiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2092-2101, 2007.

TEIXEIRA, C. F. A. *et al.* Estatística de Mallows na seleção de modelos de predição da precipitação média mensal e anual no Rio Grande do Sul. **Revista Agro@ambiente On-line**, Roraima, v. 7, n. 2, p. 145-153, 2013.

THERKILDSEN, M. *et al.* Effect of growth rate on tenderness, development and final tenderness of meat from Friesian calves. **Animal Science**, Cambridge, v. 74, p. 253-264, 2002.

THERKILDSEN, M. Muscle protein degradation in bull calves with compensatory growth. **Livestock Production Science**, Philadelphia, v. 98, n. 3, p. 205–218, 2005.

THERKILDSEN, M.; STOLZENBACH, S.; BYRNE, D. V. Sensory profiling of textural properties of meat from dairy cows exposed to a compensatory finishing strategy. **Meat Science**, Barking, v. 87, n. 1, p. 73–80, 2011.

THOMPSON, J. M. Managing meat tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 62, p. 295-308, 2002.

THOMPSON, J. M. The effects of marbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v. 44, p. 645-652, 2004.

TORNBERG, E. Biophysical aspects of meat tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 43, n. 1, p. 175-191, 1996.

ULBRITCH, T. L. V.; SOUTHGATE, D. A. T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, London, v. 338, p. 985-992, 1991.

UNECE-UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **Bovine meat: carcasses and cuts**. New York: United Nations, 2004. Disponível

em:

https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/meat/e/Bovine_2004_e_Publication.pdf. Acesso em: 05 mar. 2019.

VEISETH, E. *et al.* Technical note: comparison of myofibril fragmentation index from fresh and frozen pork and lamb longissimus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, p. 904-906. 2001.

VESTERGAARD M.; OKSBJERG N.; HENCKEL P. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles in young bulls. **Meat Science**, Barking, v. 54, p. 177–185, 2000.

VILJOEN, H.F.; KOCK, H.L.; WEBB, E.C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat Science**, Barking, v. 61, p.181-185, 2002.

VINNARI, M. The future of meat consumption: expert views from Finland. **Technological Forecasting and Social Change**, New Mexico, v. 75, n. 6, p. 893- 904, 2008.

VOYLE, C. A. Some observations on the histology of cold-shortened muscle. **Journal of Food Technology**, Washington, v. 4, p. 275–281, 1969.

WALL, P.B. *et al.* Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 1621-1629. 2004.

WALLACE, M. A; STOUFFER, J. R.; WESTERVELT, R. G. Relationships beef yield from ultrasonic and carcass measurements with retail yield in beef cattle. **Livestock Production Science**, Philadelphia, v. 4, n. 2, p. 153-164, 1977.

WARREN, H. E. *et al.* Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 270-278, 2008.

WHEELER, T. L., KOOHMARAIE, M. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, p. 1232–1238, 1994.

WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROOS, H. R. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 12, p. 4206-4220, 2001.

WHEELER, T. L. *et al.* Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): carcass, yield, and longissimus palatability traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, p. 196–207, 2005.

WHITTAKER, A. D. *et al.* Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 3, p. 942-952, 1992.

WILLIAMS, A. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 2, p.183 - 188, 2002.

WILSON, D. E. Application of ultrasound for genetic improvement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 973-983, 1992.

WILSON, D.E. Improving beef cattle genetics using ultrasound. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 1., 1996, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: [s.n.], 1996. p. 201.

WILSON, D. E. **Real time ultrasound scanning**: study guide. Ames: Iowa State University, 2002.

WOOD, J. D. *et al.* Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 1, p. 21–32, 2003.

WOOD, J. D. *et al.* Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 78, p. 343-358, 2008.

YOKOO, M. J. I. **Estimativas de efeitos genéticos e ambientais para características de carcaça medidas pelo ultra-som em bovinos da raça Nelore**. 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

YOKOO, M. J. *et al.* Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nellore cattle. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 117, n. 2, p. 147-154, 2008.

YOKOO, M. J. I. *et al.* Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 2, p.197-202, 2009.

ZEMBAYASHI, M. *et al.* Effects of breed type and sex on fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 11, p. 3325-3332, 1995.