UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

SAULO DA LUZ E SILVA

Ultrassonografia em tempo real, análise de vídeo imagem e infravermelho como ferramentas para determinação da qualidade da carne bovina

PIRASSUNUNGA – SP
2012

SAULO DA LUZ E SILVA

Ultrassonografia em tempo real, análise de vídeo imagem e infravermelho como ferramentas para determinação da qualidade da carne bovina

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos do concurso público para obtenção do título de Livre Docente no Departamento de Zootecnia.

PIRASSUNUNGA – SP

2012

"O homem que venceu na vida é aquele que viveu bem, riu muitas vezes e amou muito; que conquistou o respeito dos homens inteligentes e o amor das crianças, que preencheu um lugar e cumpriu uma missão; que deixa o mundo melhor do que encontrou, seja com uma flor, um poema ou o salvamento de uma alma; que procurou o melhor nos outros e deu o melhor de si.

R. L. Stevenson

A minha esposa Luciane e as minhas amadas filhas Julia e Gabriela, por darem sentido a minha existência.

Aos meus pais Dioclides e Vilma pelo amor incondicional e pelos grandes esforços para que eu alcançasse meus objetivos.

Aos meus queridos irmãos Nelson, Ângela e Luiz Augusto pelo carinho e apoio de sempre.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar a vida e permitir essa conquista.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para que eu aqui esteja.

Quero agradecer em especial,

Ao Professor Paulo Roberto Leme por todas (muitas) as oportunidades que me proporcionou e proporciona. Somos amigos de verdade!

Ao Professor Jaime Tarouco por ter acreditado em mim desde o começo.

Ao Professor José Bento Sterman Ferraz pelo incentivo em todos os momentos, pelas oportunidades e pela amizade.

Aos professores Evaldo Antonio Lencioni. Titto, José Carlos Machado Nogueira Filho e Angélica Simone Cravo Pereira pelo apoio e amizade.

Aos Professores Arlindo e Roberta pelo incentivo a realização deste trabalho e pela amizade.

Ao Prof. Julio César de Carvalho Balieiro pelo ajuda em todos os momentos e também pela amizade.

Aos amigos Rodrigo, Marina, Alessandra, Thays e Mirele, sem os quais esse projeto não teria sido realizado.

A todos os alunos de graduação e pós-graduação que durante três anos colaboraram para que este projeto tenha sido realizado.

A todos os funcionários do Departamento de Zootecnia (ZAZ) pelo constante apoio.

Aos funcionários do Matadouro Escola pela ajuda incondicional durante todas as atividades de abate e desossa, realizadas em todos esses anos.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pela importância em minha vida e na minha formação.

À FAPESP pelo apoio financeiro nos diversos momentos da minha carreira como aluno e atualmente como pesquisador.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS ..... **iii**

CONSIDERAÇÕES INICIAIS **5**

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA **7**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **18**

CAPÍTULO I **22**

Estimativa do tempo de confinamento para atingir um acabamento de carcaça específico utilizando características avaliadas por ultrassom 22

INTRODUÇÃO 23

MATERIAL E MÉTODOS 25

RESULTADOS E DISCUSSÃO 28

CONCLUSÕES 43

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44

CAPÍTULO II **46**

Estimativa do rendimento de cortes comerciais de bovinos utilizando características avaliadas por imagem na região da quinta costela 46

INTRODUÇÃO 47

MATERIAL E MÉTODOS 48

RESULTADOS E DISCUSSÃO 52

CONCLUSÕES 69

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

CAPÍTULO III **72**

Espectroscopia de infravermelho na região do visível e próximo para avaliação de características qualitativas da carne bovina 72

INTRODUÇÃO 73

MATERIAL E MÉTODOS 74

RESULTADOS E DISCUSSÃO 78

CONCLUSÕES 85

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta tese foi elaborada na forma de capítulos, nos quais são abordados três diferentes temas ligados a minha área de trabalho atual, referentes ao uso de tecnologias para avaliação de características de carcaça e qualidade de carne de bovinos.

Os resultados aqui apresentados são provenientes de um projeto financiando pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), na modalidade de “Auxílio a Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes”, que iniciou em agosto de 2008 com término previsto para julho de 2012.

Os objetivos do projeto são mais amplos do que os apresentados aqui. No entanto, neste material são apresentadas algumas das aplicações das tecnologias alvo dessa pesquisa, que foram a ultrassonografia em tempo real, a análise de imagens e a espectroscopia de infravermelho.

O capítulo I trata sobre a utilização de características de carcaça avaliadas por ultrassonografia para a classificação dos bovinos para abate de acordo com o grau de acabamento das carcaças.

O Capítulo II refere-se ao uso de características de carcaça avaliadas por imagem, na região da 5ª costela, para estimar o rendimento da porção comestível após o abate.

No Capítulo III foi avaliada a utilização da espectroscopia de infravermelho como uma ferramenta para avaliação de características relacionadas a qualidade da carne e a classificação da carne *in natura* de acordo com sua classe de maciez.

Portanto, nesta tese são apresentadas algumas das aplicações dessas tecnologias, para a identificação das características indicadoras do rendimento e da

qualidade da carcaça e da carne, que possam contribuir para o desenvolvimento do setor.

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o agronegócio brasileiro tem ocupado uma posição de destaque no cenário internacional, principalmente devido à estabilidade econômica global e aos crescentes investimentos no desenvolvimento e aplicação de tecnologias. Na agricultura, os investimentos em tecnologia têm sido notáveis, desde o desenvolvimento de produtos e equipamentos adequados para diferentes condições produtivas até o mapeamento da produção via satélite, permitindo aos produtores maiores ganhos em eficiência.

Na pecuária de corte não têm sido diferente, pois os avanços nas áreas de nutrição, reprodução, melhoramento genético e manejo também são evidentes e fizeram com que o Brasil ocupasse uma posição de destaque entre os maiores produtores mundiais de carne, em cerca de duas décadas. Apesar do protecionismo de alguns mercados internacionais e de problemas sanitários e de qualidade da carne, atualmente o Brasil um dos maiores exportadores de carne bovina do mundo (USDA, 2011).

Por outro lado, alguns mercados (e.g. União Européia), têm aumentado constantemente as exigências de maiores informações sobre os produtos consumidos, o que requer uma maior organização e controle de todo o processo produtivo, por parte de seus fornecedores. Segundo Brown (2007 – comunicação pessoal)[1], a demanda por carne da América do Sul com qualidade constante tem aumentado na União Européia, entretanto, problemas sanitários, ambientais, controle (rastreabilidade) e transparência, além da qualidade variável, são alguns dos fatores que ainda limitam um maior acesso da carne brasileira a esse e outros mercados.

[1] BROWN, R. Uma perspectiva européia sobre as tendências a longo prazo da carne da América do Sul – 200-2005/2010/2015. In: INTERNATIONAL MEAT CONFERENCE, São Paulo, 2007.

A produção de carne com qualidade constante engloba uma série de fatores como genética, sexo, idade, fatores nutricionais e de manejo pré e pós-abate. No entanto, para maior controle sobre o rendimento e a qualidade da carne, é fundamental que características indicadoras dessa qualidade sejam continuamente avaliadas, tanto antes como depois do abate.

Por muitos anos, na pecuária de corte brasileira, especial atenção foi dedicada aos aspectos nutricionais, reprodutivos, de manejo e de crescimento dos bovinos de corte, como forma de aumentar a eficiência do sistema de produção. É inegável, que essas características foram, e continuam sendo, os principais pilares para o desenvolvimento e o crescimento da pecuária de corte nacional. Entretanto, a relativa estabilidade econômica mundial e o aumento do poder aquisitivo dos consumidores, têm aumentado o interesse e a exigência pela boa qualidade dos produtos consumidos.

O consumo de carne está diretamente relacionado ao poder aquisitivo dos consumidores, ou seja, o aumento da renda *per capta* implica em um aumento no consumo de carne (Delgado et al., 1999), aumentando, consequentemente, a exigência por produtos de boa qualidade oferecidos de forma constante. No mercado globalizado, a satisfação total das exigências dos consumidores não é opcional, e sim requisito básico para o crescimento e desenvolvimento de qualquer organização.

Nos últimos anos, os aspectos relacionados à segurança alimentar e de preservação do meio ambiente tem adquirido um maior grau de importância na avaliação da “qualidade percebida” pelos consumidores. Concomitantemente, a qualidade sensorial da carne também ocupa posição de destaque. Segundo Dallari

(2007 – comunicação pessoal)[2], em pesquisa realizada com consumidores brasileiros, 73-74% deles consideram a aparência geral da carne (cor e frescor) como o principal fator na decisão de compra, seguida por higiene e limpeza do estabelecimento (60-65%) e qualidade da carne (58-59%), entre outros. Entre os aspectos de qualidade estão a cor (63%), o frescor (52%), o teor de gordura (34%), a maciez (33%) e a procedência (23%).

Como se pode observar, as características sensoriais da carne são de grande importância na avaliação de qualidade pelos consumidores. Em virtude disso, é fundamental o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias que avaliem, de forma objetiva, aspectos relacionados à qualidade da carne, tanto em animais vivos quanto após o abate. Isso contribui para o desenvolvimento de programas que assegurem a produção de uma carne bovina de boa qualidade e com padrão constante, atendendo assim as crescentes exigências dos atuais mercados e possivelmente, em um futuro próximo, de outros mais exigentes, como Japão, Koreia, Canadá e Estados Unidos, entre outros.

Por vários anos, diferentes métodos têm sido testados com o objetivo de estimar o rendimento dos cortes comerciais e atributos ligados à qualidade sensorial da carne, como cor, pH e maciez, de maneira rápida e acurada, sem a necessidade de sacrificar os animais ou danificar as carcaças. Em 1979 o USDA (Departamento de Agricultura Norte-americano) solicitou à NASA (Agência Espacial Norte-americana) um estudo sobre a aplicação das tecnologias utilizadas por essa agência para aplicação na avaliação de carcaças, o que resultou na recomendação da ultrassonografia e a análise de vídeo imagem (AVI) como sendo duas tecnologias que

[2] DALARI, M. Demandas do consumidor e como o varejo vê o mercado. In: INTERNATIONAL MEAT CONFERENCE, São Paulo, 2007.

potencialmente atenderiam esse objetivo (Cross & Whittaker, 1992). Desde então, esforços foram realizados por pesquisadores de vários países, com o objetivo de desenvolver essas tecnologias para aplicação em programas para melhoria da qualidade da carne em bovinos de corte.

A ultrassonografia em tempo real é uma das tecnologias que tem sido extensivamente estudada e utilizada para avaliação de características de carcaça de bovinos de corte e sua utilização continua ganhando popularidade. Resultados de pesquisas indicam que quando os dados são obtidos por técnicos treinados, as correlações entre as medidas por ultrassom e posteriormente na carcaça são altas (Greiner et al., 2003a; Silva et al., 2003).

Com essa tecnologia é possível obter informações, de forma rápida e econômica, sobre a composição da carcaça dos bovinos (Brethour, 2002) e estimar as diferenças genéticas, ainda em idade jovem de sua vida produtiva, para utilização desses resultados em programas de melhoramento genético baseado no mérito de carcaça (Wilson, 1992). Além disso, esta ferramenta possibilita a avaliação de alterações seriadas na composição da carcaça de animais envolvidos em projetos de pesquisa ou criados em diferentes regimes nutricionais e ambientais, auxiliando no avanço tecnológico da pesquisa.

A ultrassonografia também tem sido utilizada na prática, como uma ferramenta auxiliar para os produtores na classificação de animais em grupos homogêneos para abate. Brethour (1990; 1991) utilizaram informações de peso vivo e espessura de gordura subcutânea para agrupar animais de acordo com sua composição corporal para obter carcaças mais uniformes ao abate e observaram um aumento no lucro líquido de até US$ 20,00 por animal abatido, para o grupo de animais classificados com base em medidas de carcaça avaliadas por ultrassonografia, além de outros

fatores, como peso e estrutura corporal. Resultados similares também foram descritos por Sainz e Oltjen (1986), onde informações obtidas por ultrassonografia, aliadas ao peso vivo e ao escore de tamanho (*frame)*, entre outros, reduziram em 22% as variações da espessura de gordura na carcaça, em comparação com um lote de animais não classificado.

Por outro lado, atualmente no Brasil assim com em outros países, a classificação dos animais em lotes, na entrada do confinamento, bem como na venda para o abate, é realizada apenas com base no peso, o que sabidamente não é um bom indicador da composição corporal. De acordo com informações de vários confinadores, mesmo a classificação dos bovinos em lotes com uma variação de peso de 15kg não é suficiente para obter carcaças homogêneas no momento do abate. Consequentemente é necessário a aplicação de tecnologias que permitam um controle mais adequado do sistema de produção em confinamento. Nesse aspecto, a ultrassonografia serve como ferramenta para o agrupamento de animais em lotes com composição corporal homogênea, com o objetivo de padronizar os animais para o abate e reduzir os custos de produção.

Vários trabalhos têm utilizado um escore de tamanho ou estrutura corporal, (*frame*), como uma forma de auxiliar na classificação de animais em grupos para abate em igual acabamento. O *frame* é uma medida linear, obtida a partir de uma equação matemática que utiliza a idade e a altura na garupa (BIF, 1996), como um indicativo dos pesos de abate nos quais os animais apresentarão a mesma composição de carcaça. Portanto, animais de um mesmo *frame* atingirão a mesma composição de carcaça com um peso semelhante. Destas forma, o objetivo de se utilizar o *frame* é proporcionar uma forma de classificar animais em grupos que

provavelmente atingirão uma composição ótima com pesos similares, uma vez que existe uma grande variação de peso em animais com o mesmo grau de acabamento.

Outra tecnologia que tem sido amplamente utilizada em diferentes áreas do conhecimento, e mais recentemente aplicada em estudos relacionados à produção animal é a análise de vídeo imagem (AVI). Aliando procedimentos de inteligência artificial e AVI, é possível avaliar características indicadoras do rendimento e qualidade da carne, de forma rápida, objetiva e com alta repetibilidade, sem grandes interferências nas atividades de rotina dos produtores e da indústria. Segundo Swatland (1995), somente métodos rápidos, consistentes, acurados, não destrutíveis e de custo razoável interessam a indústria.

Estudos sobre o potencial do uso de AVI para obtenção de dados de carcaças foram inicialmente conduzidos nos anos 80 na Dinamarca e França (Allen, 2003). Desde então, as pesquisas nessa área evoluíram bastante, e atualmente, essa tecnologia já é utilizada com propósitos práticos, em países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, França, Alemanha e Uruguai.

Um exemplo da utilização prática da AVI foi descrita por Alonso et al. (2007), que estudaram um método para avaliação de características corporais de interesse econômico em bovinos vivos. Os autores relataram que o através desse método foi possível avaliar corretamente as características corporais, com uma alta repetibilidade. Características avaliadas por AVI combinada com medidas de ultrassonografia foram utilizadas por Basarab et al. (1997, 1999) como ferramentas para classificação de animais no confinamento e os resultados indicaram a potencialidade da utilização dessas duas tecnologias como forma de aumentar a uniformidade dos animais ao abate e também a lucratividade do sistema.

A tecnologia de AVI pode ser facilmente utilizada para determinar algumas características corporais em animais, como, por exemplo, a altura na garupa, utilizada para determinação do *frame* dos animais.

A AVI também tem sido utilizada como uma ferramenta para classificação das carcaças na linha de abate, a partir de informações de conformação, grau de acabamento, cor da gordura, com alta repetibilidade e melhores resultados que os obtidos pela classificação visual (Borggaard et al., 1996).

Recentemente, a indústria da carne brasileira criou programas de incentivo à produção de carcaças com características específicas (peso da carcaça, idade do animal e grau de acabamento), com bônus para as que se enquadram nessas especificações e descontos para as que não se enquadram. No entanto, o grau de acabamento é um dos critérios que mais desclassifica as carcaças, uma vez que a idade e o peso são mais facilmente controlados pelo produtor. Adicionalmente, o aumento da utilização de animais não castrados em confinamento e a criação a pasto contribuem para o aumento desse problema. Além disso, a classificação de acabamento das carcaças durante o abate é realizada visualmente, ou seja, de forma subjetiva, por técnicos da própria indústria, o que, normalmente, é alvo de críticas dos produtores (Allen e Finnerty, 2001), pelas razões descritas anteriormente. Portanto, a utilização de um sistema de classificação automatizada e objetiva seria de grande benefício tanto para a indústria como para produtores.

Outra avaliação importante, na qual a ultrassonografia e a AVI podem ser utilizadas, é para a estimativa do rendimento da porção comestível dos animais. A área do músculo *Longissimus* e a espessura de gordura subcutânea medida na região da 12ª costelas, aliados ao peso vivo ou da carcaça têm sido as características mais utilizadas como estimadoras do rendimento dos cortes comerciais, e podem ser

avaliadas com um alto grau de acurácia, tanto nos animais vivos por ultrassonografia (Greiner et al., 2003b; Silva et al., 2003), quanto nas carcaças após o abate por AVI (Steiner et al., 2003a). Segundo Boggs e Merkel (1990) a área do músculo *Longissimus* medida na região da 12ª costela é amplamente utilizada como um indicador da musculosidade da carcaça, enquanto a espessura de gordura subcutânea está relacionada à percentagem dos cortes comerciais e também a características de qualidade da carne.

É possível encontrar na literatura internacional vários estudos que utilizaram dados obtidos por ultrassonografia nos animais vivos (Herring et al., 1994; Wolcott et al., 2001; Sakowski et al., 2002; Greiner et al., 2003b; Steiner et al., 2003b; Tait et al., 2005) e dados de carcaça, obtidos diretamente (Epley et al., 1970; Schackelford et al., 1995) ou por AVI (Cannell et al., 1999; Sakowski et al., 2002; Steiner et al., 2003b; Lu e Tan, 2004), para estimar o rendimento da porção comestível. De forma geral, os resultados demonstram que as equações que utilizaram medidas obtidas nos animais vivos foram similares, quanto ao seu poder de predição, em relação àquelas utilizando medidas obtidas na carcaça.

Entre as características sensoriais relacionadas à qualidade da carne, a maciez é considerada a mais importante (40%), seguida pela aparência geral (30%), sabor (20%) e suculência (10%). Por estar relacionada a uma série de fatores pré e pós-abate, a maciez é uma das características mais difíceis de ser controlada. A raça, o sexo, o manejo nutricional, o transporte, o estresse pré-abate, o sistema de resfriamento e o pH, entre outros, são alguns dos fatores que podem, isoladamente ou em combinação, influenciar a maciez da carne dos bovinos. Entretanto, alguns desses fatores podem causar alterações em algumas características da carne, como na cor e na aparência das fibras musculares, possibilitando a detecção de processos

anormais no pré ou pós-abate que possam alterar a maciez da mesma. Baseados nisso, alguns sistemas utilizam a AVI e inteligência artificial (redes neurais artificiais) para identificar características específicas que possam estar relacionadas à maciez da carne, classificando-as como macias ou não. Além disso, a partir das características obtidas por AVI é possível estimar a percentagem de gordura intramuscular (Kuchida et al., 2000), o pH (Belk et al., 2000) e também a palatabilidade da carne (Belk et al., 2000).

Recentemente, a espectroscopia de infravermelho na região do visível e próximo (NIRS) também tem sido utilizada com o objetivo estimar características relacionadas à qualidade da carne após o abate. O NIRS é uma técnica analítica que utiliza uma fonte de luz com comprimento de onda com padrão conhecido (normalmente 400 a 2.500 nm), que possibilita uma leitura completa da composição orgânica da substância ou material analisado (Van Kempen, 2001), baseado no princípio de que diferentes ligações químicas na matéria orgânica absorvem ou emitem luzes de diferentes comprimentos de onda, quando a amostra é irradiada (Prevolnik et al., 2004), possibilitando a associação do espectro resultante da leitura com a composição química e física da amostra analisada (Price et al., 2008). Atualmente, essa tecnologia é amplamente utilizada em diferentes áreas, para a análise de alimentos.

De acordo com Andrés et al. (2007) a tecnologia do NIRS permite uma completa informação sobre as ligações moleculares e os constituintes químicos da amostra analisada e, portanto, é uma ferramenta conveniente para medidas de qualidade. Ainda, de acordo com o mesmo autor, variações na arquitetura intramuscular não afetam somente a maciez, mas também a penetração da luz no

músculo, resultando em uma mudança na absorbância das ondas eletromagnéticas em cortes mais macios/duros.

Estudos realizados para avaliar a viabilidade de utilização do NIRS para avaliação de características qualitativas e quantitativas da carne de bovinos (Liu et al., 2003; Xia et al., 2007, Shackelford et al., 2012a,b), ovinos (Andrés et al., 2007) e suínos (Martin et al., 2005) demonstraram que essa tecnologia pode ser utilizada como uma ferramenta eficiente para discriminar variações nessas características. Adicionalmente, com esses dispositivos acoplados a computadores é possível avaliar um grande número de carcaças na linha de abate (348 carcaças/hora; Shackelford et al., 2004), indicando a viabilidade de utilização em plantas frigoríficas comerciais, como ferramenta auxiliar na avaliação de características da carne.

Outra característica diferencial no sistema brasileiro de produção de carne que dificulta a realização de estudos relacionados a características de carcaça é o ponto anatômico onde é realizada a separação das carcaças. Normalmente, no Brasil as carcaças são divididas na região entre a 5ª e a 6ª costelas, diferente de outros países como EUA e Canadá onde a separação é realizada entre a 12ª e a 13ª costelas. Em condições comerciais brasileiras, o corte das carcaças entre a 12ª e 13ª costelas gera grande resistência por parte da indústria pelo fato de causar desvalorização em um dos cortes mais nobres da carcaça (contrafilé).

Entretanto, em países como o Japão, as carcaças dos bovinos são divididas na região entre a 6ª e a 7ª costelas, ou seja, bastante similar ao sistema brasileiro, onde são avaliadas características como a área de olho de lombo, espessura de gordura externa e interna, espessura da área da costela e peso de carcaça para estimar o rendimento da porção comestível, além de características indicadoras de qualidade como marmorização, cor da carne e da gordura além da textura e firmeza da mesma.

Recentemente, Osawa et al. (2008) estimaram parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por vídeo imagem na região entre a 6ª e a 7ª costelas e animais da raça “Japanese Black” e concluíram que as estimativas de herdabilidades observadas na maioria das características avaliadas por vídeo imagem foram de moderada a alta magnitudes, sugerindo que estas características podem ser uma alternativa para o atual sistema subjetivo (visual) de avaliação.

No Brasil, as pesquisas relacionadas à avaliação objetiva da carcaça e da carne ainda são incipientes ou inexistentes, principalmente no caso das tecnologias citadas anteriormente. Além disso, os resultados obtidos em pesquisas conduzidas em outros países não são diretamente aplicáveis às condições brasileiras, especialmente pelas diferenças existentes em relação à(s) raça(s) e aos sistemas de produção.

Portanto, a pesquisa, o desenvolvimento e a utilização dessas tecnologias, são de fundamental importância para os produtores e para a indústria brasileira, que podem utilizar essas informações para direcionar seus produtos e sistemas de produção para atender às exigências dos diferentes mercados.

Frente ao exposto, este trabalho foi desenvolvido para avaliar a viabilidade de utilização da ultrassonografia em tempo real, análise de imagens e espectroscopia de infravermelho como ferramentas para avaliar características relacionadas ao rendimento e a qualidade da carne, e oferecer soluções para os diferentes segmentos da cadeia produtiva otimizarem seus sistemas de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P. Beef carcass grading in Europe and U.S.A. – The prospects for use VIA systems. IN: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 48, 2003. **Proceedings…** Campinas:2003, p.96-101.

ALLEN, P.; FINNERTY, N. Mechanical grading of beef carcasses. Disponível na internet via WWW. URL: http://www.teagasc.ie/research/reports/foodprocessing/4659/eopr-4659.htm. Texto capturado em 10/02/2002.

ALONSO, J.; BAHAMONDE, A.; VILLA, A.; CASTAÑÓN, A.R. Morphological assessment of beef cattle according to carcass value. **Livestock Science**, v.107, p.265-273, 2007.

ANDRÉS, S.; MURRAY, I.; NAVAJAS, E.A.; FISHER, A.V.; LAMBE; N.R.; BÜNGER, L. Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, v.76, p.50-516, 2007.

BASARAB, J.A.; MILLIGAN, D.; McKINNON, J.J.; THORLAKSON, B.E. Potential use of imaging and real-time ultrasound on incoming feeder steers to improve carcass uniformity. **Canadian Journal of Animal Science***,* v.77, p.385-392, 1997.

BASARAB J. A.; BRETHOUR J. R.; ZOBELL D. R.; GRAHAM B. Sorting feeder cattle with a system that integrates ultrasound backfat and marbling estimates with a model that maximizes feedlot profitability in value-based marketing. **Canadian Journal of Animal Science**, v.79, p.327-334, 1999.

BEEF IMPROVEMENT FEDERATION – BIF. Guidelines for uniform beef improvement programs. Disponível na internet via WWW. http://www.beefimprovement.org/library/06guidelines.pdf. Acessado em 20/05/20127.

BELK, K.E.; SCANGA, J.A.; WYLE, A.M. ; SMITH, G.C. Prediction of beef palatability using instruments. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION CONVENTION, 2000. **Proceedings…** Wichita:2000, 15p.

BORGGAARD, N.T.; MADSEN, N.T.; THODBERG, H.H. In-line image analysis in the slaughter industry, illustrated by beef carcass classification. **Meat Science**, v.43, p.151-163, 1996.

BOGS, D.L.; MERKEL, R.A. Live cattle evaluation, grading and pricing. In: **Live Animal Carcass Evaluation and Selection Manual**. 3ed. Ed.Kendal/Hunt Publishing Company. Dubuque:1990. 221p.

BRETHOUR, J.R. Relationship of steer feedlot performance to ultrasound-measured backfat thickness. **In: Kansas State Agricultural Experimental Reports of Progress 597.** p.31, 1990.

BRETHOUR, J.R. Sorting feedlot cattle for more profitable marketing. **In: Kansas State Agricultural Experimental Reports of Progress 627.** p.12, 1991.

BRETHOUR, J.R. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. **Journal of Animal Science,** v.78, p.2055-2061, 2002.

CANNELL, R.C.; TATUM, J.D.; BELK, K.E.; WISE, J.W.; CLAYTON, R.P.; SMITH, G.C. Dual-component video image analysis system (VIASCAN) as a predictor of beef carcass red meat yield percentage and for augmenting application of USDA yield grades. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2942-2950, 1999.

CROWDER, M.J.; HAND, D.J. Analysis of repeated mesures. London: Chapman & Hall, 1990, 257p.

CROSS, H.R.; WHITTAKER, A.D. The role of instrument grading in a beef value-based marketing system. **Journal of Animal Science,** v.70, p.984-989, 1992.

DELGADO, C.; ROSEGRANT, M.; STEINFELD, H.; EHUI, SIMEON; COURBOIS, C. Livestock to 2020: The next food revolution. **International Food Police Research Institute Report.** 1999, 83p.

EPLEY, R.J.; HEDRICK, H.B.; STRINGER, W.C.; HUTCHESON, D.P. Prediction of weight and percent retail cuts of beef using five carcass measurements. **Journal of Animal Science**, 30, 872-879, 1970.

GREINER, S.P.; ROUSE, G.H.; WILSON, D.E.; CUNDIFF, L.V.; WHEELER, T.L. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.81, p.676-682, 2003a.

GREINER, S.P.; ROUSE, G.H.; WILSON, D.E.; CUNDIFF, L.V.; WHEELER, T.L. Accuracy of predicting weight and percentage pf beef carcass retail product using ultrasound and live animal measures. **Journal of Animal Science**, v.81, p.466-473, 2003b.

HERRING, W.O.; WILLIAMS, S.E.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L.; MILLER, D.C. Comparison of live and carcass equations predicting percentage of cutability, retail product weight, and trimmable fat in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1107-1118, 1994.

KUCHIDA, K.; KONO, S.; KONISHI, K.; VAN VLECK, L.D.; SUZUKI, M.; MIYOSHI, S. Prediction of crude fat content of longissimus muscle of beef using the ratio of fat area calculated from computer image analysis: Comparison of regression equations for prediction using different input devices at different stations. **Journal of Animal Science**, v.78, p.799-803, 2000.

LIU, Y.; LYON, B.G.; WINDHAM, W.R.; REALINI, C.E.; PRINGLE, T.D.D.; DUCKETT, S. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. A feasibility study. **Meat Science**, v.65, p.1107-1115, 2003.

LU, W. & TAN, J. Analysis of image-based measurements and USDA characteristics as predictors of beef lean yield. **Meat Science**, v.66, p.483-491, 2004.

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

OSAWA, T.; KUCHIDA, K.; HIDAKA, S.; KATO, T. Genetic parameters for image analysis on M. longissimus thoracis and M. trapezius of carcass cross section in Japanese Black Steers. **Journal of Animal Science**, v.86, p.40-46, 2008.

PREVOLNIK, M.; CANDEK-POTOKAR, M.; SLKORJANC, D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality – a review. **Czech Journal of Animal Sicence**, v.49, p.500-510, 2004.

PRICE, D.M.; HILTON, G.G.; VANOVERBEKE, D.L.; MORGAN, J.B. Using the near-infrared (VIS-NIR) system to sort various beef “Middle and end muscle cuts” into tenderness category. **Journal of Animal Science**,

SAINZ, R.D.; OLTJEN, J.W. Improving uniformity of feeder steers using ultrasound and computer modeling. **In: Proc. West. Sec. Am. Soc. Anim. Sci.**, p.179-181, 1994.

SAKOSWSKI, T.; SLONIEWSKY, K.; REKLEWSKI, Z. Using digital image analysis and ultrasound measurements for a pré-slaughter evaluation of carcass qualitative traits in cattle. **Animal Sience Papers and Reports**, v.20, p.111-123.

SHACKELFORD, S.D.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K.E.; KOOHMARAIE, M. Predicting beef carcass cutability. ***Journal of Animal Science***, v.73, p.406-413, 1995.

SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Development of optimal protocol for visible and near-infrared reflectance spectroscopic evaluation of meat quality. ***Meat Science***, v.68, p.371-381, 2004.

SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L., KING, D. A., KOOHMARAIE, M. (2012a) Technical note: Validation of a model for online classification of US Select beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Animal Science**, n.90, p.973-977.

SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L., KING, D. A., KOOHMARAIE, M. (2012b) Field testing of a system for online classification of beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Animal Science**, n.90, p.978-988.

SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M. 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**, v.32, p.1236-1242, 2003.

STEINER, R.; VOTE, D.J.; BELK, K.E.; SCANGA, J.A. ; WISE, J.W. ; TATUM ; J.D. ; SMITH, G.C. Accuracy and repeatability of beef carcass longissimus muscle area measurements. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1980-1988, 2003a.

STEINER, R.; WYLE, A.M.; VOTE, D.J.; BELK, K.E. ; SCANGA, J.A. ; WISE, J.W. ; TATUM ; J.D. ; SMITH, G.C. Real-time augmentation of USDA yield grade application

to beef carcasses using video image analysis. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2239-2246, 2003b.

SWATLAND, H.J. On-line evaluation of meat. Ed. CRC Press, Pennsylvania:1995. 347p.

TAIT, R.G. ; 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**, v.83, p.1353-1360, 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Livestock and poultry: World markets and trade. **United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service.** Washington, D.C., 2012.

VAN KEMPEN, L. Infrared technology in animal production. **World´s Poultry Science Journal**, v.57, p.29-48.

XIA, J.J.; BERG, E.P.; LEE, J.W.; YAO, G. Characterizing beef muscles with optical scattering and absorption coefficients in VIS-NIR region. **Meat Science**, v.75, p.78-83, 2007.

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

WOLCOTT, M.L.; THOMPSON, J.M.; PERRY, D. The prediction of retail beef yield from real time ultrasound measurements on live animal at three stages through growout and finishing. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1005-1011, 2001.

CAPÍTULO I

Estimativa do tempo de confinamento para atingir um acabamento de carcaça específico utilizando características avaliadas por ultrassom

RESUMO: Este trabalho foi realizado para avaliar as correlações entre medidas da carcaça avaliadas por ultrassonografia em diferentes períodos de confinamento e também estuda o seu uso na estimativa do tempo de confinamento necessário para atingir um grau de acabamento específico. Duzentos e seis bovinos da raça Nelore (103 castrados e 103 não castrados) foram confinados por períodos de 56 a 140 dias e avaliados por ultrassonografia para determinação da área de olho de lombo (AOLU) e espessura de gordura subcutânea (EGSU) na região entre a 12ª e a 13ª costelas, espessura de gordura subcutânea na picanha (EGPU). No início do confinamento foi determinada a altura da garupa dos animais para determinação do escore de tamanho. O peso vivo e as características de carcaça foram avaliadas a cada 28 dias. O peso vivo apresentou baixas correlações ($r < 0,50$) com a EGSU no momento do abate, independente do momento da avaliação, enquanto que a EGSU apresentou as melhores correlações com a gordura ao abate, com valores mais altos, quando elas foram obtidas 28 dias após o início do confinamento, tanto nos animais castrados quanto não castrados. A EGPU apresentou correlações moderadas com a EGSU. As equações de regressão explicaram entre 5 a 59% da variação do número de dias em confinamento para atingir um grau de acabamento específico, com maior acurácia quando foram utilizadas medidas obtidas mais próximas ao abate. Entretanto, os erros padrão de predição foram altos para todas as equações. As características de carcaça, aliadas ao escore de tamanho podem ser utilizadas em conjunto com o peso vivo dos animais, visando uma maior homogeneidade das características de carcaça no momento do abate. No entanto, estudos adicionais são necessários para o aprimoramento desses modelos e para a validação dos mesmos em outros grupos de animais.

Palavras-chave: Bovinos, classificação de animais, espessura de gordura, ultrassonografia

INTRODUÇÃO

Na pecuária de corte, assim como em outros segmentos produtivos, o uso adequado dos recursos e tecnologias disponíveis é fundamental para aumento da eficiência produtiva e, consequentemente, para a manutenção da competitividade nos mercados globalizados.

Nos últimos anos, a pecuária de corte brasileira vem passando por intensas transformações, que tem resultado em grandes aumentos tanto na produção quanto exportação de carne bovina, exercendo um papel importante no mercado internacional de carnes. Uma das ferramentas que tem permitido esse aumento da produtividade é a utilização do confinamento, que aumenta a regularidade de oferta de animais para o abate e melhora a padronização das carcaças desses animais.

No Brasil, assim como em outros países, a entrada e saída dos animais nos confinamentos é normalmente realizada em lotes, onde todos os animais de um determinado piquete são abatidos em um mesmo dia e com um mesmo número de dias em confinamento. De acordo com Kempster e Owen (1981) as definições do ponto de abate são realizadas geralmente em idades ou pesos fixos em vez de níveis de acabamento fixo, pois estes são mais difíceis de serem determinados.

Essa prática leva a uma menor eficiência do sistema, uma vez que existe uma grande variação na composição corporal de animais com peso ou idade semelhantes. Em uma auditoria realizada por Boleman et al. (1998), para determinar e quantificar as perdas no sistema de produção de bovinos nos EUA, foi observado que uma substancial proporção do rebanho bovino daquele país não era alimentada durante um número adequado de dias. Segundos os mesmos autores, 25% das carcaças avaliadas apresentaram mais de 15 mm de espessura de gordura subcutânea, indicando que os animais foram alimentados por muito tempo e consequentemente

apresentaram excesso de gordura, além de representar um maior custo e desperdício de alimentos.

Segundo Brethour (2000), é necessário um método objetivo para determinar o número de dias que um bovino precisa ser alimentado com uma dieta específica, com o propósito de melhorar a qualidade da carcaça, de atingir características desejadas pelos frigoríficos e de explorar a eficiência do ganho de carcaça, que podem ser atingidas com dietas de alto concentrado. Nesse sentido, a ultrassonografia serve como ferramenta para o agrupamento de animais em lotes com composição corporal homogênea, pois segundo Wilson (1992), a utilização da ultrassonografia para estimar a proporção de músculo e quantidade de gordura é mais acurada do que o peso vivo ou outras características facilmente medidas.

Brethour (1990; 1991) utilizaram informações de peso vivo e espessura de gordura subcutânea para agrupar animais de acordo com sua composição corporal para obter carcaças mais uniformes ao abate e observaram um aumento no lucro líquido de até US$ 20,00 por animal abatido. O mesmo autor verificou a viabilidade da utilização da ultrassonografia para classificar animais para abate em diferentes dias durante o período de confinamento. De acordo com os resultados obtidos, o ultrassom foi efetivo para estimar o número de dias em confinamento quando os animais possuíam em média 3 mm de EGS. Também segundo o autor, à medida que as estimativas foram realizadas mais próximas ao abate, houve um aumento na acurácia e uma diminuição do erro em dias.

No Brasil, os trabalhos realizados nessa área são inexistentes ou escassos. Alguns deles têm sido realizados utilizando equações desenvolvidas para raças e sistemas de produção de outros países, que não se aplicam diretamente a condições de produção brasileiras, onde os animais iniciam o confinamento com baixa condição

corporal são confinados por períodos curtos. Para isso é importante, conhecer as correlações entre essas características para posteriormente desenvolver modelos matemáticos visando a estimativa do tempo ideal de confinamento, individualmente.

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido para avaliar as correlações entre as características de carcaça avaliadas por ultrassonografia em diferentes fases do confinamento em bovinos Nelore castrados e não castrados, e também estudar a viabilidade da utilização das medidas de carcaça obtidas por ultrassonografia para estimar o tempo ideal de alimentação em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo em Pirassununga, SP.

Durante os anos de 2009, 2010 e 2011 foram avaliados 242 bovinos da raça Nelore (122 machos castrados e 120 machos não castrados), provenientes do rebanho da Universidade de São Paulo, localizado em Pirassununga, SP. O número de animais avaliados foi de 76, 80 e 86, nos anos de 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

Em cada ano, metade dos animais foi castrado após a desmama, com aproximadamente 12 meses de idade e mantidos a pasto, juntamente com os animais não castrados, até o momento do início confinamento.

No início do período confinamento os animais inteiros apresentavam médias de 625±30,5 dias de idade e 372±32,0 kg enquanto os castrados tinham em média 621±28,4 dias de idade e 349±37,1 kg de peso.

Em todos os anos, os animais foram alimentados com dietas de alto concentrado (85%), composto por milho, farelo de soja, casca de soja, glúten de milho, sal mineral e ureia, contendo 14,6% de proteína bruta e 74,5% de NDT. A fonte de volumoso utilizada foi o bagaço de cana de açúcar (15%).

Após um período de adaptação ao confinamento de 14 dias, todos os animais foram pesados (PV) após jejum alimentar de 16h, e em seguida avaliados por ultrassonografia, para determinação de características de carcaça.

Para as avaliações de ultrassonografia foi utilizado um equipamento de ultrassom, marca Aloka, modelo SSD 500 Micrus (Aloka Co. Ltd.), com transdutor linear de 3,5 mHz e 172 mm de comprimento. Foram colhidas duas imagens de cada animal, sendo a primeira da área de olho de lombo (AOLU) e da espessura de gordura subcutânea (EGSU) entre a 12ª e a 13ª costelas e a segunda imagem sobre o músculo *Bíceps femoris* entre o ílio e o ísquio, para a determinação da espessura de gordura sobre este ponto (EGPU). Para a obtenção das imagens para determinação da AOLU e EGSU foi utilizado uma guia acústica acoplada ao transdutor, para um melhor contato com a superfície do animal. As imagens obtidas foram gravadas em um microcomputador portátil e foram analisadas posteriormente, utilizando o software Lince®. As pesagens e as avaliações de ultrassonografia foram repetidas a cada intervalo de 28 dias, até o abate dos animais.

Juntamente com a primeira avaliação dos animais foi obtida a medida da altura da garupa, utilizando-se uma câmera filmadora com a qual foi possível obter uma imagem lateral de cada animal, a partir da qual foi determinada a altura da garupa e posteriormente calculado o escore de tamanho (frame), de acordo com a equação proposta pela BIF (1996): Frame= $-11{,}548 + (0{,}4878 * X_1) - (0{,}0289 * X_2) + (0{,}00001947 * X_2^2) + (0{,}0000334 * X_1 * X_2)$, onde X_1 = altura da garupa, em polegadas e

X_2 = idade do animal, em dias. Posteriormente, o escore de frame foi ajustado para 550 dias de idade.

O abate dos animais foi realizado em quatro grupos a cada ano, após 56, 84, 112 ou 140 dias de confinamento, sendo que em cada grupo foram abatidos aproximadamente 20 animais. O critério de escolha dos animais para o abate em cada período foi o peso vivo, sendo que os animais mais pesados, dentro de cada condição sexual, foram abatidos, na tentativa de simular as práticas comerciais brasileiras.

A análise do efeito da condição sexual sobre as características de carcaça foram avaliadas por análise de variância, utilizando o modelo *Mixed* do software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC), utilizando o ano e o tempo de confinamento como variáveis aleatórias e a condição sexual como efeito fixo. Para avaliar a relação entre as características de carcaça nos diferentes períodos foram realizadas análises de correlações simples, através do procedimento *Corr* do SAS.

Com base na avaliação inicial e final da EGSU, foi calculado o número de dias necessários para o animal atingir 5mm de espessura de gordura na região da 12ª costela (DIASP5), pela seguinte fórmula: DIASP5 = 5 - (EGSU abate – EGSU inicial / número de dias em confinamento). Posteriormente, a variável DIASP5 foi utilizada como variável dependente em um modelo de regressão, para estimar o tempo de confinamento, utilizando o peso e as medidas de ultrassonografia como variáveis independentes. As equações foram obtidas utilizando o método *stepwise* do procedimento *Corr* do SAS, utilizando-se um critério de 15% de significância para entrada no modelo e 20% para permanência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva das variáveis avaliadas neste estudo, para animais castrados e não castrados, é apresentada nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Estatística descritiva das características de avaliadas nos diferentes períodos de confinamento em machos castrados.

	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Peso, kg					
0 dias	122	351,1	36,5	248,0	428,0
28 dias	122	411,4	40,1	308,0	496,0
56 dias	122	439,2	42,4	333,5	538,0
84 dias	71	470,5	34,9	366,0	539,0
112 dias	66	474,2	37,7	362,0	572,0
140 dias	33	479,7	43,4	374,0	608,0
Área de olho de lombo, cm^2					
0 dias	121	58,8	6,7	44,5	76,3
28 dias	78	62,5	7,3	47,4	82,2
56 dias	122	68,2	7,6	48,5	95,0
84 dias	72	71,0	6,8	52,0	89,6
112 dias	65	71,4	8,6	51,7	90,5
140 dias	34	74,1	8,1	55,0	91,9
Espessura de gordura subcutânea, mm					
0 dias	121	1,7	1,3	0,0	5,4
28 dias	78	3,1	1,5	0,0	7,7
56 dias	122	4,5	1,7	0,0	9,0
84 dias	72	5,7	1,9	1,6	11,2
112 dias	66	6,0	2,1	1,8	11,0
140 dias	34	6,5	2,3	2,3	12,4
Espessura de gordura na picanha, mm					
0 dias	117	3,8	1,9	0,0	8,4
28 dias	78	6,1	2,3	1,9	12,6
56 dias	120	7,6	2,3	2,8	14,3
84 dias	72	8,8	2,1	4,7	14,2
112 dias	66	8,9	2,2	4,0	14,2
140 dias	34	9,7	2,7	5,4	15,9
Escore de tamanho inicial	116	6,3	0,9	4,0	8,7

Tabela 2 – Estatística descritiva das características de avaliadas nos diferentes períodos de confinamento nos machos não castrados.

	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Peso, kg					
0 dias	119	372,7	32,1	306,0	454,0
28 dias	119	438,6	38,8	342,0	550,0
56 dias	119	478,0	44,8	377,0	596,0
84 dias	73	510,5	33,0	422,0	586,0
112 dias	59	524,6	32,8	460,0	592,0
140 dias	29	529,6	30,6	452,0	582,0
Área de olho de lombo, cm^2					
0 dias	119	60,9	6,7	43,2	79,6
28 dias	75	66,4	6,3	49,7	83,2
56 dias	119	73,0	7,6	55,0	93,2
84 dias	70	76,6	6,2	63,5	92,0
112 dias	58	77,8	7,0	56,0	92,3
140 dias	28	79,9	6,1	70,0	92,7
Espessura de gordura subcutânea, mm					
0 dias	119	0,9	1,0	0,0	4,1
28 dias	75	2,4	1,0	0,0	5,1
56 dias	119	3,6	1,4	1,2	8,0
84 dias	70	4,6	1,5	1,5	8,7
112 dias	59	5,0	1,6	1,9	9,7
140 dias	28	6,1	2,3	2,4	10,5
Espessura de gordura na picanha, mm					
0 dias	119	2,4	1,7	0,0	8,4
28 dias	76	4,6	2,1	0,0	10,0
56 dias	119	6,1	2,5	0,0	15,8
84 dias	70	6,9	2,4	2,5	16,2
112 dias	59	7,7	2,3	3,0	14,9
140 dias	28	8,2	2,4	2,0	12,3
Escore de tamanho inicial	117	6,4	1,0	4,0	10,0

A condição sexual dos animais teve efeito sobre a maioria das características de carcaça avaliadas em todos os períodos (P<0,0001), exceto no escore de tamanho que não foi diferente entre animais castrados e não castrados (Tabela 3). Os animais não castrados foram mais pesados e apresentaram maior área de olho de lombo em todos os períodos avaliados (P<0,0001), enquanto que os animais castrados tiveram

maior espessura de gordura subcutânea tanto na região da 12ª costela quanto na picanha em todos os períodos avaliados (P<0,0001).

Tabela 3 – Médias, erros-padrão e probabilidades das características avaliadas em diferentes períodos de confinamento, de acordo com a condição sexual dos animais.

Característica	Condição sexual		Erro padrão	Valor de P
	Castrados	Não castrados		
		Período 1 - 0 dias		
Peso, kg	351	372	3,12	< 0,0001
Escore de tamanho	6	6	0,08	0,3739
Área de olho de lombo, cm^2	58,8	60,8	0,57	< 0,0001
Espessura de gordura subcutânea, mm	1,7	0,9	0,10	< 0,0001
Espessura de gordura na picanha, mm	3,8	2,4	0,17	< 0,0001
		Período 2 - 28 dias		
Peso, kg	412	439	3,62	< 0,0001
Área de olho de lombo, cm^2	62,6	66,1	0,69	< 0,0001
Espessura de gordura subcutânea, mm	3,1	2,4	0,15	< 0,0001
Espessura de gordura na picanha, mm	6,1	4,6	0,25	< 0,0001
		Período 3 - 56 dias		
Peso, kg	439	476	3,59	< 0,0001
Área de olho de lombo, cm^2	68,3	72,8	0,63	< 0,0001
Espessura de gordura subcutânea, mm	4,5	3,6	0,14	< 0,0001
Espessura de gordura na picanha, mm	7,6	6,1	0,22	< 0,0001
		Período 4 - 84 dias		
Peso, kg	475	515	4,31	< 0,0001
Área de olho de lombo, cm^2	70,5	75,8	0,79	< 0,0001
Espessura de gordura subcutânea, mm	5,7	4,6	0,21	< 0,0001
Espessura de gordura na picanha, mm	8,8	6,8	0,28	< 0,0001
		Período 5 - 112 dias		
Peso, kg	475	522	4,12	< 0,0001
Área de olho de lombo, cm^2	71,7	77,4	0,79	< 0,0001
Espessura de gordura subcutânea, mm	6,1	4,9	0,21	< 0,0001
Espessura de gordura na picanha, mm	8,9	7,6	0,28	< 0,0001
		Período 6 - 140 dias		
Peso, kg	481	528	6,73	< 0,0001
Área de olho de lombo, cm^2	74,5	79,3	1,19	< 0,0001
Espessura de gordura subcutânea, mm	6,6	5,9	0,40	< 0,0001
Espessura de gordura na picanha, mm	9,7	8,1	0,47	< 0,0001

Esses resultados estão de acordo com o observado na literatura onde pode ser observado que machos não castrados ganham peso mais rapidamente, apresentam melhor conversão alimentar, depositam menos gordura em comparação a machos castrados, quando comparados em pesos/idades semelhantes (Berg e Butterfield, 1976).

O peso dos animais aumentou de forma quadrática (P<0,0001) em função do tempo de confinamento, tanto para os animais não castrados quanto para os castrados (Figura 1). Relações quadráticas com o tempo de confinamento também foram observadas para a AOLU, EGSU e EGPU (Figuras 2, 3 e 4, respectivamente; P<0,0001).

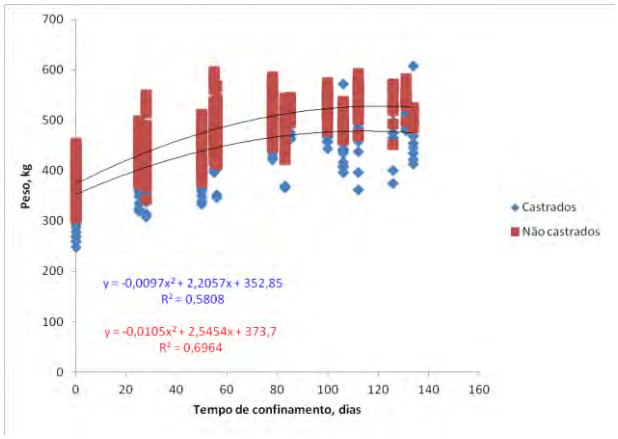

Figura 1 – Relação do peso dos animais castrados e não castrados, com o tempo de confinamento.

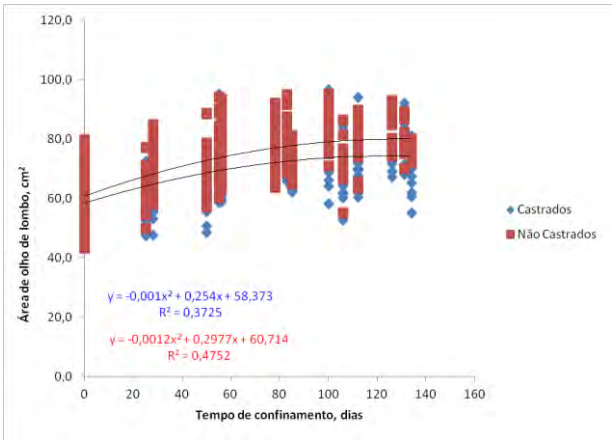

Figura 2 – Relação da área de olho de lombo dos animais castrados e não castrados, com o tempo de confinamento.

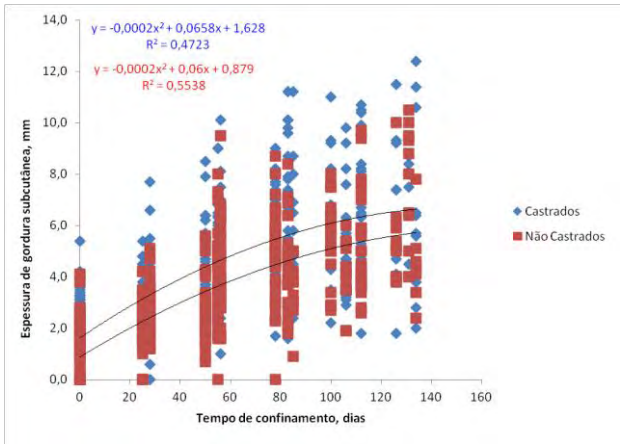

Figura 3 – Relação da espessura de gordura subcutânea na região da 12ª costela, dos animais castrados e não castrados, com o tempo de confinamento.

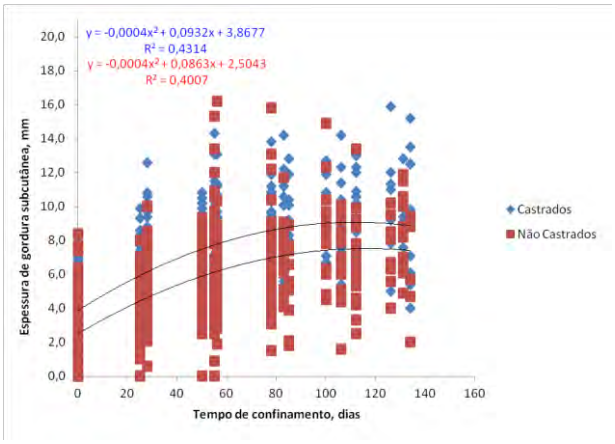

Figura 4 – Relação da espessura de gordura subcutânea na região da picanha, dos animais castrados e não castrados, com o tempo de confinamento.

O tempo de confinamento explicou 58 e 70% do aumento do peso durante o período de avaliação, nos animais castrados e não castrados. Para as características de carcaça avaliadas por ultrassonografia foi observada uma relação um pouco menor com o tempo de confinamento, em comparação às observadas para o peso. As equações para estimar as características de carcaça em função do tempo de confinamento resultaram em coeficientes de determinação (R^2) de 0,37; 0,47 e 73% para a AOLU, EGSU e EGPU, respectivamente, nos animais castrados e 0,47; 0,55 e 40%, respectivamente, para os animais não castrados.

Diferente do observado neste trabalho, Nash et al., (2000) observaram aumento linear da AOLU e EGSU em função do tempo de confinamento (120 dias) em animais Limousin-Angus. Silva et al. (2004) e Silva et al. (2006) avaliaram o efeito do tempo de confinamento sobre o peso e as características de carcaça avaliadas por ultrassonografia, em tourinhos Brangus e Nelore, respectivamente, e verificaram uma relação quadrática do peso e da EGPU com o tempo de confinamento, mas linear com a AOLU e EGSU. Associação linear entre características de carcaça avaliadas por ultrassom e tempo de confinamento também foi relatada por Silva et al. (2005) em animais Piemontês x Nelore.

É possível que essas diferenças de resultados estejam relacionadas ao grau de maturidade dos animais avaliados, nos diferentes estudos. De maneira geral, essas características apresentam crescimento sigmoide ao longo da vida do animal, com uma fase de crescimento acentuado (linear) inicial, e à medida que o animal se aproxima do seu peso/tamanho adulto (maturidade), essas taxas de crescimento tendem a diminuir.

No trabalho de Nash et al. (2000) os animais possuíam em média 11 meses de idade no início do experimento e foram abatidos com aproximadamente 15 meses,

enquanto que nos trabalhos de Silva et al., (2004) e Silva et al. (2006) tinham em média 322 e 297 dias de idade, respectivamente, ou seja, em ambos experimentos os animais foram avaliados na fase de sua vida onde o crescimento de músculo e gordura eram lineares.

É possível observar uma grande variabilidade nas medidas de EGSU (Figura 3) e EGPU (Figura 4) em função do tempo de confinamento, tanto nos animais não castrados como para os castrados. Essa variabilidade também tem sido observada por outros autores (Silva et al., 2004; Brethour et al., 2000), indicando que existem outros fatores que não somente o tempo de confinamento, que influenciam a espessura de gordura subcutânea ao abate.

O peso dos animais no início do confinamento tem sido a característica mais utilizada para agrupar os animais em lotes homogêneos, visando à obtenção de animais e carcaças mais padronizadas no momento do abate. Entretanto, essa característica tem uma baixa correlação com a espessura de gordura na carcaça no momento do abate, que, de maneira geral tem uma correlação inferior a 0,50, tanto em animais castrados quanto em não castrados, conforme pode ser observado nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Os coeficientes de correlação entre a pesagem realizada no início do confinamento com a EGSU avaliada aos 56, 84, 112 e 140 dias foram inferiores a 0,37, chegando a 0,17 quando comparados o peso inicial e gordura aos 140 dias, nos animais castrados.

Nos animais não castrados as correlações foram menores, principalmente quando o peso inicial é comparado com a EGSU aos 84 (r=0,20), 112 (r=0,13) ou 140 (r=-0,05) dias, demonstrando que essa característica não deve ser utilizada como único indicador de acabamento das carcaças no momento do abate.

Tabela 4 – Coeficientes de correlação e probabilidades entre as medidas de peso vivo e espessura de gordura na região da 12ª costela (EGSU) medidas por ultrassom, em diferentes períodos de confinamento, nos machos castrados.

Dia da avaliação de peso	EGSU					
	0	28	56	84	112	140
0	0,26 *0,0047*	0,53 *<0,0001*	0,37 *<0,0001*	0,36 *0,0020*	0,31 *0,0126*	0,17 *0,3415*
28		0,52 *<0,0001*	0,37 *<0,0001*	0,37 *0,0015*	0,28 *0,0257*	0,09 *0,6207*
56			0,40 *<0,0001*	0,44 *0,0001*	0,47 *<0,0001*	0,29 *0,1010*
84				0,46 *<0,0001*	0,49 *0,0009*	0,42 *0,0303*
112					0,49 *<0,0001*	*0,37* *0,0303*
140						0,35 *0,0487*

Tabela 5 – Coeficientes de correlação e probabilidades entre as medidas de peso vivo e espessura de gordura na região da 12ª costela (EGSU) medidas por ultrassom, obtidas em diferentes períodos de confinamento, nos machos não castrados.

Dia da avaliação de peso	EGSU					
	0	28	56	84	112	140
0	0,06 *0,5094*	0,30 *0,0093*	0,35 *0,0001*	0,20 *0,1063*	0,13 *0,3358*	-0,05 *0,8172*
28		0,23 *0,0466*	0,32 *0,0004*	0,17 *0,1663*	0,08 *0,5710*	-0,08 *0,6809*
56			0,36 *<0,0001*	0,18 *0,1309*	0,22 *0,0965*	0,18 *0,3589*
84				0,19 *0,1115*	-0,05 *0,7576*	-0,20 *0,3775*
112					0,17 *0,2115*	*0,05* *0,7880*
140						0,09 *0,6453*

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2004) que relataram uma grande variabilidade das medidas de EGSU e EGPU, em função do peso vivo,

observando grande variação na deposição de gordura subcutânea, quando comparados a um mesmo peso.

Mesmo quando o peso é avaliado em outros períodos após o início do confinamento (28, 56 ou 84 dias), ele continua sendo um fraco indicador da espessura de gordura ao abate.

As correlações do peso com a espessura de gordura ao abate foram marcadamente inferiores nos animais não castrados quando comparados aos não castrados, possivelmente pela menor variabilidade na EGSU nesses animais nos períodos iniciais de confinamento, conforme pode ser observado na Figura 5.

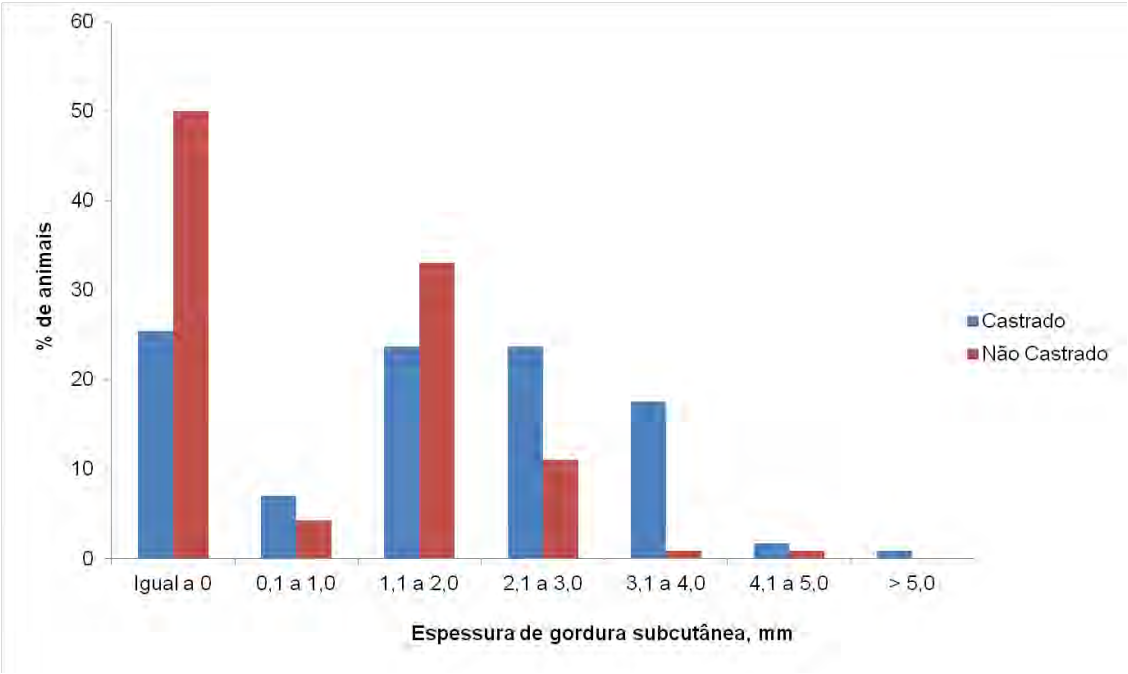

Figura 5 – Distribuição da espessura de gordura subcutânea na região da 12ª costela, dos animais castrados e não castrados na entrada do confinamento.

Na medida de EGSU realizada no início do confinamento 50% dos machos não castrados e 25% dos castrados não apresentaram gordura subcutânea, enquanto que 75% dos castrados já apresentavam alguma gordura subcutânea.

Essa pequena (ou nehuma) EGSU no início do confinamento reflete a realidade observada na maioria dos confinamentos brasileiros, onde a maior parte dos animais confinados não são castrados e são provenientes de recria em pastagem, e, normalmente, entram no confinamento com baixa condição corporal, o que torna ainda mais difícil prever o futuro desempenho desses animais no confinamento.

Em função disso, é necessária a utilização de métodos objetivos que permitam uma determinação mais acurada das características de interesse (e.g. gordura subcutânea), visando melhorar a qualidade da carcaça e a uniformidade das carcaças no momento do abate.

Nos animais castrados as correlações entre a medida da EGSU inicial variaram 0,65 a 0,84, enquanto que nos não castrados as correlações variaram de 0,43 a 0,75 (Tabela 6).

Tabela 6 – Coeficientes de correlação e probabilidades entre as medidas de espessura de gordura subcutânea na região da 12ª costela (EGSU) medidas por ultrassom, em machos castrados (acima da diagonal) e não castrados (abaixo da diagonal), nos diferentes períodos de confinamento.

Dia da avaliação	0	28	56	84	112	140
0	-	0,84 *<0,0001*	0,75 *<0,0001*	0,78 *<0,0001*	0,75 *<0,0001*	0,65 *<0,0001*
28	0,75 *<0,0001*	-	0,90 *<0,0001*	0,85 *<0,0001*	0,78 *<0,0001*	0,59 *<0,0039*
56	0,58 *<0,0001*	0,82 *<0,0001*	-	0,83 *<0,0001*	0,85 *<0,0001*	0,70 *<0,0001*
84	0,43 *<0,0001*	0,68 *<0,0001*	0,79 *<0,0001*	-	0,92 *<0,0001*	0,85 *<0,0001*
112	0,46 *0,0061*	0,71 *<0,0001*	0,76 *<0,0001*	0,85 *<0,0001*	-	0,94 *<0,0001*
140	0,50 *0,0067*	0,72 *0,0012*	0,75 *<0,0001*	0,85 *<0,0001*	0,89 *<0,0001*	-

As correlações observadas entre a EGSU obtida no início do confinamento com as outras medidas realizadas após 56 a 112 dias de confinamento variaram de 0,75 a

0,78, indicando que essa avaliação no início do confinamento tem uma alta relação com as demais avaliações nos animais castrados.

Em contrapartida, quando essa mesma comparação é realizada em animais não castrados as correlações foram muito menores, variando de 0,43 a 0,58 indicando que a medida da EGSU no início do confinamento pode não ser um bom momento para estimá-la após 56 a 112 dias após o abate, nos em animais não castrados. No entanto, quando a medida da EGSU foi realiada 28 dias após o início do confinamento, as correlações foram maiores, variando de 0,68 a 0,82, sugerindo que nesse tipo de animal, seria mais adequado realizar essa avaliação após um determinado período de confinamento.

Silva et al. (2004) avaliaram as correlações entre medidas de ultrassom obtidas ao longo do período de confinamento com a medida de espessura de gordura na carcaça no momento do abate, em tourinhos Brangus e Nelore, observaram que a medida de EGSU inicial apresentou uma correlação baixa (r=0,19) com a medida na carcaça, após 142 dias de confinamento. Os mesmos autores observaram que a medida que as avaliações foram realizadas mais próximas ao abate, os coeficientes de correlação aumentavam, sendo que quando a medida de EGSU foi realizada aos 26, 53, 84 ou 109 dias de confinamento, as correlações com a espessura de gordura na carcaça foram de 0,64; 0,74; 0,78 e 0,82, respectivamente.

De maneira geral, as correlações entre as medidas de EGSU foram maiores nos animais castrados, em relação aos não castrados, principalmente quando comparados à medida inicial. Isso possivelmente ocorreu devido a maior variabilidade nessa característica no início do confinamento nos animais castrados em comparação com os não castrados, conforme demonstrado anteriormente (Figura 5), dificultando a

estimativa correta do ritmo de crescimento da EGSU naqueles animais sem nenhuma gordura no momento da avaliação.

É importante ressaltar, que esses resultados aplicam-se a animais que apresentem EGSU no início do confinamento semelhantes às observadas neste estudo. Adicionalmente, deve-se considerar que no Brasil, a maior parte dos animais permanecem nos confinamentos por períodos inferiores a 100 dias, pois conforme Millen et al. (2009) o período médio de confinamento dos animais varia de 57,4 a 83,6 dias.

Em condições brasileiras, quando os bovinos iniciam o confinamento, em sua maioria apresentam pouca ou nenhuma gordura na região da 12ª costela, o que dificulta a utilização da EGSU como um estimador da espessura de gordura ao abate e, consequentemente, do tempo de confinamento para atingir esse acabamento.

De acordo com Berg e Butterfield (1976), o padrão de deposição de gordura nos bovinos ocorre inicialmente nas regiões posterior e anterior dos animais e dessas regiões em direção a região dorsal dos animais. Dessa forma, a EGPU pode ser um indicador mais acurado do acabamento das carcaças no momento do abate, uma vez que a deposição de gordura ocorre inicialmente nessa região, sendo possível detectar uma maior variabilidade nessa característica no início do confinamento.

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentados os coeficientes de correlação entre as medidas de EGPU e EGSU obtidas em diferentes períodos de confinamento em animais castrados e não castrados, respectivamente. Os coeficientes de correlação entre as medidas de EGPU e EGSU foram de magnitude média a baixa tanto para animais castrados quanto para não castrados, variando de 0,38 a 0,63 para animais castrados e 0,09 e 0,63 para animais não castrados.

A realização dessa avaliação em diferentes períodos de confinamento não aumentou proporcionalmente o valor das correlações quando comparada a medida inicial nos animais castrados. No entanto, nos animais não castrados, à medida que a EGPU foi obtida mais próxima do abate, a correlações aumentaram, porém continuando com valores de média magnitude.

Tabela 7 – Coeficientes de correlação e probabilidades entre as medidas de espessura de gordura avaliada na região da 12ª costela (EGSU) e na região da picanha (EGPU) avaliadas por ultrassom, em diferentes períodos de confinamento, nos machos castrados.

Dia da avaliação	0	28	56	84	112	140
0	0,63 *<0,0001*	0,57 *<0,0001*	0,44 *<0,0001*	0,41 *0,0005*	0,38 *0,0017*	0,42 *0,0180*
28	-	0,54 *<0,0001*	0,55 *<0,0001*	0,43 *0,0044*	0,42 *0,0056*	0,60 *0,0031*
56	-	-	0,47 *<0,0001*	0,43 *0,0002*	0,44 *0,0003*	0,58 *0,0004*
84	-	-	-	0,47 *<0,0001*	0,38 *0,0089*	0,42 *0,0545*
112	-	-	-	-	0,50 *<0,0001*	*0,58* *0,0004*
140	-	-	-	-	-	0,59 *0,0002*

Tabela 8 – Coeficientes de correlação e probabilidades entre as medidas de EGSU e espessura de gordura na região da picanha (EGPU) medidas por ultrassom, em diferentes períodos de confinamento, nos machos não castrados.

Dia da avaliação	0	28	56	84	112	140
0	0,63 *<0,0001*	0,45 *<0,0001*	0,38 *<0,0001*	0,44 *0,0001*	0,22 *0,0885*	0,09 *0,6404*
28	-	0,55 *<0,0001*	0,56 *<0,0001*	0,59 *<0,0001*	0,44 *0,0079*	0,34 *0,1731*
56	-	-	0,57 *<0,0001*	0,63 *<0,0001*	0,40 *0,0016*	0,31 0,1047
84	-	-	-	0,64 *<0,0001*	0,49 *0,0007*	0,48 *0,0261*
112	-	-	-	-	0,50 *<0,0001*	*0,45* *0,0185*
140	-	-	-	-	-	0,53 *0,0035*

Embora a EGSU e a EGPU sejam medidas semelhantes, ou seja, representam a mesma característica avaliada em pontos anatômicos diferentes, elas apresentam regiões com ímpetos de crescimento diferentes, o que justifica a obtenção das duas medidas no mesmo animal.

Silva et al. (2004) observaram correlações de 0,15 entre a EGPU avaliada no início do confinamento com a medida de gordura na carcaça no momento do abate (142 dias depois). Por outro lado, quanto as medidas foram realizadas em diferentes períodos após o início do confinamento, as correlações aumentaram de 0,59, quando obtidas após 28 dias de confinamento até 0,65, quanto avaliadas após 112 dias de confinamento, valores esses superiores ao observada neste estudo.

A EGPU tem sido muito utilizada como uma medida indicadora do acabamento das carcaças, em substituição a EGSU, principalmente em trabalhos australianos. Johnson e Vidyadaran (1981), avaliaram diferentes pontos anatômicos de medidas, e constataram que a medida de espessura de gordura subcutânea sobre o terço superior do músculo *Biceps femoris* (EGPU), foi uma boa indicadora da gordura total da carcaça e poderia ser utilizada com o mesmo grau de confiança que a medida obtida na região da 10ª ou 12ª costelas.

As equações de regressão múltipla para estimativa do e espessura de gordura ao abate dos animais castrados e não castrados, utilizando as medidas obtidas no animal vivo em cada período de confinamento são apresentadas na Tabela 9.

Os coeficientes de determinação das equações para estimativa do tempo de confinamento para atingir 5mm de EGSU foram muito baixos, tanto para animais castrados quanto para os não castrados (R^2= 0,05 e 0,20, respectivamente), quando foram utilizadas características avaliadas no início do confinamento, com erros padrão

de predição muito altos (53,1 e 49,2 dias, respectivamente, para animais castrados e não castrados) .

À medida que foram utilizadas características obtidas mais próximas a data de abate, os coeficientes de determinação das equações aumentaram, chegando a 0,49 e 0,59, para animais castrados e não castrados, respectivamente, quando foram consideradas as medidas obtidas 112 dias após o início do confinamento. Entretanto, apesar do aumento dos coeficientes de determinação, os erros padrão de predição foram muito altos, variando de 38,9 a 47,8 dias para os animais castrados e de 35,2 a 48,3 dias para os não castrados.

Tabela 9 – Equações de regressão múltipla para estimativa do tempo de confinamento para atingir 5mm de espessura de gordura ao abate, utilizando as medidas obtidas no animal vivo em cada período de confinamento em animais castrados e não castrados..

Dia da avaliação	Estatísticas de ajuste			Variáveis no modelo[1]					
	R^2	EPP	Cp	Intercepto	PV	AOLU	EGSU	EGPU	FRAME 550
Castrados									
0	0,05	53,1	0,3	241,7***	-0,34**	-	-	-	-
28	0,23	47,8	3,6	200,0***	-0,37	-	-14,4*	-	22,1*
56	0,36	43,6	6,0	259,8***	-0,56***	1,34*	-14,1***	4,5*	9,3
84	0,41	41,8	6,6	264,9***	-0,28*	-	-10,5***	4,2*	
112	0,49	38,9	3,3	176,8***	-	0,85	-16,8***	-	-
Não Castrados									
0	0,20	49,2	2,3	296,5***	-0,71***	-	13,0**	-	15,3*
28	0,23	48,3	1,4	294,1***	-0,58**	-	-	-4,5	20,9**
56	0,40	42,6	2,2	333,2***	-0,48***	-	-15,9***	-	15,1**
84	0,38	43,4	1,8	273,8**	-0,27	-	-16,8***	-	12,8*
112	0,59	35,2	0,5	488,4***	-0,42**	-	-23,0***	-	-

[1] PV – peso em jejum antes do abate; AOLU – área de olho de lombo; EGSU – espessura de gordura subcutânea; EGPU – Espessura de gordura na picanha; FRAME550 – escore de tamanho ajustado para 550 dias de idade; EPP – Erro padrão de predição.

Entre as características avaliadas, a principal variável a compor os modelos de predição foi a EGSU, seguida pelo peso vivo e escore de tamanho, respectivamente. Essas características permaneceram na maioria dos modelos finais de predição, demonstrando a importância de sua contribuição para a estimativa do tempo de

confinamento. Por outro lado, a AOLU e a EGPU foram variáveis que apresentaram pequena contribuição para a estimativa do tempo de confinamento e aparecendo em poucos modelos e com pequena significância estatística.

O peso vivo e a EGSU foram negativamente associados ao tempo de confinamento, enquanto que o escore de tamanho foi positivamente associado ao tempo de confinamento, conforme esperado.

O escore de tamanho tem sido relatado como uma característica importante para auxiliar na estimativa do tempo de confinamento (Basarab et al., 1997; Basarab et al, 1999; Brethour, 2000), uma vez que essa medida auxilia a identificar animais com diferentes estruturas corporais que, consequentemente, irão diferir no tempo/peso necessário para atingirem uma determinada composição de carcaça. Neste estudo, a escore de tamanho variou de 3 a 10, porém a maior parte dos animais (68%) apresentou escore entre 3 e 6, o que pode ter contribuído para a menor importância relativa dessa característica nas equações de predição.

Brethour (2000) avaliou diferentes modelos para estimar o tempo de confinamento necessário para animais de dois grupos genéticos diferentes (Limousin x Simental e Angus x Hereford) atingir 10mm de espessura de gordura subcutânea e observou que modelos mais acurado eram obtidos quando as medidas eram obtidas mais próximas ao abate dos animais. De acordo com os autores, quando as medidas foram realizadas 166, 129, 90 ou 42 dias antes do abate, as equações explicaram 25, 49, 65 e 70%, respectivamente, da variação do número de dias, com erros de 44, 31, 33 e 25 dias, respectivamente. De acordo com o mesmo autor, a ultrassonografia pode ser utilizada para classificar animais em lotes homogêneos quando no momento da avaliação os animais apresentam em média 3mm de EGSU.

É importante considerar que modelos mais completos, contendo informações como teor de energia das dietas, estimativa da ingestão de alimentos e do ganho de peso, entre outras devem aumentar a acurácia dos modelos para estimar o tempo de confinamento e precisam ser estudados. Além disso, é importante considerar também o peso vivo no qual os animais atingirão o grau de acabamento desejado. Animais que atinjam um grau de acabamento específico com peso abaixo do mínimo estipulado pelas indústrias, podem causar perdas econômicas para os produtores, assim como animais que necessitem permanecer por muito tempo no confinamento, também contribuem para a redução da eficiência do sistema de produção.

CONCLUSÕES

As características de carcaça avaliadas por ultrassonografia aliadas ao escore de tamanho aumentam a acurácia dos modelos para estimar o número de dias necessário para atingir um determinado grau de acabamento nas carcaças.

Medidas obtidas no início do confinamento apresentam uma menor acurácia para a estimativa do tempo de necessário para atingir um grau de acabamento específico, quando comparados às medidas obtidas após 28 ou 56 dias de confinamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERG R.T.; BUTTERFIELD, R.M. (1976). New concepts of cattle growth. Sydney University Press, Sydney.

BASARAB, J.A.; MILLIGAN, D.; McKINNON, J.J. ; THORLAKSON, B.E. (1997) Potential use of video imaging and real-time ultrasound on incoming feeder steers to improve carcass uniformity. **Canadian Journal of Animal Science**, v.77, n.3, p.525-528.

BASARAB, J.A.; BRETHOUR, J.R.; ZOBELL, D.R.; GRAHAM, B. (1999) Sorting feeder cattle with a system that integrates ultrasound backfat and marbling estimates with a model that maximizes feedlot profitability in value-based marketing. **Canadian Journal of Animal Science**, n.79, v.3, p.327-334.

BOLEMAN, S.L.; BOLEMAN, S.J.; MORGAN, W.W.; HALE, D.S.; GRIFFIN, D.B.; SAVELL, J.W.; AMES, R.P.; SMITH, M.T.; TATUM, J.D.; FIELD, T.G.; SMITH, G.C.; GARDNER, B.A.; MORGAN, J.B.; NORTHCUTT, S.L.; DOLEZAL, H.G.; GILL, D.R.; RAY, F.K. (1998) National beef quality audit: Survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. **Journal of Animal Science**, n.76, p.96-103.

BRETHOUR, J.R. (2000) Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, n.78, p.2055-2061.

BRETHOUR, J.R. (1990) Relationship of steer feedlot performance to ultrasound-measured backfat thickness. **In: Kansas State Agricultural Experimental Reports of Progress 597**. p.31.

BRETHOUR, J.R. (1991) Sorting feedlot cattle for more profitable marketing. In: **Kansas State Agricultural Experimental Reports of Progress 627**. p.12.

JOHNSON, E.R.; VIDYADARAN, M.K . (1981) An evaluation of different sites for measuring fat thickness in beef carcass to determine carcass fatness. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.32, p.999-1007.

KEMPSTER, A.J.; OWEN, M.G. (1981) A note of the accuracy of an ultrasonic technique for selecting cattle of different breeds for slaughter at equal fatness. **Animal Production**, v.32, p.113-15.

MILLEN, D.D.; PACHECO, L.D.L.; ARRIGONI, M.D.B.; GALYEAN, M.L.; VASCONCELOS, J.T. (2009) A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.87, p.3427-3439.

NASH, S.A.; HARRISON, S.N.; PACKHAM, J.H.; PANTING, R.R.; DUCKETT, S.K. (2000) Case study: Monitoring changes in carcass quality across time-on-feed using real-time ultrasound to optimize marketing endpoints. **The Professional Animal Scientist**, n.16, p.202-205.

SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D. (2004) Carcass traits of Brangus young bulls fed four concentrate levels evaluated by ultrasound. **Livestock Research for Rural Development**, v.16.

SILVA, S.L.; TITTO, E.A.L.; LEME, P.R.;MARTELLO, L.S.; PEREIRA, A.S.C.; TITTO, R.M.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LUCHIARI FILHO, A. (2005) Days on feed and sex effects on live weight and carcass traits measured by ultrasound. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.423-426.

SILVA, S.L.; LEME, P.R.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D. (2006) Alterações nas características de carcaça de tourinho Nelore, avaliadas por ultra-som. **Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science**, v.35, n.2, p.607-612.

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

CAPÍTULO II

Estimativa do rendimento de cortes comerciais de bovinos utilizando características avaliadas por imagem na região da quinta costela

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de características de carcaça avaliadas por análise de imagem, na região da 5ª e da 12ª costelas, para a estimativa do peso e percentagem de porção comestível (PC) em bovinos Nelore castrados e não castrados. Durante três anos consecutivos foram avaliadas carcaças de 206 animais da raça Nelore, sendo metade de animais castrados e metade não castrados (103 machos castrados e 103 machos não castrados) terminados em confinamento. Após o abate e resfriamento das carcaças, foram obtidas imagens digitais na região entre a 5ª e a 6ª costelas para avaliação da área de olho de lombo (AOL5), espessura de gordura subcutânea da 5ª costela (EGS5), espessura da gordura intermuscular (EGI5), espessura de costela (ESPCOST). Também foi obtida uma imagem digital na região entre a 12ª e a 13ª costelas para determinação da área de olho de lombo (AOL12) e espessura de gordura subcutânea (EGS12). Adicionalmente foram obtidos os pesos de carcaça fria (PCF), a percentagem da gordura renal pélvica e inguinal (GRPI). O peso e a percentagem da PC foram determinados através da desossa completa da meia carcaça de cada animal. As características avaliadas na região da 12ª costela, aliadas ao PCF e percentagem de GRPI explicaram 92 a 95% do peso e entre 18 a 37% da percentagem da PC. Quando foram utilizadas as características avaliadas na região da 5ª costela, as equações de predição explicaram 94 a 96% da variação do peso e entre 25 a 45% da percentagem da PC. Em relação às aparas de gordura, características avaliadas na região da 12ª costela explicaram entre 18 a 43% da variação do peso e entre 28 a 35% da percentagem das aparas de gordura. Resultados semelhantes foram observados quando foram utilizadas as características avaliadas na região da 5ª costela, que explicaram entre 24 a 46% do peso e 28 a 35% da percentagem da PC. Características avaliadas na região da 5ª costela apresentaram acurácia semelhante para estimar PC e aparas de gordura, quando comparadas as características avaliadas na região da 12ª costela.

Palavras-chave: Bovinos, cortes comerciais, equações de predição, imagem digital

INTRODUÇÃO

A composição da carcaça dos bovinos é uma característica de alto valor econômico para a indústria, pois os pesos e as percentagens dos cortes de carne na carcaça, quantificados por características como o rendimento da porção comestível (PC), indicam a quantidade de produto a ser comercializado Silva et al., (2012). Além disso, a avaliação da quantidade de gordura na carcaça, tanto em peso como em proporção da carcaça, são importantes para a eficiência econômica da produção, para a saúde humana e também para auxiliar na redução do desperdício, pela diminuição das aparas de gordura (Lambe et al., 2012).

De acordo com Tarouco et al., (2007) animais e carcaças de pesos similares podem apresentar grandes diferenças em relação ao rendimento da PC, o que pode exercer um grande impacto na eficiência dos sistemas de produção. Por esses motivos, as variações na composição corporal dos animais e suas carcaças, influenciadas pelas diferenças entre raças, sistemas de produção e práticas de mercado, têm sido extensivamente investigadas (Hedrick, 1983).

A determinação acurada da PC através da dissecação possui um alto custo, demanda muito tempo além de ser de difícil realização em indústrias frigoríficas. Por esse motivo, é estimada a partir de outras características obtidas mais facilmente, como o peso de carcaça, área do músculo de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea e a gordura renal, pélvica, inguinal e cardíaca (Shackelford et al., 1995). A utilização dessas características com o objetivo de predizer o rendimento da PC já está bem documentado na literatura, principalmente em raças taurinas (Epley et al., 1970; Crouse e Dikeman, 1976; Shackelford et al., 1995).

Por outro lado, no Brasil a divisão das carcaças é realizada na região entre a 5ª e a 6ª costelas, o que dificulta o corte da carcaça na região da 12ª costela pois isso causaria uma grade desvalorização de um dos cortes mais valiosos da carcaça.

Estudos para avaliar o rendimento da porção comestível em animais zebuínos, com medidas obtidas diretamente na carcaça foram realizados por Felício e Allen, (1982), os quais utilizaram informações obtidas na região da quinta costela, e também por Luchiari Filho (1986) e Teira et al. (2003) com características avaliadas na região entre a 12ª e a 13ª costelas.

Recentemente, a tecnologia de análise de imagem tem sido utilizada como ferramenta para a realização de uma avaliação rápida e com alta repetibilidade das características de carcaça. Seu uso poderia facilitar a utilização das informações sobre o rendimento da PC, contribuindo para o aumento da eficiência produtiva e também para remunerar os produtores de forma diferenciada, conforme as características qualitativas das carcaças.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de características avaliadas na região da 5ª costela, obtidas por imagens digitais para estimar o rendimento da PC em bovinos Nelore castrados e não castrados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Avaliação Animal e Qualidade de Carne, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP) em Pirassununga, SP.

Duzentos e seis animais da animais da raça Nelore (103 machos castrados e 103 machos não castrados) foram avaliados durante os anos de 2009 (n=46), 2010

(n=76) e 2011 (n=84). Em cada ano metade dos animais foi castrado após a desmama, com aproximadamente 12 meses de idade, e mantidos a pasto, juntamente com os animais não castrados até o momento do início confinamento.

No início do período confinamento os animais não castrados apresentavam médias de 625±30,5 dias de idade e 372±32,0 kg enquanto os castrados tinham em média 621±28,4 dias de idade e 349±37,1 kg.

Em todos os anos, os animais foram alimentados com dietas de alto concentrado (85%), composto por milho, farelo de soja, casca de soja, glúten de milho, sal mineral e ureia, contendo 14,6% de proteína bruta e 74,5% de NDT. A fonte de volumoso utilizada foi o bagaço de cana de açúcar (15%).

Em cada ano os animais foram abatidos em quatro grupos, sendo que cada grupo continha metade de machos não castrados e outra metade de machos castrados. O critério de escolha dos animais para o abate foi quando os mesmos apresentassem aproximadamente cinco milímetros de espessura de gordura subcutânea, avaliada por ultrassonografia na região entre a 12ª e a 13ª costelas.

Dois dias antes do abate todos os animais foram pesados individualmente, após jejum de sólidos por aproximadamente 16 horas, para determinação do peso vivo em jejum. No dia dos abate os animais foram transportados em caminhão boiadeiro até o Matadouro Escola da Universidade de São Paulo, localizado a cerca de 500m do local onde os animais foram confinados. Imediatamente após sua chegada os mesmos foram abatidos de acordo com procedimentos humanitários, conforme exigido pela legislação brasileira.

Após a morte do animal foram realizadas a esfola, evisceração, divisão e lavagem das carcaças, conforme procedimento padrão do matadouro. No momento

da evisceração foram retiradas e pesadas as gorduras renal, pélvica e inguinal (GRPI) e em seguida, as carcaças foram identificadas e pesadas individualmente.

Após 24h de resfriamento (0-2ºC) as meias-carcaças esquerdas foram divididas em dianteiro (entre a 5ª e a 6ª costelas), traseiro pistola e ponta de agulha, conforme o padrão brasileiro. Em seguida foi obtida uma imagem digital da superfície dos músculos, na região entre a 5ª e a 6ª costelas, utilizando uma câmera fotográfica acoplada a um suporte, o qual proporcionou uma distancia fixa entre a câmera fotográfica e a superfície da região de interesse.

A partir da imagem obtida foram avaliadas a área do músculo *Longissimus* (AOL5) e espessura de gordura subcutânea da 5ª costela (EGS5), espessura da gordura intermuscular da 5ª costela (EGI5; Figura 1). Como ponto de referência para padronização das medidas da EGS5, foi considerado o meio do corte sobre a escápula (circulo vermelho).

Na mesma região também foi obtida uma segunda imagem para determinação da espessura de costela (ESPCOST) conforme ilustrado na Figura 2. Para determinação da ESPCOST o ponto de referência foi aproximadamente o meio do músculo *Triceps Braquial* (circulado em vermelho - Figura 2).

Posteriormente, o traseiro pistola foi dividido na região entre a 12ª e 13ª costelas, onde foi obtida uma imagem digital, para determinação da de área de olho de lombo (AOL12) e de espessura de gordura subcutânea (EGS12), medida a ¾ da borda medial do músculo *Longissimus* (Figura 3).

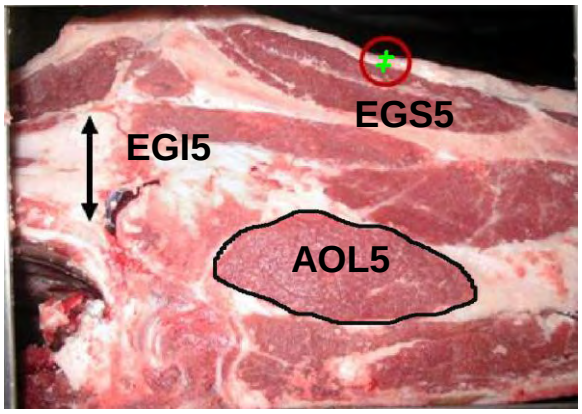

Figura 1 – Imagem a secção transversal da carcaça na região entre a 5ª e a 6ª costelas, para determinação da área de olho de lombo (AOL5), e espessura de gordura subcutânea (EGS5) e espessura de gordura intermuscular (EGI5).

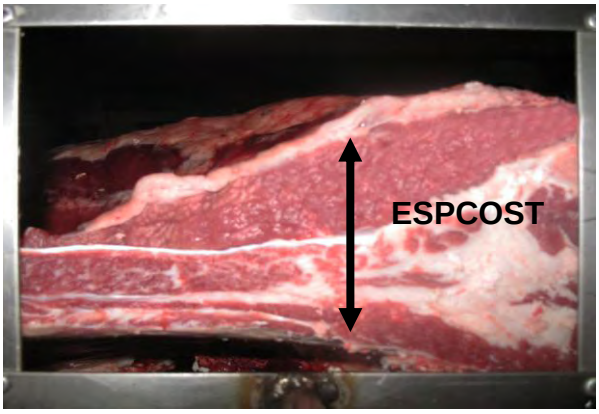

Figura 2- Ponto de medição da espessura de costela (ESPCOST).

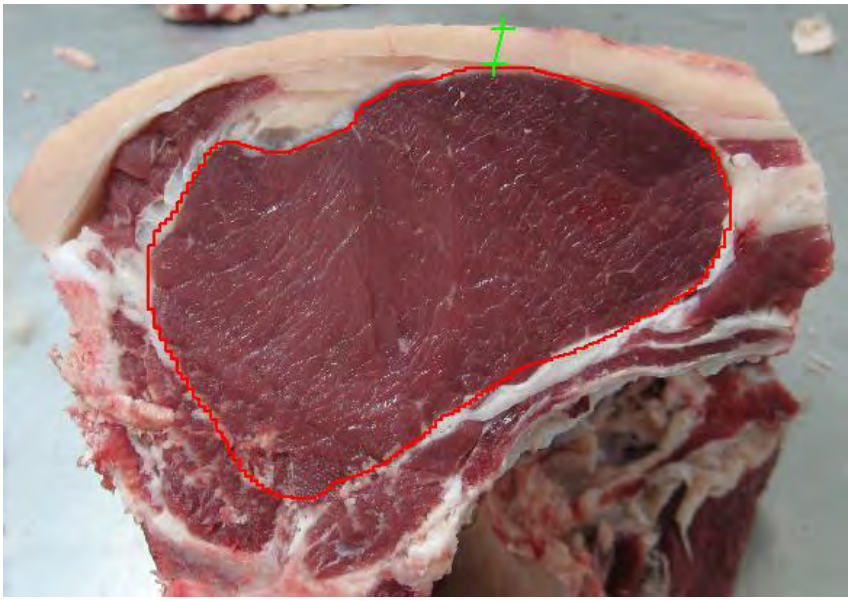

Figura 3 – Imagem do músculo Longissimus na região entre a 12ª e a 13ª costelas, para determinação da área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea.

Em seguida, os quartos foram pesados separadamente e obtidos os pesos do traseiro pistola, do dianteiro e da ponta de agulha, que somados resultaram no peso da meia-carcaça fria (PCF). Após a pesagem, cada um dos quartos foi desossado

separadamente e obtidos então os pesos dos ossos e da PC. A PC foi definida como os cortes desossados e aparados do excesso de gordura (5mm). O peso das aparas foi determinado pela diferença entre o peso do quarto menos os pesos dos ossos e da PC. Também foram calculadas as percentagens da PC, ossos e aparas em relação ao peso da meia-carcaça fria. Os valores dos pesos dos tecidos avaliados na meia-carcaça foram multiplicados por dois para representar o valor na carcaça inteira.

Todas as características avaliadas nas imagens digitais foram determinadas individualmente pela delimitação manual das regiões de interesse utilizando o *software* Lince®.

A analise estatística foi realizada utilizando o *software* SAS (SAS Inst., INC., Cary, NC). As equações para estimativa do peso e percentagem de PC e aparas de gordura foram obtidas por regressão múltipla, utilizando como variáveis independentes, as características avaliadas na região da 5ª ou da 12ª costelas, da percentagem de GRPI e PCF.

As equações foram obtidas utilizando-se o método *stepwise* do procedimento *Reg* do *software* SAS, adotando-se um nível de significância de 15% para entrada da variável no modelo e 20% para permanência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva das características avaliadas nos animais castrados e não castrados, é apresentada nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 Estatística descritiva das características avaliadas nos animais castrados.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Peso final, kg	103	489,7	30,7	374,0	608,0
Peso de carcaça fria, kg	103	285,1	19,6	224,6	348,1
Gordura renal, pélvica e inguinal, kg	103	11,3	3,1	3,8	17,5
Gordura renal, pélvica e inguinal, %	103	3,91	1,1	1,2	6,3
Área de olho de lombo (12ª costela), cm^2	101	71,2	8,6	54,5	94,5
Espessura de gordura subcutânea (12ª costela), mm	102	6,2	2,2	2,1	12,6
Área de olho de lombo (5ª costela), cm^2	103	25,8	3,8	18,1	36,8
Espessura de gordura subcutânea (5ª costela), mm	103	7,1	2,5	2,5	16,0
Espessura de gordura intermuscular (5ª costela), mm	103	28,9	12,1	7,8	54,4
Espessura de costela, mm	103	73,5	9,3	50,3	91,1
Porção comestível dianteiro, %	103	26,0	1,3	23,0	29,9
Porção comestível na ponta de agulha, %	103	11,1	0,8	9,3	13,0
Porção comestível no traseiro pistola, %	103	33,6	1,1	30,9	36,3
Porção comestível, kg	103	199,2	15,6	156,4	237,1
Porção comestível, %	103	70,7	1,5	67,0	74,0
Aparas de gordura, kg	103	14,9	2,7	8,5	24,2
Aparas de gordura, %	103	10,6	1,7	6,3	14,9

Os animais não castrados foram mais pesados, apresentaram maiores pesos de carcaça quente e fria (P<0,0001) que os castrados, enquanto os animais não castrados apresentaram uma tendência de maior rendimento de carcaça quente (P=0,0668), porém sem diferença no rendimento de carcaça fria (Tabela 3).

Por outro lado, os animais castrados apresentaram maior peso (P=0,0005) e percentagem (P<0,0001) de GRPI, além de maior EGS12 (P=0,0010) e EGS5 (P=0,0014) e menor AOL12 e AOL5 (P<0,0001 e P=0,0088, respectivamente), em comparação aos animais não castrados.

Tabela 2 Estatística descritiva das características avaliadas nos animais não castrados.

Variável	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Peso final, kg	103	535,6	28,9	452,0	596,0
Peso de carcaça fria, kg	103	314,2	18,7	260,3	357,6
Gordura renal, pélvica e inguinal, kg	103	9,9	2,6	3,7	15,5
Gordura renal, pélvica e inguinal, %	103	3,1	0,8	1,2	4,9
Área de olho de lombo (12ª costela), cm^2	102	7,0	8,2	52,6	101,8
Espessura de gordura subcutânea (12ª costela), mm	102	5,3	1,6	2,8	9,3
Área de olho de lombo (5ª costela), cm^2	103	27,4	3,5	18,8	36,5
Espessura de gordura subcutânea (5ª costela), mm	103	6,2	2,0	2,6	11,6
Espessura de gordura intermuscular (5ª costela), mm	100	30,8	10,4	13,5	63,7
Espessura de costela, mm	102	73,9	9,9	43,3	100,7
Porção comestível dianteiro, %	103	28,8	1,6	25,3	32,2
Porção comestível na ponta de agulha, %	103	10,7	0,8	8,2	12,8
Porção comestível no traseiro pistola, %	103	33,3	1,0	31,0	35,9
Porção comestível, kg	103	226,9	17,0	186,9	269,2
Porção comestível, %	103	72,8	1,8	68,6	76,8
Aparas de gordura, kg	103	13,7	2,5	8,1	19,9
Aparas de gordura, %	103	8,8	1,6	5,0	13,1

A condição sexual dos animais também influenciou na distribuição dos principais tecidos da carcaça, sendo que os animais não castrados apresentaram maior peso e percentagem de PC (P<0,0001). O peso dos ossos também foi maior nos animais não castrados (P<0,0001), porém quando expresso em percentagem, o resultado foi inverso (P=0,0138).

Em relação a quantidade de gordura, os animais castrados apresentaram maior peso (P=0,0077) e percentagem (P<0,0001) de aparas em relação aos não castrados. Esses resultados são similares aos encontrados na literatura com

maiores quantidades de gordura nos animais castrados em relação a não castrados (Berg e Butterfield, 1976; Luchiari Filho, 1986).

Tabela 3 Médias, erros-padrão e probabilidades das características de carcaça avaliadas de acordo com a condição sexual dos animais.

Característica	Condição sexual		Erro Padrão	Valor de P
	Não castrados	Castrados		
Peso vivo, kg	533	488	7,50	<0,0001
Peso de carcaça quente, kg	317	288	6,80	<0,0001
Rendimento de carcaça quente, %	59,3	58,7	0,73	0,0668
Peso da carcaça fria, kg	311	284	6,25	<0,0001
Rendimento de carcaça fria, %	58,4	58,0	0,65	0,1357
Gordura renal, pélvica e inguinal, kg	10,0	11,3	0,78	0,0005
Gordura renal, pélvica e inguinal, %	3,2	3,9	0,26	<0,0001
Área de olho de lombo (12ª costela), cm^2	76,7	71,2	2,32	<0,0001
Espessura de gordura subcutânea (12ª costela), mm	4,9	5,9	0,90	0,0010
Área de olho de lombo (5ª costela), cm^2	27,0	25,6	1,24	0,0014
Espessura de gordura subcutânea (5ª costela), mm	6,3	7,1	0,37	0,0088
Espessura de gordura intermuscular (5ª costela), mm	28,5	27,3	6,80	0,1355
Espessura de costela (5ª costela), mm	73,7	73,4	1,41	0,8252
Porção comestível, kg	111,9	98,4	3,26	<0,0001
Ossos, kg	28,3	26,2	0,22	<0,0001
Aparas de gordura, kg	14,0	15,1	0,54	0,0077
Porção comestível, %	72,6	70,5	0,53	<0,0001
Ossos, %	18,3	18,7	0,18	0,0138
Aparas de gordura, %	9,1	10,8	0,48	<0,0001

No Brasil, assim como em outros países, o uso de animais não castrados é crescente em função desses animais apresentarem maior ganho de peso e eficiência alimentar, contribuindo para o aumento da eficiência do sistema de produção.

Entretanto, apesar dos animais não castrados terem apresentado uma percentagem da PC 2,1% superior aos castrados (72,6 *vs* 70,5%, respectivamente), quando se analisa a distribuição desses cortes nos diferentes quartos da carcaça é possível observar que essa diferença ocorreu devido a maior percentagem de

porção comestível no dianteiro (Figura 4). Esses resultados são semelhantes aos apresentados por Brännäng (1966)[3] citado por Berg e Butterfield (1976), com bovinos gêmeos monozigotos castrados ou não, onde os animais não castrados apresentam maior percentagem de músculos no dianteiro em comparação ao castrados (36,4 *vs* 30,8%, respectivamente).

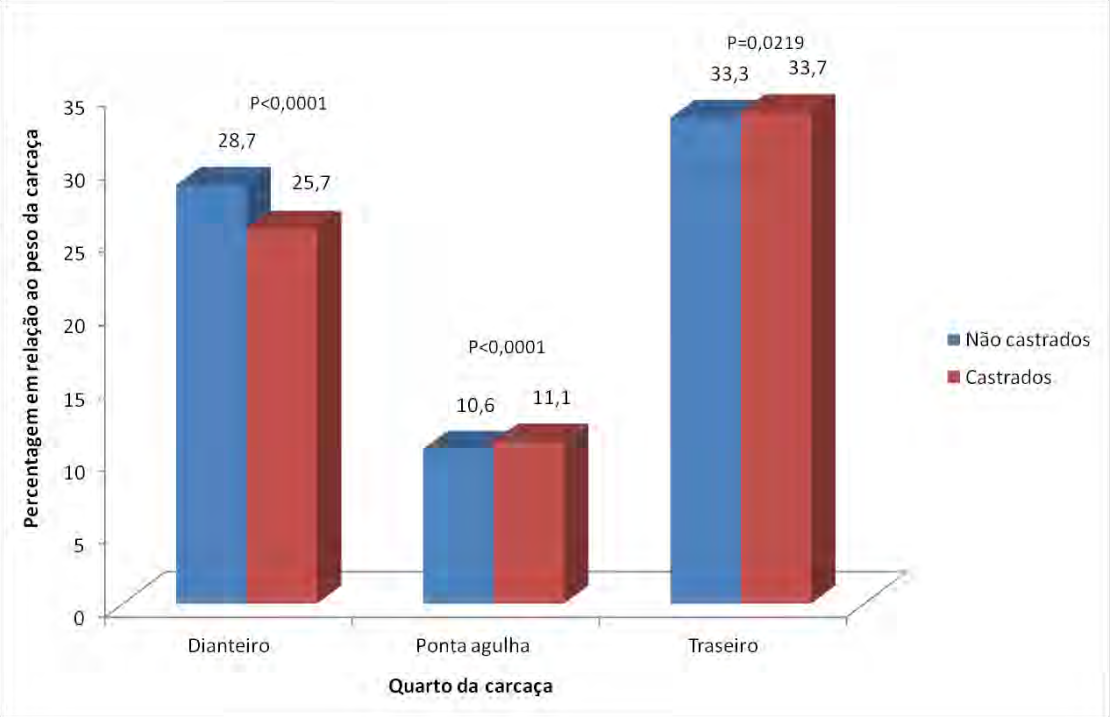

Figura 4 – Percentagem dos principais quartos das carcaças de acordo com a condição sexual dos animais.

Com base nesses resultados, é importante considerar que, apesar dos animais não castrados apresentarem uma maior quantidade total de cortes em relação aos não castrados, essa diferença ocorre principalmente no dianteiro, onde estão localizados os cortes de menor valor comercial com maior dificuldade de comercialização pela indústria frigorífica.

[3] Brännäng, E. (1966). Lantr. Högsk. Ann., 32, 329.

Características avaliadas na região da 12ª costela

O PCF foi altamente correlacionado com o peso da PC tanto nos animais castrados quanto nos não castrados e também na equação geral, quando foram considerados todos os dados (castrados e não castrados), variando entre 0,95 a 0,97 (Tabela 4). Por outro lado, quando a PC foi expressa como percentagem do peso da carcaça, as correlações com o PCF também foram positivas, porém menores variando de 0,11 a 0,48.

Tabela 4. Coeficientes de correlações simples entre pesos de porção comestível, pesos de carne do traseiro e pesos de aparas com o peso de carcaça fria (PCF), gordura renal, pélvica e inguinal (GRPI), área de olho e lombo (AOL12) e espessura de gordura subcutânea (EGS12) avaliadas na região entre a 12ª e 13ª costelas em animais de diferentes condições sexuais.

Característica	Condição sexual	PCF	AOL12	EGS12	GRPI
Porção comestível, kg	Não castrado	0,95***	0,48***	0,24*	-0,16
	Castrado	0,96***	0,52***	0,02	-0,25**
	Geral	0,97***	0,59***	-0,05	-0,40***
Porção comestível, %	Não castrado	0,36**	0,49***	0,13	-0,15
	Castrado	0,11	0,33**	-0,27*	-0,18
	Geral	0,48***	0,53***	-0,18	-0,33***
Aparas, kg	Não castrado	0,14	-0,27*	0,15	0,22*
	Castrado	0,50***	-0,02	0,33**	0,10*
	Geral	0,13	-0,21*	0,29***	0,22**
Aparas, %	Não castrado	-0,21*	-0,39	0,06	0,26**
	Castrado	0,10	-0,25*	0,34**	0,21*
	Geral	-0,31***	-0,43***	0,29***	0,37***

*** P≤0,0001;**P≤0,001; *P≤0,05

Diferentes resultados são encontrados na literatura em relação o sentido e a magnitude das correlações entre PCF e peso e percentagem da PC.

Semelhante ao observado neste estudo, Luchiari Filho (1986) relatou correlações que variaram de 0,95 a 0,99 entre o PCF e o peso da PC, em bovinos Nelore castrados, não castrados e fêmeas. No mesmo sentido, Silva et al. (2012)

observaram uma correlação de 0,98 em novilhos Nelore. Em contrapartida, Herring et al. (1994) e Realini et al. (2001) observaram correlações negativas entre essas características (r=-0,24 e -0,17, respectivamente).

Em relação à percentagem da PC, Silva et al. (2012) observaram uma correlação negativa entre essa característica e o PCF (r=-0,22), semelhante ao relatado por Shackelford et al. (1995), Williams et al. (1997) e Greiner et al. (2003) que encontraram correlações de -0,17; -0,12 e -0,26, respectivamente, entre essas duas características. Esses resultados diferem dos obtidos neste estudo, no qual foram obervadas correlações positivas entre PCF e percentagem da PC.

As correlações de 0,36 e 0,48 entre PCF e percentagem da PC, observadas neste trabalho para machos não castrados e na equação geral, respectivamente, não são coerentes com a maior parte dos resultados observados na literatura, onde são descritas correlações negativas e próximas de zero entre essas variáveis. É possível que esse resultado tenha ocorrido pelo menor nível de gordura encontrado nos animais não castrados em relação aos demais estudos, pois em animais com menor grau de acabamento (5 mm ou menos), boa parte dessa gordura permanece junto com o corte, causando um aumento do peso e percentagem da PC. Neste trabalho 36% dos bovinos castrados e 45% dos animais não castrados possuíam menos que 5mm de EGS12 (dados não mostrados). Desta forma, é importante ressaltar que embora a correlação entre percentagem da PC e o PCF tenha sido positiva e de média magnitude, neste estudo, o PCF não deve ser utilizado como um critério para selecionar animais para o aumento da percentagem da PC.

A AOL12 foi positivamente relacionada tanto com o peso quanto com a percentagem da PC, variando de 0,48 a 0,59 e 0,33 a 0,53, nos animais não castrados e castrados, respectivamente. Correlações positivas entre AOL12 e peso

da PC também foram observadas por Epley et al. (1970) e Silva et al. (2012) com correlações de 0,57 e 0,67, respectivamente. Correlações positivas entre AOL12 e percentagem de PC também foram observadas por Silva et al., (2012) em bovinos Nelore (r=0,21) e Realini et al. (2001) em novilhos cruza Hereford (r=0,40).

A EGS12 foi positivamente correlacionada com o peso (r=0,24) e com a percentagem (r=0,13) da PC nos animais não castrados e negativamente relacionada com a percentagem da PC nos animais castrados (r=-0,27). Apesar de ambas as correlações terem sido de baixa magnitude e não significativas, elas apresentaram tendência contrária de acordo com a condição sexual.

Nos resultados encontrados na literatura há uma relação média alta e negativa entre percentagem de PC e medidas de gordura na carcaça, com correlações variando de -0,24 a -0,73 (Shackelford et al., 1995; Williams et al., 1997; Greiner et al., 2003; Silva et al., 2012).

A correlação positiva observada entre a EGS12 e o peso e a percentagem da PC nos animais não castrados é um indicativo, conforme mencionado anteriormente, que parte da gordura foi mantida junto dos cortes, compondo a porção comestível, contribuindo para o aumento do peso e da percentagem da PC, reduzindo assim a quantidade de aparas. Por outro lado, nos animais castrados, que apresentavam uma maior quantidade de gordura e de aparas, essa correlação foi negativa, reduzindo, consequentemente, o rendimento da PC.

De acordo com Luchiari Filho (1986) a espessura de gordura subcutânea não é uma variável tão importante na população bovina brasileira, quanto para outras raças, especialmente em países onde os animais são alimentados até atingirem altos graus de acabamento, o que não é usual no Brasil. Quando animais com maior grau de acabamento são utilizados, a espessura de gordura é com frequência

negativamente relacionada com a percentagem da porção comestível, porque ela dilui a percentagem de músculo, no entanto, no Brasil, essa gordura normalmente faz parte dessa porção.

Foi observada uma maior correlação entre o peso das aparas e o PCF nos animais castrados (r=0,50) em comparação aos não castrados (r=0,14), indicando que o aumento do PCF nos animais castrados tem um maior impacto no aumento das aparas de gordura do que nos animais não castrados. Por outro lado, quando consideramos a percentagem de aparas, a correlação com o PCF foi baixa (r=0,10) nos animais castrados e negativa nos animais não castrados (r=-0,21) e na equação geral (r=-0,31). Correlações altas e positivas entre o peso da carcaça quente e o peso (r=0,87) e percentagem (r=0,59) de aparas de gordura, também foram relatadas por Silva et al. (2012). Resultados semelhantes também foram encontrados por Shackelford et al. (1995), Williams et al. (1997) e Greiner et al. (2003), com correlações entre percentagem da PC e PCF variando de 0,20 a 0,44.

A correlação de 0,14 observada entre percentagem de PC e PCF, nos machos não castrados, deve estar associada e menor quantidade de gordura observada nos animais não castrados, conforme comentado anteriormente.

A AOL12 foi negativamente relacionada com o peso e a percentagem de aparas, enquanto que a EGS12 e a GRPI foram negativamente associadas com o peso e percentagem de aparas, conforme esperado, uma vez que diferentes medidas de gordura na carcaça são positivamente correlacionadas.

Características avaliadas na região da 5ª costela

A AOL5 foi positivamente associada ao peso e a percentagem da PC, com correlações que variaram de 0,36 a 0,47 (Tabela 5), semelhante aos resultados observados para a AOL12.

A EGS5 apresentou correlações negativas e próximas de zero com o peso (r=-0,05 a -0,15) e medianas com a percentagem da PC (r=-0,22 a -0,32). Esses valores são similares aos observados entre a medida da EGS12 e o peso da PC.

Tabela 5. Coeficientes de correlações simples entre pesos e percentagens de porção comestível e de aparas com área de olho e lombo (AOL5) e espessura de gordura subcutânea (EGS5), espessura de gordura intermuscular (EGI) e espessura de costela (ESPCOST), avaliadas na região da 5ª costela por análise de imagem, em animais de diferentes condições sexuais.

Característica	Condição sexual	AOL5	EGS5	EGI5	ESPCOST
Porção comestível, kg	Não castrado	0,36**	-0,05	0,31*	0,28*
	Castrado	0,41***	-0,04	0,25*	0,29*
	Geral	0,42***	-0,15*	0,26**	0,23**
Porção comestível, %	Não castrado	0,47***	-0,31*	0,31*	-0,07
	Castrado	0,45*	-0,22*	0,24*	-0,10
	Geral	0,49***	-0,32***	0,28**	-0,06
Aparas, kg	Não castrado	-0,38***	0,27*	-0,27*	0,24*
	Castrado	-0,20	0,23*	-0,13	0,38**
	Geral	-0,31**	0,28***	-0,20*	0,30*
Aparas, %	Não castrado	-0,46***	0,24*	-0,35**	0,13
	Castrado	-0,37***	0,23*	-0,24	0,27*
	Geral	-0,45***	0,29***	-0,30*	0,17*

*** P≤0,001;**P≤0,001; *P≤0,05

Os dados de literatura sobre a utilização de medidas obtidas na região da 5ª costela para estimar o rendimento da PC comestível são escassos. (Johnson et al., 1995) compararam medidas de carcaça avaliadas na região da 5ª, 10ª e 12ª costelas para estimar o peso e a percentagem de músculos na carcaça de bovinos e verificaram que a EGS5 explicou 15% (r=0,39) da percentagem, enquanto que a AOL5 respondeu por 61% (r=0,78) do peso dos músculos. Felício e Allen (1982)

também avaliaram a viabilidade de utilização de medidas obtidas na região da 5ª costela para estimar o rendimento da PC em 30 carcaças de novilhos Nelore e observaram correlações de 0,36 e -0,57 entre percentagem de PC e AOL5 e EGS5, respectivamente. Apesar de uma pequena diferença na magnitude das correlações os resultados são coerentes entre os estudos.

A medida da EGI apresentou correlações medianas e positivas com o peso e a percentagem da PC, variando de 0,24 a 0,31. A ESPCOST também foi positivamente correlacionada com o peso da PC (r=0,23 a 0,29), no entanto, foi negativas e próximas da zero com a percentagem da PC.

A AOL5 foi negativamente correlacionada com o peso (r=-0,28 a -0,38) e com a percentagem de aparas de gordura (r=-0,37 a -0,46). Da mesma forma, a medida de EGS5 a foi positivamente associada com o peso e a percentagem de aparas, com correlações que variaram de 0,23 a 0,29. Por outro lado, a EGI apresentou correlações negativas (r=-0,13 a -0,35) e a ESPCOST foi positivamente associada ao peso e a percentagem de aparas (r=0,13 a 0,38).

Equações para estimativa do peso e percentagem da porção comestível utilizando características avaliadas na região da 5ª ou 12ª costelas

As equações para estimativa do peso da PC utilizando as características tradicionais como o PCF, percentagem de GRPI e AOL12 e EGS12 explicaram 92% da variação dessa característica nos animais não castrados e 94% nos não castrados (Tabela 6). Nos animais não castrados o PCF e a AOL foram as únicas variáveis que atingiram o nível de significância estipulado para permanecerem no

modelo, enquanto que para os animais castrados, a EGS também foi uma variável significativa.

O PCF e a AOL12 explicaram 28% da variação na percentagem da PC nos animais não castrados, enquanto que nos castrados o modelo contendo AOL12 e EGS12 explicaram 18% da variação da PC.

Nas equações em que foram utilizados os dados dos animais de ambas as condições sexuais, o modelo explicou 95% do peso e 37% da percentagem da PC, sendo que todas as variáveis avaliadas permaneceram no modelo final de predição.

Os resultados observados neste estudo em relação à estimativa do peso da PC são similares aos observados na literatura. Silva et al. (2012) relataram que medidas obtidas diretamente na carcaça, na região da 12ª costela, aliados ao peso da carcaça quente e percentagem de GRPI explicaram 98% da variação do peso da PC em novilhos Nelore. Resultados semelhantes também foram relatados por Luchiari Filho (1986), onde as características de carcaça explicaram 98% da variação do peso PC da quando foram considerados animais castrados, não castrados e fêmeas.

O PCF e a AOLC12 explicaram 18% da variação da percentagem da PC nos animais castrados e 28% nos não castrados, sendo que na equação dos animais não castrados apenas a AOL12 e a EGS12 permaneceram no modelo final de predição, enquanto que para os castrados, as variáveis significativas foram o PCF e a AOL12.

Tabela 6 Equações de regressão para estimativa do peso e percentagem da porção comestível, utilizando a área de olho de lombo (AOL12) e a espessura de gordura subcutânea (EGS12) avaliadas na região entre a 12ª e 13ª costelas, o peso de carcaça fria (PCF) e a percentagem de gordura renal, pélvica e inguinal (GRPI).

Variáveis dependentes	Condição sexual	EPP	R^2	Cp	Coeficientes de regressão parcial				
					Intercepto	PCF, kg	AOL12, cm^2	EGS12, mm	GRPI, %
Porção comestível, kg	Não castrado	2,40	0,92	3,8	-19,72***	0,79***	0,14***	-	-
	Castrado	1,89	0,94	4,8	-3,37	0,70***	0,08*	-0,25*	-
	Geral	2,39	0,95	5,0	-14,33***	0,78***	0,11***	-0,17*	-0,39*
Porção comestível, %	Não castrado	1,51	0,28	4,0	59,97***	0,04*	0,09***	-	-
	Castrado	1,39	0,18	2,3	67,76***	-	0,06**	-0,19*	-
	Geral	1,56	0,37	5,0	62,08***	0,04**	0,07***	-0,13*	-0,26*

EPP- erro padrão de predição; PCF- peso de carcaça fria; AOL12- área de olho de lombo da 12ª costela; EGS12- espessura da gordura subcutânea da 12ª costela; GRPI- gordura renal, pélvica e inguinal.
*** P≤0,0001;**P≤0,001; *P≤0,05

Tabela 7 Equações de regressão para estimativa do peso e percentagem da porção comestível, características de carcaça avaliadas na região entre a 5ª e a 6ª costelas e o peso de carcaça fria (PCF).

Variáveis dependentes	Condição sexual	EPP	R^2	Cp	Coeficientes de regressão parcial					
					Intercepto	PCF, kg	AOL5, cm^2	EGS5, mm	EGI5, mm	ESPCOST, mm
Porção comestível, kg	Não castrado	2,08	0,94	6,0	-16,07***	0,83***	0,27**	-0,39**	-0,04	-0,07**
	Castrado	1,89	0,94	4,6	-4,21	0,70***	0,26*	-0,20*	-	-
	Geral	2,14	0,96	5,0	-14,42***	0,81***	0,27***	-0,32***	-	-0,06**
Porção comestível, %	Não castrado	1,34	0,43	6,0	62,35***	0,06***	0,18***	-0,25**	0,02	-0,05**
	Castrado	1,33	0,25	2,0	67,07***	-	0,18***	-0,14*	-	-
	Geral	1,45	0,45	5,0	61,90***	0,06***	0,18***	-0,21***	-	-0,04**

EPP- erro padrão de predição; PCF- peso de carcaça fria; AOL5- área de olho de lombo da 5ª costela; EGS5- espessura da gordura subcutânea da 5ª costela; EGI5- espessura de gordura intermuscular; ESPCOST- espessura de costela.
*** P≤0,0001;**P≤0,001;*P≤0,05

Os coeficientes de determinação das equações de predição encontradas neste estudo para animais não castrados foram um pouco inferiores ao normalmente observado em outros estudos. De acordo com Luchiari Filho (1986) as características de carcaça explicaram entre 40 a 60% da variação da percentagem da PC, enquanto que Silva et al., (2012) encontraram um R^2=0,36, ambos em animais Nelore. Williams et al. (1997) e Realini et al. (2001) relataram que as características de carcaça explicaram 31% e 40%, respectivamente, da variação da percentagem da PC em novilhos Angus e Hereford. Em contrapartida, Greiner et al. (2003) observaram altos coeficientes de determinação (R^2 variando entre 0,57 e 0,68), trabalhando com uma população de bovinos de diferentes grupos raciais.

Como tem sido demonstrado por diversos autores, quando a porção comestível é convertida para uma proporção do peso de carcaça, a acurácia da estimativa da percentagem da PC é marcadamente reduzida, comparada a da estimativa do peso.

Segundo Hamlin et al. (1995), é importante ressaltar que a utilização do peso da PC como critério de seleção de animais pode auxiliar na identificação de animais de maior tamanho corporal, sem, necessariamente, melhorar a composição corporal pela melhora da musculosidade. Adicionalmente, pode resultar no aumento dos custos de manutenção e ocorrência de cortes muito grandes, além de reduzir a eficiência reprodutiva (MacNeil et al., 1984). Consequentemente, isso leva a conclusão que o critério de seleção a ser utilizado deve baseado na percentagem da PC ou alguma outra característica altamente relacionada com a mesma.

As características avaliadas na região da 5ª costela aliadas ao PCF explicaram 94% da variação no peso da PC tanto para os animais castrados quanto para os não castrados (Tabela 7). Na equação desenvolvida para os machos não castrados as

variáveis significativas foram o PCF, AOL, EGS, EGI e ESPCOST, enquanto que para os animais castrados, somente o PCF, AOL e EGS permaneceram no modelo final.

As equações para estimativa da percentagem de PC explicaram entre 25 a 45% da variação dessa característica e foram superiores as observadas utilizando medidas obtidas na região da 12ª costela, os quais variaram de 0,18 a 0,37. Os erros-padrão da estimativa também foram menores para as equações em que foram utilizadas características avaliadas na região da 5ª costela.

Nos animais castrados, a equação para estimar a percentagem da PC, utilizando características avaliadas na região da 5ª costela, apresentou um coeficiente de determinação menor (R^2=0,25) em comparação com a equação para os animais não castrados (R^2=0,43) ou a equação geral (R^2=0,45). Esse menor coeficiente de determinação foi semelhante ao observado na equação em que foram utilizados dados obtidos na região da 12ª costela.

Os dados de literatura sobre a utilização de medidas obtidas na região da 5ª costela para estimar o rendimento da PC comestível são escassos. No Brasil, Felício e Allen (1982) analisaram a viabilidade de utilizar medidas avaliadas na região da 5ª costela para estimar a percentagem de PV em novilhos Nelore. Segundo os autores, a AOL5 e a EGS5, aliadas a avaliação visual do grau de acabamento e escore de conformação explicaram 72,5% da variação na percentagem da PC.

Olivan et al. (2001) avaliaram a relação entre a quantidade de músculos, ossos e gordura na região entre a 5ª e a 6ª costelas ou na região da 10ª costela para estimar a quantidade total desses tecidos na carcaça. Segundo os autores, a quantidade de músculo e gordura, determinadas por dissecação, na região da 5ª costela explicaram 91% da variação na percentagem de carne magra e concluíram que as características

avaliadas nessa região podem ser utilizadas como estimadores acurados da composição da carcaça.

Por outro lado, semelhante ao observado neste estudo Johnson et al. (1995), relataram que a AOL5 e o peso de carcaça quente explicaram 24% da variação na percentagem e 78% do peso da PC de novilhos de diferentes grupos genéticos. No entanto, os autores concluíram que a EGS5 não foi uma variável importante para estimar a percentagem de músculo na carcaça, pois mesmo apresentando uma correlação significativa (r=0,39), ela não foi incluída na equação de regressão múltipla, ao contrário do observado neste trabalho.

As diferenças observadas em relação a acurácia das equações para estimar a percentagem da PC está relacionada, principalmente a variabilidade da população utilizada nos diferentes estudos.

Equações para estimativa do peso e percentagem de aparas de gordura

As características avaliadas na região da 12ª costela explicaram 18 a 43% da variação do peso e 20 a 30% da percentagem das aparas de gordura, respectivamente, (Tabela 8). As características avaliadas na região da 5ª costela explicaram 24 a 46% do peso e 28 a 35% da percentagem da PC (Tabela 9) e apresentaram poder de predição semelhante ao observado nas equações em que foram utilizadas características avaliadas na região da 12ª costela.

De acordo com dados obtidos por Silva et al. (2012), características de carcaça avaliadas na região entre a 12ª e a 13ª costelas explicaram 85 e 58% do peso e percentagem de aparas de gordura, respectivamente, em novilhos Nelore.

Tabela 8 Equações de regressão para estimativa do peso e percentagem das aparas de gordura, utilizando a área de olho de lombo (AOL12) e a espessura de gordura subcutânea (EGS12) avaliadas na região entre a 12ª e 13ª costelas, o peso de carcaça fria (PCF) e a percentagem de gordura renal, pélvica e inguinal (GRPI).

Variáveis dependentes	Condição sexual	EPP	R^2	Cp	Coeficientes de regressão parcial				
					Intercepto	PCF, kg	AOL12, cm^2	EGS12, mm	GRPI, %
Aparas de gordura, kg	Não castrado	2,29	0,18	3,2	8,18*	0,08**	-0,11**	-	0,67*
	Castrado	2,08	0,43	5,0	-6,94*	0,17***	0,09**	0,33**	0,46*
	Geral	2,37	0,23	5,0	4,74	0,09***	-0,10***	0,31**	0,64**
Aparas de gordura, %	Não castrado	1,47	0,20	1,3	13,23***	-	-0,07***	-	0,45*
	Castrado	1,47	0,25	5,0	6,17*	0,04**	-0,06*	0,23**	0,31*
	Geral	1,57	0,30	3,4	12,17***	-	-0,07***	0,21**	0,45**

EPP- erro padrão de predição; PCF- peso de carcaça fria; AOL12- área de olho de lombo da 12ª costela; EGS12- espessura da gordura subcutânea da 12ª costela; GRPI- gordura renal, pélvica e inguinal.
*** P≤0,0001;**P≤0,001; *P≤0,05

Tabela 9 Equações de regressão para predição do peso e percentagem da porção comestível, tendo como variáveis independentes as medidas retiradas da analise de vídeo imagem da secção da 5ª costela.

Variáveis dependentes	Condição sexual	EPP	R^2	Cp	Coeficientes de regressão parcial					
					Intercepto	PCF, kg	AOL5, cm^2	EGS5, mm	EGI5, mm	ESPCOST, mm
Aparas de gordura, kg	Não castrado	2,06	0,34	6,0	8,44*	0,05	-0,25**	0,29*	-0,06*	0,07*
	Castrado	2,02	0,46	5,6	-4,34	0,14***	-0,27***	0,21*	-	0,06*
	Geral	2,35	0,24	5,0	6,9***	0,07***	-0,10***	0,31**	-	-
Aparas de gordura, %	Não castrado	1,32	0,35	6,0	14,36	-0,03	-0,17**	0,18*	-0,04*	0,05**
	Castrado	1,44	0,28	5,7	-7,97**	0,02	-0,19***	0,15*	-	0,04*
	Geral	1,57	0,30	5,0	14,36	-0,02	-0,07***	0,22**	-	-

EPP- erro padrão de predição; PCF- peso de carcaça fria; AOL5- área de olho de lombo da 5ª costela; EGS5- espessura da gordura subcutânea da 5ª costela; EGI5- espessura de gordura intermuscular; ESPCOST- espessura de costela.
*** P≤0,0001;**P≤0,001; *P≤0,05

Shackelford et al. (1995) relataram que características de carcaça explicaram 64 a 76% da variação na percentagem de aparas de gordura em novilhos de diferentes composições raciais. Dados semelhantes foram encontrados por Williams et al. (1997) e Realini et al. (2001), em que características de carcaça avaliadas na região da 12ª costela explicaram aproximadamente 70% do peso e entre 26 a 45% da percentagem das aparas.

As equações para estimativa do peso e percentagem de aparas de gordura utilizando características avaliadas na região da 5ª costela apresentaram acurácia semelhante às observadas com características avaliadas na região da 12ª costelas.

CONCLUSÕES

Características avaliadas na região da 5ª costela apresentam acurácia semelhantes a da 12ª costela para estimativa dos pesos e percentagens de PC e aparas e podem ser utilizadas como uma alternativa para determinação desses rendimentos, no entanto, são necessários mais estudos para validar essas equações em outras populações de bovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERG R.T.; BUTTERFIELD, R.M. (1976) New concepts of cattle growth. Sydney University Press, Sydney.

CROUSE J., DIKEMAN M. (1976) Determinates of retail product of carcass beef. *Journal of Animal Science,* 42:584-591.

EPLEY R., HEDRICK H., STRINGER W., HUTCHESON D. (1970) Prediction of weight and percent retail cuts of beef using five carcass measurements. *Journal of Animal Science.* 30:872.

FELICIO P.E., ALLEN D.M. (1982) Previsão de rendimentos em carne aproveitável da carcaça de novilho zebu. Col. ITAL, 12:15.

GREINER S., ROUSE G., WILSON D., CUNDIFF L., WHEELER T. (2003) Prediction of retail product weight and percentage using ultrasound and carcass measurements in beef cattle. *Journal of Animal Science,* 81:1736-1742.

HAMLIN K., GREEN R., PERKINS T., CUNDIFF L., MILLER M. (1995) Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area. 1. Description of age and weight effects. *Journal of Animal Science,* 73:1713-1724.

HEDRICK H. (1983) Methods of estimating live animal and carcass composition. *Journal of Animal Science,* 57:1316.

HERRING W., WILLIAMS S., BERTRAND J., BENYSHEK L., MILLER D. (1994) Comparison of live and carcass equations predicting percentage of cutability, retail product weight, and trimmable fat in beef cattle. *Journal of Animal Science,* 72:1107.

JOHNSON E., TAYLOR D., PRIYANTO R. (1995) The estimation of beef carcass muscle using cross-sectional area of M. Longissimus dorsi at the fifth rib. *Meat science*, 40:13-19.

LAMBE N.R., ROSS D.W., NAVAJAS E.A., HYSLOP J.J., PRIETO N., CRAIGIE C., BUNGER L., SIMM G., ROEHE R. (2010) The prediction of carcass composition and tissue distribution in beef cattle using ultrasound scanning at the start and/or end of the finishing period. *Livestock Science*, 131:193-202..

LUCHIARI FILHO A. (1986) Characterization and prediction of carcass cutability traits of zebu and crossbreed types of cattle produced in southeast Brazil. Manhattan, Kansas State University. pp. 89.

MACNEIL M., CUNDIFF L., DINKEL C., KOCH R. (1984) Genetic correlations among sex-limited traits in beef-cattle. *Journal of Animal Science*, 58:1171-1180.

OLIVAN M., MARTINEZ A., GARCIA P., NOVAL G., OSORO K. (2001) Estimation of the carcass composition of yearling bulls of "Asturiana de los Valles" breed from the dissection of a rib joint. *Meat Science,* 57:185-190.

REALINI C., WILLIAMS R., PRINGLE T., BERTRAND J. (2001) 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*, 79:1378-1385.

SHACKELFORD S., CUNDIFF L., GREGORY K., KOOHMARAIE M. (1995) Predicting beef carcass cutability. *Journal of Animal Science*, 73:406-413.

SILVA S.L., TAROUCO J.U., FERRAZ J.B.S., GOMES R.C., LEME P.R., NAVAJAS E.A. (2012) Prediction of retail beef yield, trim fat and proportion of high-valued cuts in Nellore cattle using ultrasound live measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science* /No prelo/.

TAROUCO J.U., LOBATO J.F.P., TAROUCO A.K., MASSIA G.I.D. (2007) Comparison between ultrasonic and carcass measures in body composition prediction in cattle. Prediction of weight and percentage hind-quarter retail products. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science*, 36:2092-2101.

TEIRA G.A., TINOIS E., LOTUFO R.A., FELICIO P.E. (2003) Digital-image analysis to predict weight and yields of boneless subprimal beef cuts. *Scientia Agricola,* 60:5.

WILLIAMS R., BERTRAND J., WILLIAMS S., BENYSHEK L. (1997) Biceps femoris and rump fat as additional ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. *Journal of animal science,* 75:7.

CAPÍTULO III

Espectroscopia de infravermelho na região do visível e próximo para avaliação de características qualitativas da carne bovina

RESUMO: Este estudo foi realizado para avaliar viabilidade de utilização da espectroscopia de infravermelho na região do visível e próximo (NIRS) como ferramenta para avaliar características indicadoras de qualidade de bovinos Nelore. Foram avaliadas carcaças de 206 bovinos da raça Nelore (103 castrados e 103 não castrados) confinados por períodos de 56 a 140 dias. Vinte e quatro horas após o abate foi determinado o pH (pH24) e em seguida as carcaças foram divididas na região entre a 12ª e a 13ª costelas, para análises de NIRS e cor (L*,a*,b*) e retirada de uma amostra do Longissimus para determinação das perdas por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC). O grupo de animais que apresentavam amostras macias (FC<=5,5kg) apresentou maior absorbância nos comprimento de onda entre 400 a 1.170nm, enquanto que para as amostras mais duras (FC>7,5kg) a absorbância foi maior na região do infravermelho próximo (1.170 a 1.500nm). As equações de regressão obtidas a partir dos dados de NIRS foram eficientes para explicar grande parte da variação da FC (R^2=0,84 e 0,80), da PPC (R^2=0,96 a 0,80), pH24 (R^2=0,78 e 0,64), do L* (R^2=0,93 e 0,82), a* (R^2=0,96 e 0,92) e b* (R^2=0,95 e 0,7), tanto na calibração quanto na validação, respectivamente. A FC estimada pelo NIRS classificou corretamente 86% das amostras em classes de maciez. A espectroscopia de infravermelho pode ser utilizada para estimar características físicas químicas da carne. A espectroscopia de infravermelho pode ser utilizada para classificar amostras de carne *in natura* de acordo com a maciez, entretanto, estudos adicionais para validação desses modelos em diferentes populações devem ser realizados.

Palavras-chave: bovinos, cor, qualidade, maciez.

INTRODUÇÃO

A maciez é considerada como um dos atributos de palatabilidade mais importantes da carne. Por diversos anos, vários esforços têm sido realizados visando o desenvolvimento de uma medida objetiva para determinar a palatabilidade da carne e que essa medida possa ser utilizada para classificar carcaças e cortes em grupos com características de maciez ou palatabilidade características (Vote et al., 2003).

Diferentes métodos têm sido utilizados para estimar maciez, como a força de cisalhamento, *probes* mecânicas, análise de vídeo imagem, entre outros. O método da força de cisalhamento, considerado como referência, requer destruição e preparação das amostras, o que demanda tempo e não é prática para uso em sistemas *on-line*. O sistema de análise de imagens proporciona uma análise rápida e não invasiva, entretanto, esse sistema não classifica a carne com base na qualidade e necessita ser utilizada concomitantemente com outras tecnologias para avaliação da palatabilidade (Andrés et al., 2007).

Recentemente a espectroscopia de infravermelho na região do visível e próximo (NIRS) tem sido avaliada como uma técnica analítica para estimativa de atributos de qualidade da carne (Shackelford et al., 2005; Rust et al., 2008; Prieto et al., 2009; Shackelford et al., 2012a,b). A tecnologia do NIRS disponibiliza uma informação completa sobre as ligações químicas e moleculares da amostra, tornando-se uma ferramenta adequada para caracterização de alimentos, além de permitir avaliações de qualidade e controle de processos. Desta forma, como os atributos de maciez da carne são resultantes das interações entre fatores químicos e físicos, a NIRS pode ser utilizada para detectar essas diferenças.

Atualmente o Brasil possui um papel importante no mercado internacional de carne bovina e seu sistema de produção é baseado principalmente em animais de raças zebuínas (*Bos indicus*), que correspondem a aproximadamente 80% do rebanho nacional (Ferraz e Felício, 2010). Os bovinos de origem zebuína (*Bos indicus*) têm sido classificados como produtores de carnes menos macias em comparação com animais *Bos taurus*, e as carnes desses animais são normalmente discriminados devido à percepção negativa em relação a qualidade de sua carne. Por outro lado, diversos estudos demonstraram haver uma grande variabilidade em relação às características qualitativas da carne entre diferentes indivíduos (King et al., 2006; Bonin, 2008).

Desta forma, um sistema que possa ser utilizado para identificar carcaças de acordo com sua maciez seria de grande interesse para a indústria, pois poderia ser utilizado para agrupar carcaças em grupos de maciez, que seriam direcionadas para mercados específicos, aumentando assim o nível de satisfação dos consumidores. Essas informações também poderiam ser de grande interesse para os produtores que podem utilizar essas informações em programas de melhoramento genético com o objetivo de melhorar a qualidade da carne dos seus rebanhos.

Portanto, o objetivo este trabalho foi avaliar a viabilidade de utilização do NIRS como ferramenta para avaliar características indicadoras de qualidade de bovinos Nelore.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo o uso de animais neste trabalho foram realizados de acordo com as normas de bem estar animal estipuladas pelo comitê

de ética da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo.

Duzentos e seis animais da animais da raça Nelore (103 machos castrados e 103 machos não castrados) foram avaliados durante os anos de 2009 (n=46), 2010 (n=76) e 2011 (n=84). Em cada ano, metade dos animais foi castrado após a desmama, com aproximadamente 12 meses de idade, e mantidos a pasto, juntamente com os animais não castrados até o momento do início confinamento. Posteriormente os animais foram confinados com dietas de alto concentrado por períodos de 56, 84, 112 ou 140 dias, e ao final de cada período um grupo de 20 animais (10 castrados e 10 não castrados) foram abatidos no Matadouro Escola da Universidade de São Paulo, em Pirassununga/SP, de acordo com procedimentos humanitários, conforme exigido pela legislação brasileira.

Após 24h de resfriamento (0-2ºC) foi determinado o pH das carcaças (pH24) utilizando um peagâmetro digital portátil e, em seguida, as meias-carcaças esquerdas foram divididas na região entre a 12ª e a 13ª costelas e em seguida foi realizada uma espectroscopia do músculo *Longissimus*, utilizando-se um equipamento de VISNIR portátil, modelo EPP2000CXR-SRs para a faixa de comprimento de onda 220 a 1.100 nm e outro modelo EPP2000-InGaAs-512 para a faixa de 900 a 1.700 nm, da marca StellarNet. Foram determinadas as reflectâncias na faixa de 200 a 1.500 nanômetros, em intervalos de 5nm. Os dados de obtidos foram posteriormente transformados para absorbância pela fórmula log (1/R), sendo R a reflectância. Em cada amostra foram realizadas três leituras em diferentes posições do músculo Longissimus e para a análise final foi considerada a média dos espectros das três avaliações. Todas as leituras foram realizadas cerca de um

minuto após a exposição da superfície do músculo *Longissimus* ao contato com o ambiente.

A cor foi avaliada utilizando um espectrofotômetro portátil modelo CM 2500d da marca Minolta, com fonte de luz D65, ângulo de observação de 10° e abertura da célula de medida de 30 mm, usando- se a escala L*, a*, b* do sistema CIE Lab. Foram obtidas três medidas em pontos diferentes do músculo e as médias foram consideradas como os valores finais para análise.

Posteriormente, foi retirada uma amostra (2,5 cm de espessura) do músculo *Longissimus* para determinação das perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC). As amostras foram identificadas e embaladas a vácuo individualmente e colocadas em câmara fria (0-1^{0}C) para posterior análise da FC e PPC, que foram realizadas entre 12 a 24 horas após as avaliações de espectroscopia. Para determinação da FC as amostras foram retiradas das embalagens e colocadas sobre uma grelha, em bandejas descartáveis. No centro geométrico de cada amostra foi inserido um termoacoplador que estava ligado a um termômetro digital e em seguida as amostras foram colocadas em forno elétrico pré-aquecido (170°C). A temperatura das amostras foi monitorada individualmente e quando a mesmas atingiam 41°C as mesmas eram viradas e permaneciam no forno até atingirem 71°C, quando foram então retiradas e deixadas expostas ao ambiente até atingir uma temperatura abaixo de 20^{0}C. Em seguida, as amostras foram embaladas em filme plástico e colocadas em geladeira por 24h (4-6°C) e posteriormente foram retirados seis cilindros (1,27 cm), no sentido paralelo as fibras musculares, para cisalhamento em um equipamento *Warner Bratzler Shear Force*, equipado com célula de carga de 25kg, para determinação da FC (AMSA, 1995). Os valores de FC foram considerados como a média das seis amostras.

As PPC foram determinadas pela diferença no peso da amostra antes e depois da cocção, dividido pelo peso da amostra antes da cocção, multiplicado por 100.

A calibração e a validação dos modelos foram realizadas utilizando o software Uncrambler® X10.1(CAMO Software AS, Oslo, Noruega). Devido ao alto nível de ruído espectral, os dados obtidos em comprimentos de onda inferior a 400nm e superior a 1.400 nm foram descartados das análises. Os dados obtidos foram pré-tratados para redução de ruídos espectrais e dispersão da luz, utilizando procedimentos como a correção de espalhamento multiplicativo (*muliplicative scatter correction - MSC),* a correção de espalhamento multiplicativo estendido (*extended muliplicative scatter correction - EMSC) e* derivadas de primeira e segunda ordem *(first and second order derivatives)*. Para a estimativa das características de interesse foi utilizado o método de regressão por quadrados mínimos parciais (PLSR), utilizando a FC, pH, PPC, L*, a* e b*, como variáveis independentes e os espectros como variáveis dependentes.

A técnica de validação cruzada interna (*internal cross validation*) foi utilizada para selecionar o número de fatores ótimos a serem incluídos no modelo, evitando a superparametrização. Do total de informações contidas no banco de dados (n=198), 60% foi utilizada para o desenvolvimento do modelo (calibração) e 40% para a validação, selecionadas aleatoriamente no conjunto de dados.

Para a força de cisalhamento, os valores observados e estimados pelo modelo foram utilizados para verificar a habilidade dos mesmos em classificar amostras de carne em macias ou duras. Para isso foram criadas três classes de maciez, considerando como macias amostras com valores de FC inferiores a 5,5kg, intermediárias com FC entre 5,6 a 6,5kg e duras acima de 6,6kg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da FC foi de 8,9kg variando de 3,0 a 15,3kg, enquanto que as PPC variaram de 9,9 a 41,9%, com média de 23,3% (Tabela 1). O pH médio das carcaças foi de 5,6, com variação de 5,4 a 6,4, indicando a ocorrência de carcaças com pH elevado, resultando em carnes secas, duras e escuras (DFD),

Tabela 1 – Estatística descritiva das características avaliadas.

Característica	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Força de cisalhamento, kg	8,9	2,0	3,0	15,3
Perdas de água por cozimento, %	23,3	4,4	9,9	41,9
pH 24 horas	5,60	0,2	5,0	6,4
L*	30,8	7,4	12,4	44,5
a*	19, 5	4,0	11,3	29,1
b*	15,9	4,2	6,0	23,4

Os valores de FC observados neste trabalho foram bastante superiores ao considerado para que os consumidores considerem as carnes macias (FC<= 4,5kg). No entanto, é importante observar que as amostras utilizadas neste estudo não foram maturadas, o que certamente contribuiria para a redução dos valores de FC. Bonin (2008) avaliou a FC do músculo *Longissimus* de 462 bovinos não castrados da raça Nelore e observou uma FC de 5,99 kg, com variações de 2,44 a 9,64kg, para amostras maturadas por sete dias. Nesse mesmo estudo, a autora observou que a maturação por 14 ou 21 dias, reduziu os valores de FC para 4,95 e 4,35kg, respectivamente, porém com uma grande variabilidade entre as amostras. No mesmo sentido, Pflanzer e Felício (2011) observaram valores médios de FC, no músculo *Longissimus* maturado por 14 dias, variando entre 57 a 70 Newton (5,8 a 7,1 kg), de acordo com a classe de maturidade e grau de acabamento das carcaças de novilhos Nelore.

Desta forma, é possível inferir que os valores médios de FC observadas neste trabalho são representativas dos valores de maciez observados no músculo *Longissimus* sem maturação de bovinos Nelore. É importante ressaltar que uma percentagem muito pequena das amostras (menos de 2%) apresentaram valores de FC inferiores ou iguais a 4,5kg (Figura 1). Desta forma, optou-se por aumentar para 5,5kg o limite superior da FC na qual as amostras de carne foram consideradas macias, o que aumentou a percentagem de amostras nessa classe para 6,1%.

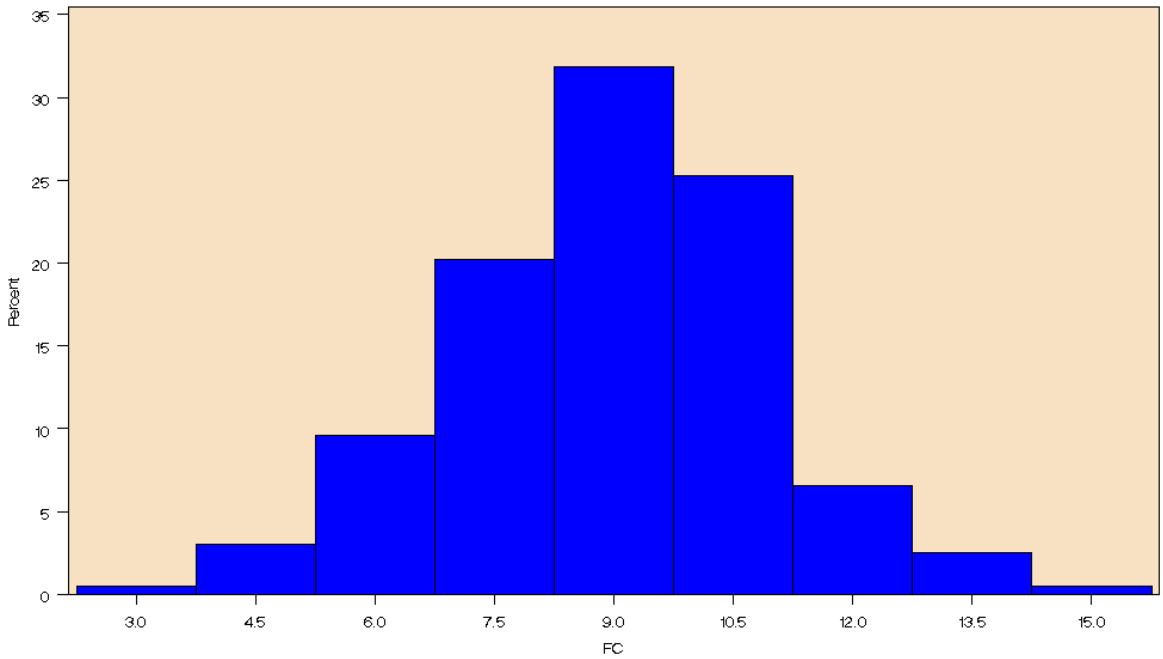

Figura 1 – Distribuição dos valores de força de cisalhamento (FC) em kg.

Na Figura 2 são mostrados os espectros médios das amostras com FC abaixo de 5,5kg e acima de 7,0kg, consideradas macias ou duras, respectivamente, bem como a diferença entre os dois espectros. Os valores da diferença entre os dois espectros foi multiplicado por 10 para se ajustar a escala do eixo y. É possível observar que as amostras macias apresentaram maior absorbância em relação às amostras duras na faixa entre 400 até 1.170nm, quando então as absorbâncias passaram a ser maiores nas amostras mais duras.

Estes resultados estão de acordo com os observados por Andrés et al. (2007) em ovinos, onde o grupo de amostras mais macias apresentou maior absorbância na faixa de 400 a 950nm e menor na região entre 1.100 a 2.498nm. Semelhante aos resultados observados neste trabalho, Park et al., (1998) observaram maiores absorbâncias em amostras de carne mais duras, em comprimentos de onda superiores entre aproximadamente 1.100 a 2.450nm, semelhante ao observado neste trabalho.

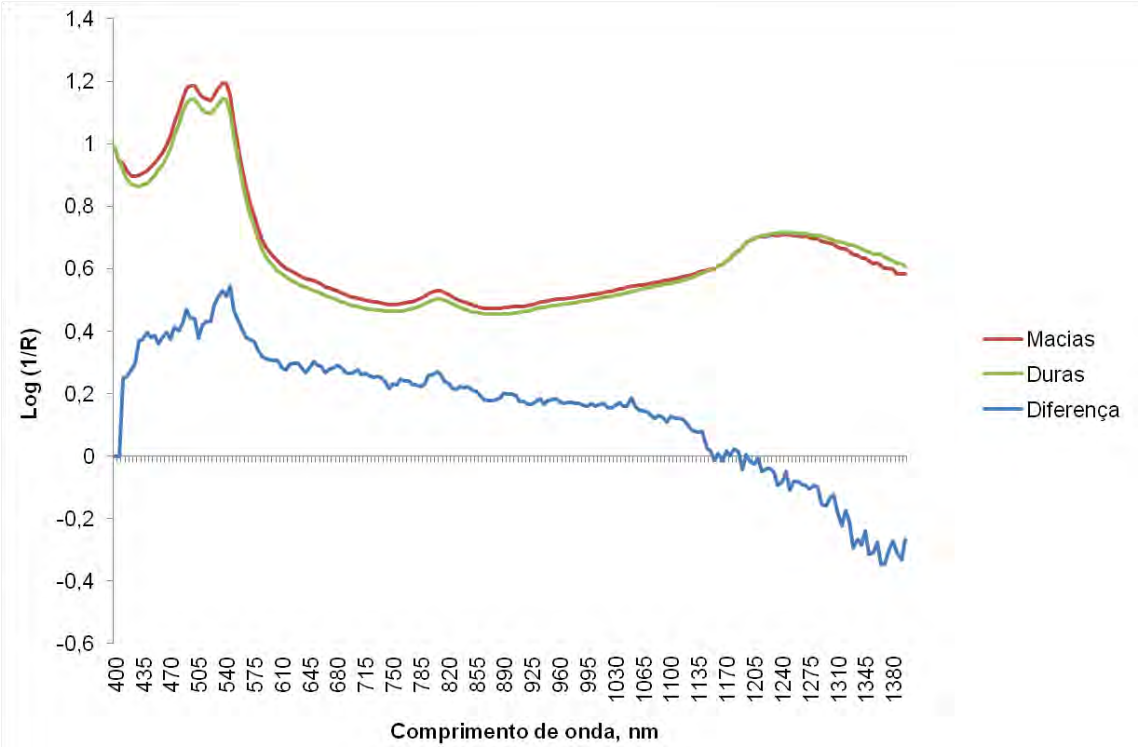

Figura 2 – Espectro médio das amostras com valores de FC menores que 5,0kg (macios), maiores que 7,0kg (duras) e da diferença entre ambos. A diferença foi multiplicada por 10 para se ajustar a escala do eixo y.

Em contrapartida, Prieto et al. (2009) e Ripoll et al. (2008) encontraram maiores absorbâncias para amostras menos macias na faixa entre 350 a 1800nm, diferindo dos resultados observados neste estudo, no que se refere aos comprimentos de onda no intervalo entre 400 a 1190nm.

De acordo com Andrés et al. (2007) a maior absorbância das amostras mais duras na região do infravermelho próximo (800 a 2.500nm) podem ser explicadas pelas diferenças no tamanho do sarcômero. Amostras que sofreram encurtamento das fibras musculares pelo frio (*cold shortening*), terão uma maior absorbância, em comparação as amostras que não sofreram encurtamento do sarcômero. Por outro lado, não há uma explicação aparente da maior absorbância observadas para as amostras mais macias na região entre 400 a 1.100nm.

De qualquer forma, os resultados dos espectros obtidos demonstram haver uma clara distinção entre os espectros das amostras consideradas macias ou duras, o que pode permitir a distinção das amostras em categorias de maciez, de acordo com o espectro e assim direcionar os produtos conforme as especificações de cada mercado.

Diversos trabalhos encontrados na literatura utilizaram diferentes tipos de equipamentos, capazes de realizar leituras em diferentes comprimentos de onda (e.g. desde 200 a 2.500nm). Entretanto, de acordo com Shackelford et al. (2005) e Shackelford et al. (2012), pouca informação adicional sobre a maciez da carne é adicionada quando são utilizados comprimentos de onda superiores 1.000nm. Recentemente Shackelford et al. (2005) e Shackelford et al. (2012) testaram um equipamento mais simples, que realiza leituras na faixa de 350 a 1050nm e observaram que os espectros obtidos nessa faixa de comprimento de onda são suficientes para identificar e classificar carcaça de acordo com a sua maciez.

A equação para a estimativa da FC apresentou um alto coeficiente de determinação na calibração bem como na validação cruzada (R^2=0,84 e 0,80, respectivamente), com erros de 0,33 e 0,38 kg, respectivamente (Tabela 2).

Os resultados sobre a acurácia do NIRS para estimativa da maciez da carne apresentam resultados variados. Andrés et al. (2008) avaliaram amostras de 30 bovinos, maturadas por 1, 3, 7 ou 14 dias e observaram que as equações para estimar a FC utilizando espectros entre 400 a 2.498nm apresentaram um R^2 na calibração e validação de 0,65 e 0,53, respectivamente. Por outro lado, Ripoll et al. (2008) encontraram R^2=0,74 tanto para a calibração quanto para a validação da FC na carne maturada por 7 dias.

Tabela 2 – Estatística descritiva das características avaliadas.

Características	Pré-tratamento espectral[1]	Nº de fatores	Calibração		Validação cruzada	
			R^2	RMSE	R^2	RMSE
Força de cisalhamento, kg	SP	4	0,84	0,33	0,80	0,38
Perdas por cozimento, %	2ª DER+MSC	3	0,96	0,13	0,80	0,32
pH 24 horas	EMSC	4	0,78	0,05	0,64	0,07
L*	1ª DER	7	0,93	1,87	0,82	3,23
a*	1ª DER	7	0,96	0,67	0,92	1,09
b*	EMSC	6	0,95	0,87	0,87	1,42

[1] SP – sem pré-tratamento; DER – Derivada; MSC – Correção do espalhamento multiplicativo; EMSC – correção do espalhamento multiplicativo estendido.

Adicionalmente, Prevolnik et al. (2004) revisando a literatura sobre a acurácia do NIRS para estimativa de diversas características físico-químicas da carne, observou variações nos R^2 das equações calibração entre 0,12 a 0,72 e na calibração entre 0,06 a 0,81. Recentemente, Prieto et al. (2009b) revisaram novamente a literatura, com trabalhos publicados após o ano de 2004 e relataram grandes variações na estimativa da maciez pelo NIRS quando comparada a painel sensorial (R^2= 0,003 a 0,69) ou pela FC (R^2=0,17 a 0,72).

Na equação para estimativa das PPC também foram observados altos coeficientes de determinação, tanto na calibração quanto na validação (R^2=0,96 e 0,80, respectivamente), com erros de 0,13 e 0,32, respectivamente. Menores coeficientes de determinação foram relatados por Andrés et al. (2008), onde as

equações de calibração explicaram 0,20 e 0,02, na calibração e na validação, respectivamente.

Contrário ao afirmado por Andrés et al. (2008) que as PPC não podem ser estimadas acuradamente utilizando o NIRS, os coeficientes de determinação para as equações obtidas por NIRS foram altos. Prieto et al. (2009) relataram R^2 variando entre 0,31 e 0,54 em equações para estimar as PPC através do NIRS. É possível que o maior coeficiente de determinação obtido neste trabalho esteja relacionado com o curto espaço de tempo entre a realização da espectroscopia e o processamento das amostras para determinação do PPC, além do fato das amostras utilizadas neste estudo não terem sido maturadas ou congeladas, o que reduz a influência de outros fatores que poderiam influenciar nas PPC, aumentando consequentemente a acurácia da estimativa pelo NIRS.

Entre as características avaliadas, o menor coeficiente de determinação foi observado na equação para estimar o pH24 (R^2=0,78 na calibração e 0,64 na validação). Resultados similares foram observados por Rosenvold et al. (2009), onde as equações para estimar o pH utilizando espectros obtidos por NIRS explicaram 85% da variação dessa característica na validação e 83% na validação. Coeficientes de determinação mais altos (R^2=0,97 e 0,91, na calibração e validação, respectivamente) foram observados por Andrés et al. (2008).

Em relação à estimativa das variáveis de cor (L*, a* e b*) através do NIRS, foram observados altos R^2 tanto na calibração quanto na validação, com variação de 0,93 a 0,95 nas equações de calibração e 0,82 a 0,92 na validação. Prieto et al. (2009) observou variações no poder de predição das equações utilizando o NIRS, que variaram de 0,64 a 0,85 para o L*, 0,19 a 0,77 para o a* e 0,44 a 0,77 para o b*.

Outra abordagem que tem sido dada em relação a utilização do NIRS para estimativa de características de maciez, é a verificação da acurácia das equações obtidas através dos espectros obtidos pelo NIRS, em classificar a carne em classes de maciez.

Neste trabalho, quando as amostras as amostras foram classificadas de acordo com a FC em amostras macias (FC<=5,5kg), intermediárias (FC>5,6<=7,0) ou duras (FC>7,1) a percentagem de classificação correta utilizando os valores de FC obtidos pelo NIRS foi de 88,6% (Figura 3). Entre as amostras não classificadas corretamente, 11,4% geraram valores preditos que superestimaram a classe de maciez, ou seja, amostras que pelo método de referência (FC) eram macias e foram preditas como duras (11,1%) ou eram intermediárias e foram classificadas pelo NIRS como duras (88,9%).

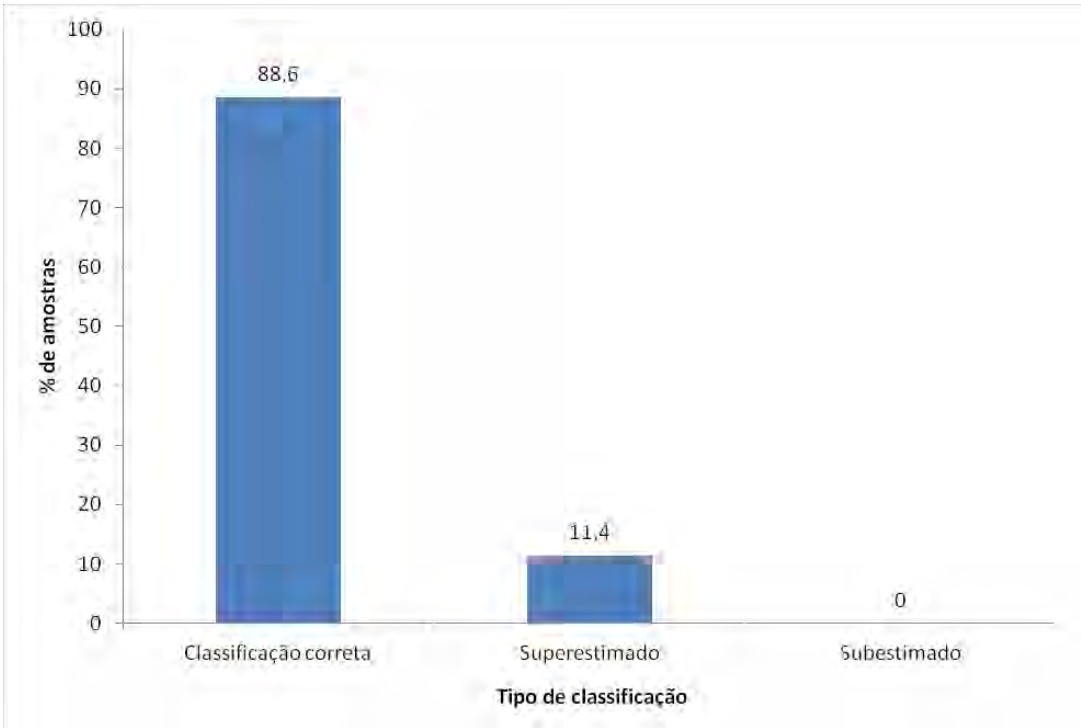

Figura 3 – Percentagem de amostras classificadas de acordo com a classe de maciez

É importante resaltar, em função do pequeno número de amostras consideradas macias neste estudo (FC<5,5kg; 6% do total), a percentagem de amostras classificadas corretamente pode ter sido influenciada, devido a pequena variabilidade da amostra.

No entanto, a utilização do NIRS para a classificação das amostras em classes de maciez tem apresentado bons resultados. Liu et al. (2003) observaram que dependendo do tipo de pré-tratamento espectral utilizado na análise dos dados, a percentagem de classificação correta das amostras (macias classificadas como macias e duras classificadas como duras) variou de 83 a 96,1%.

De acordo com Prevolnik et al. (2004) e Prieto et al. (2009b), vários fatores podem influenciar na acurácia das estimativas obtidas pelo uso do NIRS, entre as quais estão a variabilidade do material avaliado, característica em estudo (propriedades químicas, físicas, sensoriais ou de textura), método de referência para validação (painel sensorial, *Warner Bratzler shear force, slice shear force*), tipo e calibração do equipamento utilizado, entre outros.

CONCLUSÕES

A espectroscopia de infravermelho pode ser utilizada para estimar características físicas químicas da carne e para classificar amostras de carne *in natura* de acordo com a maciez, entretanto, estudos adicionais para validação desses modelos em diferentes populações devem ser realizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA. (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of meat. Am. Meat Sci. Assoc., Chicago, IL.

ANDRÉS, S.; MURRAY, I., NAVAJAS, E.A., FISHER, A.V., LAMBE; N.R., BÜNGER, L. (2007). Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. **Meat Science**, v.76, n.3, p.509-516.

BONIN, M. N. (2008) Estudo da influência de touro e de genearca da raça Nelore nos aspectos quantitativos e qualitativos de carcaça e da carne.Dissertação de Mestrado. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo. 179p.

FERRAZ, J.B.S., FELÍCIO, P.E. (2010). Production systems – Na example from Brazil. **Meat Science**, v.84, n.2, p.238-243.

KING, D.A., MORGAN, W.W., MILLER, R.K., SANDERS, J.O., LUNT, D.K., TAYLOR, J.F., GILL, C.A., SAVELL, J.W. (2006). Carcass merit between and among family groups of Bos indicus crossbred steers and heifers. **Meat Science**, v.72, n.3, p.496-502.

LIU, Y.; LYON, B.G.; WINDHAM, W.R.; REALINI, C.E.; PRINGLE, T.D.D.; DUCKETT, S. Prediction of color, texture, and sensory characteristics of beef steaks by visible and near infrared reflectance spectroscopy. A feasibility study. **Meat Science**, v.65, n.3, p.1107-1115.

PARK, B.; CHEN, Y.R., HRUSCHKA, W.R., SHACKELFORD, S.D., KOOHMARAIE, M. (1998). Near-infrared reflectance analysis for predicting beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2115-2120.

PFLANZER, S.B.; FELÍCIO, P.E. (2011) Effects of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. **Meat Science**, v.83, n.4, p.697-701.

PRIETO, N., ROSS, D.W., NAVAJAS, E.A., NUTE, G.R., RICHARDSON, R.I., HYSLOP, J.J., SIMM, G., ROEHE, R. (2009a). On-line application of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict chemical‑physical and sensory characteristics of beef quality. **Meat Sience**, v.83, n.1, p.96-103.

PRIETO, N., ROEHE, R., LAVÍN, P., BATTEN, G., ANDRÉS, S. (2009b). Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. **Meat Science**, v.83, n.2, p.175-186.

RIPOLL, G., ALBERTÍ, P., PANEAA, B., OLLETAB, J.L., SAÑUDO, C. (2008). Near-infrared reflectance spectroscopy for predicting chemical, instrumental and sensory quality of beef. **Meat Science**, v.80, p.697-702.

ROSENVOLD, K., MICKLANDER, E., HANSEN, P.W., BURLING-CLARIDGE, R., CHALLIES, M., DEVINE, C., NORTH, M. (2009) Temporal, biochemical and structural factors that influence beef quality measurement using near infrared spectroscopy. **Meat Science**, v.2, n.3, p.379-38.

RUST, S.R., PRICE, D. M., SUBBIAH, J., KRANZLER, G., HILTON, G. G., VANOVERBEKE, D. L., MORGAN, J. B. (2008) Predicting beef tenderness using near-infrared spectroscopy. **Journal of Animal Science**, n.86, p.211-219.

SCHACKELFORD, S.D., WHEELER, T.L., KOOHMARAIE, M. (2004) Development of optimal protocol for visible and near-infrared reflectance spectroscopic evaluation of meat quality. **Meat Science**, v.68, p.371-381.

SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L., KING, D. A., KOOHMARAIE, M. (2012a) Technical note: Validation of a model for online classification of US Select beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Animal Science**, n.90, p.973-977.

SHACKELFORD, S. D., WHEELER, T. L., KING, D. A., KOOHMARAIE, M. (2012b) Field testing of a system for online classification of beef carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Animal Science**, n.90, p.978-988.

VOTE, D. J., BELK, K. E., TATUM, J. D., SCANGA, J. A., SMITH, G. C. (2003) Online prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with a BeefCam module. **Journal of Animal Science**, n.81, p.457-465.