

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E DA CARNE
DE CORDEIRAS PANTANEIRAS ABATIDAS
COM DIFERENTES ESPESSURAS DE
GORDURA SUBCUTÂNEA

Autora: Natália Holtz Alves Pedroso Mora
Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Gasparino

MARINGÁ
Estado do Paraná
dezembro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E DA CARNE
DE CORDEIRAS PANTANEIRAS ABATIDAS
COM DIFERENTES ESPESSURAS DE
GORDURA SUBCUTÂNEA

Autora: Natália Holtz Alves Pedroso Mora
Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Eliane Gasparino

Tese apresentada como parte das exigências
para obtenção do título de DOUTOR EM
ZOOTECNIA, no Programa de Pós-
graduação em Zootecnia da Universidade
Estadual de Maringá - Área de
concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
dezembro – 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M327dc	<p>Mora, Natália Holtz Alves Pedroso</p> <p>Características da carcaça e da carne de cordeiras pantaneiras abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea / Natália Holtz Alves Pedroso Mora. - - Maringá, 2015.</p> <p>64 f. : il., tabs., figs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo.</p> <p>Coorientadora: Profa. Dra. Eliane Gasparino.</p> <p>Tese (doutorado)- Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.</p> <p>1. Cordeiras pantaneiras - Carcaça. 2. Alometria. 3. Ovinos. 4. Lipídeos. I. Macedo, Francisco de Assis Fonseca de, orient. II. Gasparino, Eliane, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.</p> <p>CDD 21.ed.636.3</p>
--------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E DA CARNE
DE CORDEIRAS PANTANEIRAS ABATIDAS
COM DIFERENTES ESPESSURAS DE
GORDURA SUBCUTÂNEA**

Autora: Natália Holtz Alves Pedroso Mora
Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 18 de dezembro de 2015.

MSSP.

Prof.^a Dr.^a Magali Soares
dos Santos Pozza

Fernanda Loni Alves de Almeida

Prof.^a Dr.^a Fernanda Losi
Alves de Almeida

Heraldo César Gonçalves

Prof. Dr. Heraldo César
Gonçalves

Petrônio Pinheiro Porto

Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto

Francisco de Assis Fonseca de Macedo

Prof. Dr. Francisco de Assis
Fonseca de Macedo
(Orientador)

Ao meu Senhor Deus, por me abençoar com apreço e paixão pela pecuária.

Ao meu avô, Pedro de Carvalho Alves, (*in memoriam*), por quem tenho eterna admiração e certamente ficaria feliz com a conclusão desta etapa.

À minha família, por não terem medido esforços para que eu me dedicasse aos estudos, por todo amor, apoio e incentivo. “*Andei distante, jamais ausente*”.

Ao Thiago Gomes de Macedo, que me amparou ao longo desses anos em Maringá, por todo carinho e companheirismo. Grata por tudo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Francisco de Assis Fonseca de Macedo, com quem venho trabalhando desde o meu segundo ano da graduação. Desde então, além da orientação, conselhos e auxílio, fez o seu melhor para incutir em mim o interesse pela pesquisa em ovinos.

À professora Dr^a. Eliane Gasparino, pelo apoio e incentivo, por me receber tão bem em seu grupo e me auxiliar com as análises.

Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, por todo suporte e auxílio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento de toda realização do projeto de pesquisa.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores e pesquisadores da UEM, em especial Dr^a. Ana Guerrero, Dr^a. Andresa Carla Feihrman, Dr^a. Fernanda Losi Alves de Almeida, Dr^a. Claudete Regina Alcalde, Dr. Elias Nunes Martins. Dr^a. Magali Soares dos Santos Pozza e Dr. Ricardo Souza Vasconsellos, que me atenderam como meus orientadores adicionais, doando seu tempo e esforço para me auxiliar com análises e discussões sobre minha pesquisa.

Ao professor Dr. José Carlos Silveira Osório, por me transmitir, mesmo a distância, o seu conhecimento sobre alometria em ovinos.

À Fazenda Experimental de Iguatemi/UEM, por ter viabilizado o espaço para realização do experimento e seus funcionários que me auxiliaram e participaram ativamente do experimento de campo e nos abates das cordeiras.

Aos técnicos do Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal/DZO, e às técnicas do Laboratório de Histologia/DCM, pelo auxílio e apoio.

Aos colegas Alexandre Agostinho Mexia, Ana Paula Del Viesco, Ana Paula Silva Possamai, Bruno Lala Silva, Franciane Barbiéri Dias Senegalhe, Janaína Furlanetto de Mello Longo, Lorena Batista de Moura e Stefânia Caroline Claudino Silva, que temporariamente deixaram de lado seus projetos para me ajudarem a construir esta tese.

Ao Grupo de Estudos em Ovinocultura (GEOvi-UEM) pela amizade e por muito me ajudarem nas análises em laboratório, análise sensorial e dissecação.

Às pessoas não mencionadas, que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

Finalmente, gostaria de agradecer a Universidade Estadual de Maringá, por ter me recebido tão bem desde 2007. Todo aprendizado ao longo desses anos faz diferença no mercado de trabalho, principalmente pelas habilidades analíticas e de vida aqui conquistadas.

BIOGRAFIA

NATÁLIA HOLTZ ALVES PEDROSO MORA, filha de João Francisco Pedroso Mora e Regina Mara Holtz Alves Pedroso Mora, nascida em Sarapuí, São Paulo, no dia 03 de fevereiro de 1989.

Em março de 2007, iniciou no curso de graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual de Maringá, onde foi bolsista de iniciação científica, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), graduando-se em janeiro de 2012.

Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá, em nível de Mestrado, área de Produção Animal, concluindo-o em março de 2013.

Em março de 2013, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em nível de doutorado, área de concentração produção animal.

Submeteu-se em abril de 2015 ao exame geral de qualificação, como parte das exigências para a conclusão do doutorado em Zootecnia, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em 18 de dezembro de 2015, submeteu-se à banca examinadora para a defesa de tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de doutor em Zootecnia.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
II – INTRODUÇÃO	4
2.1 Introdução geral	4
2.2 Grupo genético pantaneiro	5
2.3 Ultrassonografia em tempo real	6
2.4 Maturidade fisiológica em ovinos	8
2.5 Características do tecido muscular estriado esquelético	9
2.5.1 Contração muscular	11
2.5.2 Processo de <i>rigor mortis</i> e transformação do músculo em carne	12
2.6 Características da carne ovina	14
2.6.1 Avaliações físicas	14
2.6.2 Avaliações químicas	15
2.6.3 Avaliações sensoriais	16
REFERÊNCIAS	18
III – OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo geral	23
3.2 Objetivos específicos	23

IV – ALLOMETRY IN CARCASSES OF THE PANTANEIRO GENETIC GROUP LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT SUBCUTANEOUS FAT THICKNESS	24
Abstract	24
Resumo	25
Introduction	26
Material and methods	26
Results and discussion	29
Conclusion	34
References	35
V – PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MEAT FROM PANTANEIRO LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT OF SUBCUTANEOUS FAT THICKNESSES	37
Abstract	37
Resumo	38
Introduction	39
Material and Methods	40
Results and Discussion	44
References	47
VI – LIPID COMPOSITION AND SENSORY TRAITS OF MEAT FROM PANTANEIRO LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT SUBCUTANEOUS FAT THICKNESS	51
Abstract	51
Resumo	52
Introduction	53
Material and methods	54
Results and discussion	57
Conclusion	62
References	62

LISTA DE TABELAS

	Página
IV – ALLOMETRY IN CARCASSES OF THE PANTANEIRO GENETIC GROUP LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT SUBCUTANEOUS FAT THICKNESS	
Tabela 1	27
Composition in g/kg in the dry matter of ingredients and chemical composition of the experimental diet	
Tabela 2	29
Allometric coefficient (β) of the commercial cuts of Pantaneiro female lamb carcass in relation to half carcass	
Tabela 3	30
Pearson correlation of the commercial cuts with the half carcass of Pantaneiro female lambs	
Tabela 4	31
Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to half carcass	
Tabela 5	32
Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to the shoulder cut	
Tabela 6	32
Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to the loin cut	
Tabela 7	33
Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to the leg cut	
V – PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MEAT FROM PANTANEIRO LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT OF SUBCUTANEOUS FAT THICKNESSES	
Tabela 1	41
Composition, in g kg ⁻¹ fresh matter, of the ingredients that composed the experimental diet, and chemical composition of the experimental diet	

Tabela 2	Means and standard deviations for the pH and color values of the <i>Longissimus dorsi</i> muscle from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses (mm)	44
Tabela 3	Means and standard deviations for the cooking loss, shear force, and sarcomere length in meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses (mm)	45
Tabela 4	Means and standard deviations for the chemical composition of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses (mm)	46
VI – LIPID COMPOSITION AND SENSORY TRAITS OF MEAT FROM PANTANEIRO LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT SUBCUTANEOUS FAT THICKNESS		
Tabela 1	Ingredients, in g/kg DM, and chemical composition	55
Tabela 2	Detailed fatty acid profile of the <i>Longissimus dorsi</i> muscle from lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses	58
Tabela 3	Mean values for the sensory analysis of Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses	61

LISTA DE FIGURAS

	Página
II – INTRODUÇÃO GERAL	
Figura 1 Ultraestrutura da fibra muscular estriada. Miofibrilas organizadas em sarcômeros com as bandas A, I, M e linha Z. Adaptado de Dal-Pai Silva e Carvalho (2007)	10
V – PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF MEAT FROM PANTANEIRO LAMBS SLAUGHTERED WITH DIFFERENT OF SUBCUTANEOUS FAT THICKNESSES	
Figura 1 Photomicrography of muscle fibers of the <i>Longissimus dorsi</i> muscle displaying the A (dark) and I (light) bands. Staining: Mallory phosphotungstic acid hematoxylin. 1000 X magnification	43

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a espessura de gordura subcutânea ideal ao abate; verificar a maturidade fisiológica e as características da carne de cordeiras pantaneiras abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea (EGS). Foi realizado um experimento de campo, utilizando-se 24 cordeiras, com aproximadamente 100 dias de idade e peso médio inicial de $16,24 \pm 1,78$ kg, todas do grupo genético pantaneiro, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos (2,00; 3,00 e 4,00 mm EGS) e oito repetições. Para todas as análises foi adotado o nível de significância de 0,05. As fêmeas foram distribuídas aleatoriamente, em baias individuais cobertas com piso ripado suspenso. Os animais receberam água à vontade durante todo o período experimental e foram alimentados com ração completa e peletizada, formulada para um ganho de peso diário de 0,30 kg. As avaliações por ultrassonografia entre a 12^a e 13^a costelas, e pesagens foram realizadas a cada 15 dias. Conforme as cordeiras atingiam a EGS pré-determinada, as mesmas eram abatidas no dia seguinte às aferições, independentemente do peso. Artigo I: Para as avaliações de alometria em carcaça, todos os tratamentos apresentaram crescimento isogônico ($\beta=1$) para os cortes pescoço e costilhar. Entretanto, os cortes paleta, lombo e perna apresentaram crescimento heterogônico para os tratamentos 2,00 e 3,00 mm EGS. Houve transição para crescimento isogônico a partir do tratamento 4,00 mm. Os cortes perna e paleta em relação à meia carcaça apresentaram a maior correlação (0,83), sendo estes indicados para representar a carcaça como um todo pelo método de dissecação. Os cortes apresentaram taxas de crescimento diferentes nos componentes teciduais. Recomenda-se o abate de fêmeas Pantaneiras com 3,00 mm de espessura de gordura subcutânea em função da carcaça já ter atingido a sua maturidade fisiológica. Artigo II: Para as características físico-químicas da carne, o pH 0 hora (6,58); 24 h (5,50) e perdas por cocção (23,99%) não diferiram entre os tratamentos. As cordeiras abatidas com 2,00 mm e 3,00 mm apresentaram carne com maior luminosidade, porém animais com 3,00 e 4,00 mm foram superiores para intensidade de vermelho a* e intensidade de amarelo b*. Fêmeas abatidas com 4,00 mm de EGS (1,43 kgf) apresentaram carne mais macia que as de 2,00 mm (2,52 kgf). Cordeiras abatidas com 4,00 mm apresentaram maiores valores (1,47 μm) para comprimento de sarcômero. A proteína bruta (21,15%) e umidade (72,38%) das amostras do tratamento 2,00 mm foram superiores aos de 4,00 mm (19,75%; 70,39%, respectivamente). Os lipídeos totais (4,84%) na carne dos animais abatidos com 4,00 mm foram superiores aos de 2,00 mm (2,79%). Não houve diferenças para valores de matéria mineral com média 1,87%. Recomenda-se o abate de cordeiras com 3,00 mm de espessura de gordura no lombo, pois englobaram maior número de características favoráveis em relação à composição química da carne, maciez

e coloração. Artigo III: As EGS não alteraram o perfil de ácidos graxos da carne das cordeiras pantaneiras. Para a análise sensorial, a carne dos animais abatidos com 4,00 mm de EGS foi melhor pontuada para as variáveis aceitação global e sabor característico quando comparada com as fêmeas abatidas com 2,00 mm. Por sua vez, o tratamento com 3,00 mm não diferiu dos demais. Para as características sensoriais odor e suculência não foram verificados efeitos da EGS. Recomenda-se o abate de cordeiras do grupo genético pantaneiro com 3,00 mm de espessura de gordura subcutânea no lombo, pois englobaram maior número de atributos favoráveis em relação à análise sensorial.

Palavras-chave: alometria, fêmeas, lipídeos, lombo, ovinos, sensorial.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the thickness of subcutaneous fat ideal slaughter; check physiological maturity and the meat characteristics of Pantaneiro lambs slaughtered with different thickness of subcutaneous fat (SFT). A field experiment was conducted using 24 female lambs, with approximately 100 days of age and average initial weight of 16.24 ± 1.78 kg, all of the Pantaneiro genetic group, in a completely randomized design with three treatments (2,00; 3,00 e 4,00 mm SFT) and eight repetitions. For all analyzes was adopted the 0.05 significance level. The females were randomly distributed in individual boxes, with suspended slatted floor. The animals received water *ad libitum* throughout the experimental period and were fed complete and pelleted feed formulated for a daily gain of 0.30 kg. The ratings by ultrasound between the 12th and 13th ribs, and weighing were performed every 15 days. As lambs reached the predetermined SFT, they were slaughtered the day after the measurements, regardless of weight. Article 1: For allometry in carcass, neck and rib showed isogonic growth in all treatments. However, the shoulder, loin and leg cuts showed heterogonic growth for the treatments 2.00 and 3.00 mm STF. There was a transition to isogonic growth from the treatment 4.00 mm STF. The leg and shoulder cuts in relation to half carcass showed the greatest correlation (0.83). The cuts have different growth rates in the tissue components. It is recommended to slaughter female lambs when they reach 3.00 mm of subcutaneous fat thickness, since the carcass has already reached physiological maturity. Article 2: For the physicochemical characteristics of meat, the pH values for 0 hour (6.58); 24 hour (5.50) and cooking losses (23.99%) did not differ between treatments. As for coloring meat, lambs slaughtered with 2.00 mm and 3.00 mm showed meat with higher luminosity; however animals with 3.00 and 4.00 mm were superior to the intensity of red a^* and intensity of yellow b^* . Females slaughtered with 4.00 mm of SFT (1.43 kgf) was more soft meat than the 2.00 mm (2.52 kgf). Lambs slaughtered at 4.00 mm were higher (1.47 μ m) for sarcomere length. The crude protein (21.15%) and moisture (72.38%) samples of treatment 2.00 mm were superior to 4.00 mm (19.75%, 70.39% respectively). The total lipids (4.84%) in the meat of animals slaughtered at 4.00 mm were higher than 2.00 mm (2.79%). There were no differences for contents of ash with an average 1.87%. The slaughter of animals with 3.00 mm thickness of fat in loin is recommended because it encompassed a greater number of favorable characteristics in relation to the chemical composition of meat, softness and color. Article 3: The SFT did not alter the fatty acid profile of meat from Pantaneiro lambs. For the sensory analysis, the meat from the animals slaughtered with 4.00 mm SFT received the best score for variables overall acceptance and characteristic flavor as compared with the females slaughtered with 2.00 mm SFT. The treatment with 3.00 mm

SFT, however, did not differ from the others. For sensory traits odor and juiciness, no effect of SFT was found. It is recommended to slaughter lambs with 3.00 mm thickness of subcutaneous fat on the loin, because covered better number of favorable attributes in sensory analysis.

Keywords: allometry, females, lipids, loin, sheep, sensory.

I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É de domínio universal, que a partir do amadurecimento fisiológico da carcaça dos animais de produção, o tecido adiposo passa a ser depositado em maior proporção que os outros tecidos. Sabe-se também que o gasto energético para deposição de gordura é superior ao dos demais tecidos (Lanna, Fox, & Boin, 1996).

Nos ruminantes, a gordura exerce grande influência sobre a qualidade da carne. A gordura subcutânea apresenta alta correlação com os depósitos nos demais sítios, sendo de fácil mensuração nos animais vivos. Isso faz com que a espessura de gordura subcutânea seja utilizada como parâmetro confiável na determinação do ponto ótimo de abate em várias espécies de animais produtores de carne. Atualmente, a ultrassonografia tem sido usada como ferramenta para acompanhamento da evolução da espessura de gordura subcutânea e profundidade do músculo *Longissimus dorsi* (Pinheiro, Jorge, & Yokoo, 2010).

A gordura subcutânea funciona como isolante térmico, protegendo os músculos dos efeitos negativos da exposição direta à temperatura de refrigeração, permitindo que as carcaças resfriem mais lentamente, em ritmo próximo à curva ideal, além de otimizar a atividade enzimática proteolítica, reduzindo a probabilidade de ocorrência de encurtamento pelo frio (*cold shortening*). Sañudo, Afonso, Sánchez, Delfa e Teixeira (2000) confirmaram que a gordura protege a carcaça dos efeitos negativos da baixa temperatura de resfriamento e congelamento e da perda excessiva de água pela formação de cristais de gelo dentro das células. Segundo os mesmos autores, esses cristais causam lesões celulares, no momento de descongelar a carne, com aumento da perda de água, além de outros nutrientes, como proteínas, minerais e vitaminas.

É de conhecimento universal que a gordura subcutânea, além de proporcionar a proteção da carcaça, durante o processo de resfriamento, interfere nas características

organolépticas da carne, que leva a maioria dos consumidores a exigir carcaças com um mínimo de gordura. A distribuição da gordura na carcaça varia de acordo com a raça, sendo que raças ovinas rústicas depositam gordura nas cavidades corporais, região sacra e na base da cauda. Por outro lado, nas raças produtoras de carne, a gordura se distribui uniformemente no tecido subcutâneo. Assim, os tecidos da carcaça, especialmente o adiposo, por apresentar maior variabilidade e interferir no *flavor* da carne, devem receber particular atenção (Osório, Osório, Oliveira, & Siewerdt, 2002).

Hipotetiza-se que valores entre 2 e 5 mm para espessura de gordura subcutânea são apropriados para a proteção satisfatória das carcaças ovinas, prevenindo com eficiência o encurtamento muscular e as perdas líquidas durante a refrigeração, congelamento, processamento, transporte, armazenamento e descongelamento, com impacto positivo sobre a maciez, cor, sabor e suculência da carne. Entretanto, torna-se necessária a determinação da espessura de gordura subcutânea de cordeiros dos diferentes grupos genéticos, para abatê-los com acabamento que proporcione maior retorno econômico, sem comprometimento das características sensoriais.

Para cada grupo racial de ovinos existe um peso econômico de abate, em que a proporção de músculo é máxima, de osso é mínima e de gordura suficiente para manter as propriedades organolépticas e de conservação da carcaça (Osório, Sañudo, & Osório, 1998). Para Almeida Júnior et al. (2004), quanto maior a idade de abate dos ovinos, menores serão os ganhos diários de peso corporal, que reflete negativamente na eficiência econômica do sistema. Animais cujo genótipo determina maior peso adulto tendem a apresentar maiores ganhos de peso, porém, necessitam mais tempo em cada fase de crescimento e desenvolvimento, para atingir a maturidade (Alcalde, Sañudo, Osório, Olletae, & Sierra, 1999). Quando comparados com outros mais precoces, a igual peso vivo, eles apresentam mais proteína e tecido ósseo e menos gordura (Haresing & Cole, 1989). Portanto, para se comparar o crescimento em diferentes grupos raciais, deve-se ter o conhecimento do grau de maturidade, representado pelo estado de equilíbrio anatômico do animal adulto (Butterfield, 1988).

A eficiência de conversão diminui (kg de alimento ingerido/kg de ganho de peso) em cordeiros abatidos com excesso de gordura, impactando o custo de produção. O animal, ao se aproximar da fase adulta, apresenta aumento na porcentagem de gordura fazendo parte do ganho de peso, enquanto que a participação de proteína diminui. Após atingir o máximo de massa muscular na curva de crescimento animal, o ganho passa a ser composto basicamente de tecido adiposo (Bridi, 2009a).

A região Centro-Oeste, por possuir extensões territoriais atrativas e clima favorável, vem impulsionando a criação de ovinos para produção de carne. Esse crescimento tem despertado o interesse de criadores em utilizar ovinos do grupo genético pantaneiro, por possuir características desejáveis de criação, principalmente pelo fato de serem animais rústicos e as fêmeas serem poliéstricas anuais. Utilizar este grupo genético no rebanho ovino de corte brasileiro poderá proporcionar uma produção estável de cordeiros, pois além de naturalizados, são adaptados ao clima tropical. Por outro lado, existe a necessidade de avaliação técnica desses animais para certificação do seu real potencial produtivo.

Otimizar a ultrassonografia como ferramenta para aferir a conformação de carcaças com ótimo acabamento, independente de peso ao abate, também auxilia na diminuição de dias de terminação em confinamento, como um ciclo mais rápido para a oferta de carne com qualidade para o consumidor.

Diante disso, recomendam-se pesquisas que visem determinar a espessura de gordura subcutânea ideal para orientar o abate dos cordeiros do grupo genético pantaneiro, com o objetivo de detectar o sistema produtivo de maior eficiência e manutenção das características sensoriais da carne.

II – INTRODUÇÃO

2.1 Introdução geral

A perspectiva de consumo da carne ovina brasileira vem apresentando relevância na mesa dos consumidores. Mesmo que a cadeia produtiva não se apresente organizada, a demanda por este tipo de proteína animal vem sendo estimulada pelo elevado consumo em diversas regiões, mesmo com a oferta falha em todo o país, o que tem impactado o preço do produto final.

Sório (2010), avaliando o mercado de carnes ovinas entre 1997 a 2008, observou que a importação de carne ovina passou de um valor de US\$ 6 milhões para mais de US\$ 23 milhões. Em 2013, o Brasil se tornou o maior comprador de carne ovina do Uruguai, segundo o Instituto Nacional de Carnes do Uruguai (INAC), comprando mais de 45% de sua produção. A carne ovina importada vem se intensificando no país, o que demonstra que há espaço para produtores brasileiros fortalecerem a estrutura desta cadeia, principalmente com o objetivo de atingir tal demanda.

A carne ovina é considerada por vários *gourmets* como um produto nobre, e seu consumo encontra-se associado à população de maior poder aquisitivo. Na cidade de São Paulo, a maior metrópole brasileira, donos de restaurantes relatam um consumo de 1,4 kg/per capita/ano.

Para abastecimento do mercado, ovinocultores necessitam intensificar suas produções, visando ofertar carne de qualidade durante todo o ano. Raças com aptidão de carne nos cruzamentos e raças maternas com ciclo poliéstrico anual podem ser uma alternativa inicial de base para aumentar o rebanho efetivo. O melhoramento genético consegue suprir esta necessidade, selecionando raças e animais especificamente para

este objetivo, possibilitando produção mais homogênea e, assim, permitir alcançar melhores índices produtivos, para garantir melhores ofertas.

O uso da ultrassonografia em tempo real, assessorando o acabamento ideal em animais *in vivo*, auxilia o abate de animais em menor tempo de confinamento, reduz custos com alimentação, oferta de carcaças de qualidade e boa conformidade para o mercado.

Portanto, para que o crescimento do mercado de ovinos de corte seja impulsionado no contexto da pecuária brasileira, é importante empregar ferramentas que favoreçam esta atividade ou que facilitem o conhecimento de novas formas de seleção de rebanhos para potencializar e estruturar esta cadeia, atendendo as exigências do mercado consumidor.

2.2 Grupo genético pantaneiro

Na última década, vem sendo estudado um novo grupo genético de ovinos estabelecido na região Centro-Oeste do Brasil, com intuito de formação e padronização racial para estimular a criação de ovinos nesta região.

Esses ovinos, denominados pantaneiros, são oriundos de cruzamentos entre as raças que foram trazidas pelos colonizadores, na época do descobrimento do Brasil (Mariane, Albuquerque, Egito, & Mcmanus, 1999). Segundo Gomes et al. (2007), exemplares deste grupo apresentaram combinação de alelos ligados às raças lanadas do sul (Crioula) e deslanadas do nordeste (Santa Inês), o que demonstra grande diversidade genética, e explica a facilidade de adaptação.

Para Vargas Junior et al. (2011), esses ovinos foram encontrados em fazendas mais isoladas da região, criados em sistema extensivo, sem nenhum controle reprodutivo ou sanitário, sofreram seleção natural e adaptação às condições climáticas da região. Um exemplo desta adaptação, segundo Costa et al. (2013), está em algumas características peculiares, como a pouca ou nenhuma lã nas pernas e ventre, locais que permaneceriam mais tempo molhados, prejudicando a locomoção, quando em contato com regiões alagadas ou vegetações densas.

Esses animais possuem características diferenciadas que podem favorecer a criação e aumentar o rebanho brasileiro de ovinos. Martins et al. (2008), ao trabalharem com três estações de monta em período de luminosidade crescente, observaram que as ovelhas pantaneiras não apresentaram estacionalidade reprodutiva. Portanto, podem ser

empregadas como linhagem materna, e assim, possuem capacidade de proporcionar três crias a cada dois anos com intervalo de parto de oito meses, semelhantes às raças nordestinas deslanadas, como a Santa Inês.

Os ovinos pantaneiros, pelas características de seleção natural, ainda possuem múltipla aptidão, produzindo carne, leite, lã e pele, sendo necessário definir critérios e objetivos de seleção para o melhoramento genético desses animais (Costa et al., 2013), e assim garantir bons resultados de produção.

De acordo com Longo et al. (2012), as fêmeas apresentam boa habilidade materna e produção leiteira, variando em função da idade e dias de lactação, o que influencia no aumento de peso de desmame dos cordeiros. Segundo Oliveira et al. (2014), as fêmeas foram caracterizadas com cabeça relativamente grande, com características do tronco proporcionais e bons aprumos. O peso corporal das ovelhas também apresentou crescimento gradativo com o aumento da idade, indicando que estas características têm desenvolvimento proporcional ao do tronco.

Conhecer a qualidade e características produzidas desses animais pode-se projetar um sistema de criação adequado para aumentar a produção de carne ovina pantaneira.

2.3 Ultrassonografia em tempo real

No Brasil, os sistemas de produção de carne de ruminantes estão propagando o uso da ultrassonografia em tempo real (UTR). Esta técnica permite uma avaliação rápida, não é invasiva ou destrutiva, pode ser usada para predizer a composição corporal animal e avaliar a qualidade da composição de uma carcaça (Teixeira, 2008).

A técnica da ultrassonografia, segundo Stanford, Jones e Price (1998), baseia-se em conversão de pulsos elétricos em ondas sonoras de alta frequência, que são refletidas através dos tecidos corporais com diferentes densidades bioacústicas e refletem essas, de volta ao aparelho. As ondas que retornam ao ultrassom são recodificadas em pulsos elétricos, e estes formam imagens em duas dimensões, que podem ser usadas para estimar a composição tecidual. O equipamento opera em preto e branco, permitindo-se utilizar um cursor para realizar medidas em milímetros, principalmente as interfaces, constituídas pelos tecidos ósseo, adiposo e muscular (Teixeira, 2008).

Na ovinocultura europeia, esta técnica tem sido utilizada como ferramenta para assistir programas de melhoramento, a fim de selecionar animais que possuam melhores

características para depósito muscular e adiposo, visando carcaças com qualidade e bom acabamento. Teixeira, Matos, Rodrigues, Delfa e Cadavez (2006) e Ripoll, Joy e Sanz (2010) sugerem o uso da UTR para avaliar a espessura de gordura e assim prever a composição da carcaça como um todo. Estudos brasileiros sugerem uma correlação alta e significativa entre a espessura de gordura por ultrassonografia *in vivo* e na carcaça pós-abate (Cartaxo et al., 2011; Macedo et al., 2014;).

O uso desta técnica na avaliação *in vivo* possui também seus pré-requisitos. A experiência do operador, seu conhecimento e identificação dos pontos anatômicos para realização das medidas, como a contenção do animal merece maior cautela, principalmente para proporcionar medidas precisas e evitar erros (Teixeira & Delfa, 2006). A escolha do tipo de sonda, o acoplamento e a pressão aplicada à sonda também são o diferencial para resultados acurados.

Para as avaliações em carcaça, principalmente nos tecidos muscular, ósseo e adiposo, a escolha do tipo de sonda interfere nos resultados das avaliações. Em ovinos e caprinos, as mais utilizadas para medir espessura de gordura subcutânea ou profundidade de músculo são as sondas lineares de aplicação externa de 7,5 e 5,0 MHz de frequência (Teixeira et al., 2006).

Em ovinos de corte, as principais medidas realizadas correspondem à espessura de gordura subcutânea, profundidade e área do músculo *Longissimus dorsi*. As localizações anatômicas mais precisas são entre a 12^a e a 13^a vértebra torácica, e entre a 3^a e 4^a vértebra lombar.

Em animais lanados, uma opção para facilitar o acoplamento da sonda é a utilização do pente para separação do velo. Esta técnica, segundo Teixeira et al. (2006), permitiu traçar uma superfície limpa que, junto ao um agente acoplante (gel), favorece contato acústico da sonda com a pele do animal e, assim, obtém uma imagem clara para as avaliações. Os mesmos autores observaram efeito negativo que a tosquia, ou mesmo a depilação da região, que é efetuada nas medidas provoca sobre a pele e velo dos animais lanados ou semilanados, além de ser uma técnica inviável em trabalhos a campo e abatedouros.

O uso da UTR é uma técnica eficiente, pois se podem abater animais com bom acabamento, independente de peso ao abate, o que resulta em um ciclo mais rápido para a oferta de carne e diminuição de dias de terminação.

2.4 Maturidade fisiológica em ovinos

O crescimento e desenvolvimento animal é um processo complexo, regulado e afetado por vários fatores (Patiño & Van Cleef, 2010). Pesquisas pioneiras classificam o crescimento como o aumento de peso e de tamanho do animal; conferindo ao desenvolvimento, a modificação do corpo em si, até chegar a seu estado máximo (Hammond, 1966; Huidobro & Cañeque, 1993). Desta forma, o crescimento e o desenvolvimento animal englobam diversos mecanismos complexos que envolvem fenômenos de multiplicação, aumento e diferenciação celular, tecidual e orgânica (Huidobro & Cañeque, 1993).

Uma forma de descrever a maturidade fisiológica, que é o estado de equilíbrio anatômico alcançado quando o animal parou de crescer (Butterfield, 1988), seria pelo modelo alométrico, proposto por Huxley (1932), em que as variáveis avaliadas são reduzidas ao valor do coeficiente de crescimento. A alometria explica parte das diferenças quantitativas produzidas entre os animais, sendo uma forma eficaz para o estudo de suas carcaças (Hashimoto et al., 2012).

Raça, sexo, nutrição e idade são fatores que mais diferem a maturidade fisiológica e, conseqüentemente, a qualidade da carcaça (Negussie, Rottmann, Pirchner, & Rege, 2004; Sainz, 2000). Oliveira et al. (2014), avaliando características morfoestruturais do grupo genético pantaneiro, observaram que assim que as fêmeas estabilizaram o seu desenvolvimento se tornaram mais homogêneas com relação à morfoestrutura. Os mesmos autores salientam que as fêmeas pantaneiras, por meio das medidas morfoestruturais, indicaram desenvolvimento corporal harmonioso com perfil para produção de carne.

Avaliar o crescimento e desenvolvimento corporal animal pode beneficiar a produção de carne ovina, pois, identificando o ritmo de crescimento corporal do animal, auxiliará na determinação com maior precisão o melhor momento de abate, conferindo padronização e qualidade nas carcaças (Hashimoto et al., 2012).

Logo, adicionar a ultrassonografia com o intuito de predizer carcaças com bom acabamento junto com o conhecimento da alometria corporal, pode-se disponibilizar ao mercado cortes de importância econômica com mais rapidez, sem que haja espera para atingir peso corporal ao abate de 28 a 35 kg.

Na literatura é encontrada a avaliação da região anatômica com um crescimento precoce na paleta, intermediário na perna e tardio no lombo (Oliveira et al., 2004;

Pinheiro, Silva Sobrinho, Yamamoto, & Barbosa, 2007). Entretanto, fatores já citados podem influenciar estes resultados.

Embora a carcaça seja o principal produto, a melhor forma de comercialização no Brasil seria em regiões musculares formando cortes de acordo com a qualidade e valor. Com a avaliação da composição tecidual regional, pode ser determinada a proporção de cada parte dentro de uma carcaça, pois a quantidade de tecido muscular e adiposo influencia na qualidade do corte. Hammond (1965), avaliando o crescimento tecidual, afirma que o tecido ósseo apresenta crescimento precoce; o muscular, intermediário e o adiposo tardio, de acordo com as condições oferecidas ao animal para se constituir sua maturidade.

Como o grupo genético pantaneiro está sendo utilizado na região Centro-Oeste, seria importante avaliar a maturidade fisiológica destes animais, principalmente para auxiliar em melhorias nas estratégias para produção de carne ovina.

2.5 Características do tecido muscular estriado esquelético

O músculo é o principal componente da carne, sendo importante o conhecimento das características do tecido muscular estriado esquelético, que influencia no valor econômico em razão de sua quantidade na carcaça (Luchiari Filho, 2000).

O músculo estriado esquelético é formado predominante por fibras musculares, além de tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, fibras nervosas e fluídos extracelulares. As fibras musculares são cilíndricas, multinucleadas, com núcleos periféricos e estriações transversais. O diâmetro dessas fibras varia, em média de 10 a 100 μm e o comprimento pode chegar até 10 cm. Essas fibras têm contração rápida e vigorosa e estão sujeitas ao controle voluntário (Junqueira & Carneiro, 2008).

O citoplasma das fibras musculares, denominado de sarcoplasma, possui um citoesqueleto altamente desenvolvido, constituído principalmente por miofibrilas que se estendem por todo o comprimento da fibra (Dal-Pai Silva & Carvalho, 2007). Cada miofibrila possui várias microunidades, dispostas lado a lado, responsáveis pelas estriações transversais, e são denominadas de sarcômero. As estriações transversais correspondem a uma alternância entre faixas escuras (Banda A) e claras (Banda I), observadas quando a fibra muscular é cortada longitudinalmente.

O sarcômero é a unidade contrátil da fibra muscular, entre faixas claras e escuras que se repetem a cada 2 a 3 μm . Sua organização pode ser dividida em bandas, quando

observada em microscópio óptico. De acordo com Dal-Pai Silva e Carvalho (2007), as faixas escuras são denominadas bandas A e as faixas claras, bandas I. A banda A apresenta uma zona mais clara em seu centro, a banda H, e a região central da banda H, observa-se a linha M, formada por um arranjo hexagonal de proteínas miomesina, proteína M e creatina quinase, que ligam os filamentos grossos. A banda I é dividida por uma linha escura (linha Z).

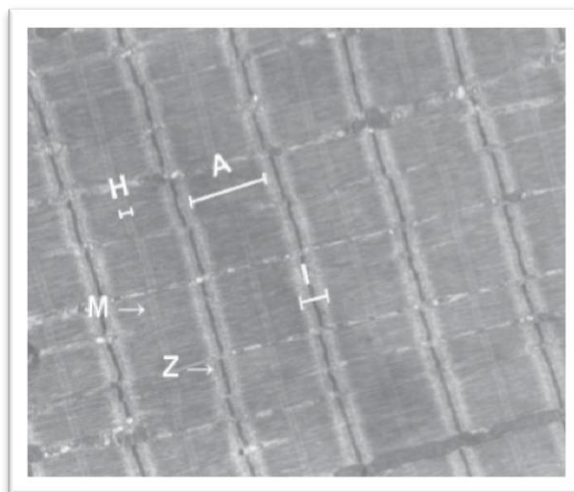


Figura 1. Ultraestrutura da fibra muscular estriada. Miofibrilas organizadas em sarcômeros com as bandas A, I, M e linha Z. Adaptado de Dal-Pai Silva e Carvalho (2007).

Entre duas linhas Z sucessivas, encontra-se um sarcômero. As disposições das bandas resultam em: Banda I (filamentos finos), Banda A (filamentos finos e grossos que se interdigitam) e Banda H (filamentos grossos). As principais proteínas contráteis que constituem o sarcômero são: miosina no filamento grosso; actina e duas proteínas reguladoras, a troponina e tropomiosina, no filamento fino, além de proteínas estruturais, responsáveis pela organização e integridade funcional (Giusti, 2011).

A contração uniforme de cada fibra muscular é responsabilidade do sistema de túbulos T. Esse sistema é constituído por uma rede complexa de invaginações tubulares do sarcolema (membrana plasmática) da fibra muscular (Junqueira & Carneiro, 2008).

O comprimento do sarcômero é correlacionado positivamente ($r=0,80$) com a maciez (Bridi, 2009b) e sua avaliação traz maiores entendimentos para melhoria da qualidade da carne.

2.5.1 Contração muscular

Quando o músculo está em repouso, o sarcômero compreende-se em filamentos finos e grossos sobrepostos parcialmente, sem nenhuma mudança em sua conformação. Desta forma, a miosina não pode se ligar a actina pelo complexo troponina-tropomiosina estarem fixados sobre o filamento da actina (Junqueira & Carneiro, 2008).

A base do processo de contração muscular reside na interação entre os filamentos espessos e finos e na ligação de trifosfato de adenosina (ATP) à ATPase da porção globular da miosina, a qual produz uma força que permite o deslizamento dos filamentos entre si (Giusti, 2011).

O processo de contração inicia-se com o aumento do íon Ca^{+2} no sarcoplasma da fibra muscular. Com a chegada do estímulo nervoso, ocorre uma alteração no potencial elétrico da membrana plasmática, transmitido para o interior da fibra pelos túbulos T. Quando proteínas sensíveis à voltagem são ativadas na membrana do túbulo T ocorre a abertura de canais de liberação de Ca^{+2} , permitindo a saída do Ca^{+2} do retículo sarcoplasmático para o interior do sarcoplasma. O retículo sarcoplasmático é uma rede de cisternas do retículo endoplasmático liso, que envolve e separa em feixes cilíndricos grupos de miofilamentos. Os íons de Ca^{+2} ligam-se à subunidade Tnc da troponina, que muda sua conformação, expondo o sítio de ligação ativo da actina, o que possibilita a formação de pontes entre a actina e a miosina (complexo actomiosina). Na etapa seguinte, o ATP presente na porção globular da miosina é convertido em difosfato de adenosina (ADP), fosfato inorgânico e energia, levando ao encurtamento do sarcômero. A liberação do Pi muda a conformação da cabeça da miosina, ocorrendo o deslizamento dos filamentos finos sobre os grossos e em sequência a liberação do ADP (Junqueira & Carneiro, 2008).

Quando cessa a despolarização da membrana plasmática da fibra muscular, e consequentemente, do retículo sarcoplasmático, transfere ativamente o Ca^{2+} para dentro das suas cisternas e, pela baixa disponibilidade deste íon no sarcoplasma, a atividade contrátil é interrompida e ocorre o relaxamento. As moléculas de troponina e tropomiosina voltam a formar o complexo inibitório que impede a ligação da actina com a miosina (Giusti, 2011).

2.5.2 Processo de *rigor mortis* e transformação do músculo em carne

Os sistemas de abate e pós-abate possuem grande influência na qualidade de carne. Desta forma, o conhecimento da sequência de transformações que ocorrem nesses processos pode melhorar o produto a ser ofertado.

Quando ocorre o abate, há uma série de etapas conjuntas que se modificam no animal, como a queda de oxigênio, pH, temperatura e ATP (responsável pela manutenção e estabilidade do complexo actomiosina, caracterizado pela rigidez muscular).

O *rigor mortis* ou rigidez cadavérica pode ser considerado como uma contração muscular irreversível e ocorre logo após a morte do animal, sendo caracterizado pela falta de extensibilidade e rigidez do músculo (Alves, Tonisi, & Goes, 2005). Com a ausência de fluxo sanguíneo no corpo do animal, o aporte de oxigênio e o estímulo nervoso não chegam mais à musculatura. O músculo passa a usar a via anaeróbica, na obtenção de energia (ATP mitocondrial) para um processo contrátil desorganizado. Assim, ocorre a transformação de glicogênio em glicose (anaeróbica), que gera lactato e conseqüentemente leva à queda do pH - os prótons produzidos durante a glicólise e durante a hidrólise de ATP a ADP aumentam a queda do pH intracelular (Alves et al., 2005).

A rigidez se estabelece assim que o ATP fica escasso no músculo, o que resulta no estabelecimento permanente do complexo actomiosina, tornando o músculo inelástico, e dando início à transformação do músculo em carne (Giusti, 2011).

Assim que a energia muscular se esgota e o *rigor mortis* é instalado no corpo do animal, tem-se início a ação de enzimas proteolíticas dependentes de Ca^{+2} o que resulta na redução gradual da resistência muscular.

O sistema proteolítico de enzimas são os responsáveis pelo processo de amaciamento da carne na fase *post-mortem* (Koochmaraie, Kent, Shackelford, Veiseth, & Wheeler, 2002), por sua função de degradar os miofilamentos em alguns pontos, enfraquecendo a densidade da linha Z (Andrighetto et al., 2006). Além da linha Z, a degradação ocorre em proteínas miofibrilares e do citoesqueleto tais como desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina-I, troponina-T, vinculina, distrofina (Koochmaraie, 1996) que provocam a perda da integridade estrutural.

O sistema proteolítico calpaína-calpastatina é constituído por um grupo de proteases de cisteína conhecido por calpaína e do seu inibidor endógeno, calpastatina

(Kemp, Sensky, Bardsley, Buttery, & Parr, 2010). Calpaínas são extremamente dependentes de cálcio, e sua atividade proteolítica requer concentração elevada de íons de cálcio (Sorimachi, Hata, & Ono, 2011). Essas enzimas são constituídas em três isoformas: μ -calpaína que requer baixas concentrações de íons de cálcio e é ativada quando há diminuição de pH; m-calpaína, que requer altas concentrações de íons de cálcio para ser ativada, e a calpaína 3 (p94) (Moudilou, Mouterfi, Exbrayat, & Brun, 2010.)

Koohmaraie e Geesink (2006) sugerem que provavelmente apenas a μ -calpaína é envolvida com a degradação proteolítica *post-mortem* pela sua necessidade de reduzida concentração de cálcio; ao contrário, a m-calpaína, permanece intacta durante vários dias após o abate. 70% da μ -calpaína está ligada nas miofibrilas (Xian Xing et al., 2009), situada em 66% sobre a linha Z, e o restante encontra-se na Banda I (20%), e na Banda A (14%) (Koohmaraie, 1994).

Estudos pioneiros presumiam que a maciez da carne era decorrente da dissociação do complexo actomiosina. No entanto, já se sabe que o sistema das calpaínas não tem ação sobre os filamentos de actina e miosina (Goll, Taylor, Christiansen, & Thompson, 1991), e mesmo se houvesse essa degradação, esta não contribuiria para o amaciamento da carne em si (Koohmaraie, 1996).

Calpastatina é uma proteína dependente da presença de íons de cálcio para se associar aos domínios da calpaína e inibir sua atividade (Méndez, 2007). A atividade do sistema de calpaína-calpastatina depende de muitos fatores como pH, temperatura e, principalmente, da concentração de íons de Ca^{+2} (Goll, Thompson, Li, Wei, & Cong, 2003). De acordo com Nowak (2011), a ativação da calpaína sob a influência de íons de cálcio, provoca a hidrólise de ambas as subunidades de calpastatina, diminuindo, assim, a sua massa molar e provocando a fragmentação dessas subunidades e perda de atividade enzimática e interação com a calpastatina. A concentração de íons Ca^{+2} necessária para inibir a μ e m-calpaína por calpastatina é de 40 mmol/L e 250-500 mmol/L, respectivamente. Tanto a espécie animal, grupo racial, tipo de músculo e sua atividade interferem no nível de calpaínas (Northcutt, Pringle, Dickens, Buhr, & Young, 1998).

O sistema calpaína-calpastatina está correlacionado com a maciez da carne. A ação antagônica entre os componentes do sistema proteolítico sugere que quanto maior a quantidade de calpastatina no músculo, menor a ação da calpaína e menor a maciez da carne (Giusti, 2011). Delgado, Geesink, Marchello, Goll e Koohmaraie (2001),

avaliando ovinos que possuíam ou não o gene *Callipyge* responsável pela dupla musculatura, observaram aumento da atividade da calpastatina, uma lenta degradação de proteínas e, conseqüentemente, maior dureza nos músculos, nos animais que possuíam este gene.

2.6 Características da carne ovina

O aumento da população brasileira resultou em maior demanda por proteína animal. Com isso, surgem novos desafios para o produtor intensificar a oferta e melhorar a qualidade da carne.

A carne é um alimento de exímio valor nutritivo, já que 28 gramas de carne podem proporcionar a um adulto 10% de seus requerimentos diários de energia e grande quantidade de nutrientes essenciais (Díaz, Sánchez, Martínez, Vieira, & García, 2005).

É necessário planejamento nos rebanhos produtores de carne, principalmente com a escolha da raça utilizada. As transformações bioquímicas e físico-químicas após a transformação do músculo em carne (processo *post-mortem*) são avaliadas para o controle das características da carne, e podem ser divididas em físicas, químicas, e sensoriais.

2.6.1 Avaliações físicas

As avaliações físicas servem para avaliar a composição estrutural da carne, na qual se determinam a aparência e a qualidade para comercialização (Madruga et al., 2005), relacionada principalmente com a maciez.

Quesitos como o potencial hidrogeniônico (pH), cor, perda de peso por cocção, e textura através da força de cisalhamento são normalmente avaliados.

A importância do pH se deve pela relação com o acúmulo de ácido lático no processo *post-mortem* que irá influenciar na qualidade final da carne tanto no estado físico como nutricional. Em ovinos, o pH muscular, após o abate, está entre 7,0 e 7,3; após 24 h, sob refrigeração a 4°C fica estabelecido entre 5,5 a 5,8 (Osório et al., 1998). Raramente, encontram-se anomalias em carne ovina. Entretanto, se houver alteração na queda do pH durante o processo, este interfere diretamente na qualidade da carne, resultando em carne do tipo DFD (escura, firme e seca) em que há deficiência de glicogênio e o pH diminui poucos décimos na primeira hora após abate, permanecendo

acima de 6, ou PSE (pálida, mole, exudativa) em que o pH diminui rapidamente a valores abaixo de 5,5, pelo glicogênio muscular converter-se em ácido lático.

O pH também influencia a coloração da carne. Segundo Silva Sobrinho (2014), quando alto, este proporciona à carne coloração escura pela maior absorção de luz e menor captação de oxigênio, e quando baixo, coloração mais clara. A cor é um fator decisivo na hora da compra, pois consumidores relacionam a cor com as características organolépticas. Para avaliação da cor, normalmente é medido pelo método objetivo, tendo como os parâmetros as coordenadas L^* luminosidade, o quanto a carne é ou não brilhante, relacionado com o frescor, a^* e b^* , intensidades de vermelho-verde e amarelo-azul, respectivamente (Zeola, Souza, Silva Sobrinho, & Barbosa, 2007), em que o estado químico da mioglobina determinará o tom da cor como, por exemplo, o vermelho-vivo.

A perda de peso por cocção (PPC) e a textura também são critérios importantes pelo consumidor, principalmente pela facilidade de preparo e a maciez na hora do consumo. A PPC é influenciada pela capacidade de retenção de água nas estruturas da carne e afeta outras características como a cor, a suculência e a própria textura da carne (Bonagurio, Pérez, Garcia, & Araujo, 2003).

A textura pode ser avaliada pela análise sensorial ou pela utilização de um texturômetro que mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne, expresso por kgf. A força de cisalhamento deve ser inferior a 5 kgf para ser considerada macia para a carne de cordeiros (Tatum, Smith, & Belk, 1999).

2.6.2 Avaliações químicas

Análises químicas avaliam as características nutricionais da carne, para ver se a mesma se encontra adequada para o consumo. Além da importância da carne apresentar diversos nutrientes como a proteína, as características químicas também interferem nos aspectos higiênicos, sensoriais e tecnológicos da carne (Oliván, Martínez-Cerezo, Panea, & Osoro, 2005).

A umidade também é um motivo de induzir o consumidor na hora da compra, pois apresenta em torno de 70% de água em forma livre, e poderá influenciar a maciez e suculência da carne, nas avaliações de PPC e capacidade de retenção de água.

Proteína é o principal nutriente ofertado e é considerado de alto valor biológico, ou seja, possui em sua composição aminoácidos essenciais em proporções adequadas

para o corpo humano. Apesar de as proteínas serem desnaturadas com o calor, muitos aminoácidos são resistentes ao cozimento, tendo baixas perdas de lisina, metionina e triptofano (Díaz et al., 2005).

A gordura da carne ovina possui muita variação por fatores intrínsecos (sexo, raça e idade) e extrínsecos (tipo da dieta e sistema de terminação) e também na região a ser depositada (Silva Sobrinho, 2014).

Os lipídeos totais em quantidade na carne, assim como o perfil de ácidos graxos poli-insaturados são de interesse da população, já que o consumo excessivo, principalmente de gorduras saturadas e colesterol, é considerado fator de risco para doenças cardíacas e *diabetes mellitus* (Novello, Freitas, & Quintiliano, 2006). A carne ovina é rica em ácidos graxos saturados e monoinsaturados, com menores quantidades de poli-insaturados (Monteiro, Fernandes, & Barros, 2007). No entanto, os ruminantes também produzem ácidos graxos benéficos à saúde como o ácido linoleico conjugado (CLA), os quais têm demonstrado distintas propriedades bioativas (Schmid, Collomb, Sieber, & Bee, 2006).

A carne também é uma fonte de minerais, apesar de ser a menor fração contida na sua composição, possui papel importante na alimentação humana. Os minerais encontram-se associados à água e a parte proteica da carne (Díaz et al., 2005). A carne dos ovinos possui elevada quantidade de ferro na forma “heme” de maior absorção no corpo humano, do que o ferro “não heme” encontrado nos vegetais (Valle, 2000). O ferro é um dos principais minerais essenciais para formação parcial da hemoglobina dos glóbulos vermelhos, suporte do sistema imunológico, e pelo transporte de oxigênio e dióxido de carbono (Pinheiro, Silva Sobrinho, & Andrade, 2011).

A carne vermelha apresenta todas as vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis do complexo B, como a vitamina B12 que é encontrada em maiores quantidades em ruminantes e a vitamina A, onde alimentos de origem animal são as únicas fontes desta vitamina biologicamente ativa (Pedreira, 2006).

2.6.3 Avaliações sensoriais

Assim como as análises físico-químicas são utilizadas para avaliar padrões de qualidade para servir ao consumidor, a análise sensorial é um importante método para observar vários quesitos de satisfação (Teixeira, 2009). Portanto, é necessário abordar

todas estas metodologias para melhorar a consolidação do produto final no mercado de carnes.

A análise sensorial é o conjunto de técnicas para medir de forma objetiva e reproduzível as características de um produto mediante os sentidos e, para obter uma medida sensorial devem-se considerar fundamentalmente os indivíduos utilizados e a metodologia sensorial para avaliar as amostras (Guerrero, 2005). Para Sañudo et al. (1999), a análise sensorial é definida como as características percebidas pelos sentidos (organolépticos) no momento da compra ou do consumo. As características sensoriais da carne estão relacionadas com a maciez, suculência, sabor e aroma do produto cozido (Ferrão et al., 2009). A aceitação depende de vários fatores desde a nutrição do animal, como também a região de consumo, pois questões culturais interferem na hora da compra e do preparo.

Segundo Sañudo e Campo (2008), a análise sensorial pode ser realizada por meio de painel treinado (valorização objetiva) ou painel de consumidores (valorização hedônica). A palavra hedônica se refere aos estados psicológicos conscientes agradáveis ou desagradáveis (Zeola, Souza, Souza, & Silva Sobrinho, 2010). O teste de escala hedônica é um método afetivo muito utilizado por consumidores, pois serve para avaliar o grau de preferência do consumidor.

Os quesitos sabor, odor e suculência são considerados quesitos básicos para avaliação sensorial. Junto a eles, o *flavor* (odor + sabor) é percebido apenas no momento do consumo, desenvolvendo-se antes da introdução do alimento na boca, durante a mastigação e durante e depois da deglutição (Osório, Osório, & Sañudo, 2009). Com essas características avaliadas, o consumidor possui a capacidade de discernir as amostras avaliadas e pontuá-las, determinando a aceitabilidade sensorial e sua decisão de consumir aquele produto, se tiver outra oportunidade.

Deste modo, quanto maior a informação benéfica sobre a carne ovina a ser comercializada, como suas características físico-químicas e sensoriais, maior será a capacidade de conquista do consumidor na hora da compra.

REFERÊNCIAS

- Alcalde, M. J., Sañudo, C., Osório, J. C., Olletae, J. L., & Sierra, I. (1999). Evaluación de la calidad de la canal y de la carne en canales ligeras del tipo comercial "ternasco". *Información Técnica Económica Agraria*, 95(1), 49-61.
- Almeida Júnior, G. A., Costa, C., Monteiro, A. L. G., Garcia, C. A., Munari, D. P., & Neres, M. A. (2004). Desempenho, características de carcaça e resultado econômico de cordeiros criados em *creep feeding* com silagem de grãos úmidos de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(4), 1048-1059.
- Alves, D. D., Tonisi, R. H., & Goes, B. (2005). Maciez na carne bovina. *Ciência Animal Brasileira*, 6(3), 135-149.
- Andrighetto, D. D., Jorge, A. M., Roça, R. O., Sartori, D. R., Rodrigues, E., & Bianchini, W. (2006). Maturação da carne bovina. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 7(1), 1-6.
- Bonagurio, S., Pérez, J. R. O., Garcia, I. F., & Araujo, L. C. (2003). Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6), 1981-1991.
- Bridi, A. M. (2009a). *Crescimento e desenvolvimento do tecido muscular*. Recuperado em 3 de março, 2014, de <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Crescimentoedesenvolvimentomuscular.pdf>
- Bridi, A. M. (2009b). Importância dos Aspectos Físicos e Químicos na Qualidade da Carne. Recuperado em 10 de fevereiro, 2014, de <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Aspectos.pdf>
- Butterfield, R. M. (1988). *New concepts of sheep growth*. Austrália: University of Sidney.
- Cartaxo, F. Q., Sousa, W. H., Cezar, M. F., Costa, G. C., Cunha, M. G. G., & Gonzaga Neto, S. (2011). Características de carcaça determinadas por ultrassonografia em tempo real e pós-abate de cordeiros terminados em confinamento com diferentes níveis de energia na dieta. *Revista Brasileira Zootecnia*, 40(1), 160-167.
- Costa, J. A. A., Egito, A. A., Barbosa-Ferreira, M., Reis, F. A., Vargas Junior, F. M., Santos, S. A., ... Seno, L. O. (2013). Ovelha pantaneira, um grupamento genético naturalizado do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil [CD-ROM]. In *Anais do Congresso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos*, 8 (p. 25-43). Campo Grande: Embrapa Gado de Corte.
- Dal-Pai Silva, M., & Carvalho, R. F. (2007). Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. *Revista Brasileira Zootecnia*, 36(1), 21-31.

- Delgado, E. F., Geesink, G. H., Marchello, J. A., Goll, D. E., & Koohmaraie, M. (2001). The calpain system in three muscles of normal and callipyge sheep. *Journal of Animal Science*, 79(2), 398-412.
- Díaz, M. T., Sánchez, M., Martínez, B., Vieira, C., & García, M. D. (2005). Valor nutritivo de la carne: Determinación del contenido energético. In V. Cañeque & C. Sañudo (Eds.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (p. 274-281). Madrid: INIA.
- Ferrão, S. P. B., Bressan, M. C., Oliveira, R. P., Pérez, J. R. O., Rodrigues, E. C., & Nogueira, D. A. (2009). Características sensoriais da carne de cordeiros da raça Santa Inês submetidos a diferentes dietas. *Ciência Agrotécnica*, 33(1), 185-190.
- Giusti, J. (2011). *Expressão de genes relacionados à qualidade da carne do músculo Longissimus dorsi em Nelore (Bos indicus) e Canchim (5/8 Bos taurus x 3/8 Bos indicus)*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Jaboticabal.
- Goll, D. E., Taylor, R. G., Christiansen, J. A., Thompson, V. F. (1991). Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. *Proceedings Recipe Meat Conference*, 44(1), 25-33.
- Goll, D. E., Thompson, V. F., Li, H., Wei, W., & Cong, J. (2003). The calpain system. *Physiological Reviews*, 83(3), 731-801.
- Gomes, W. S., Araújo, A. R., Caetano, A. R., Martins, C. F., Vargas Jr., F. M., McManus, C., & Paiva, S. R. (2007). Origem e diversidade genética da ovelha crioula do Pantanal, Brasil [CD-ROM]. In *Anais do Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe*, 6 (p. 348). Chapingo, México: Universidad Autónoma.
- Guerrero, L. (2005). Panel entrenado. In V. Cañeque & C. Sañudo (Eds.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (p. 397-408). Madrid: INIA.
- Hammond, J. (1965). *Farm animals: their breeding, growth, and inheritance*. 3rd ed. London: E. Arnold.
- Hammond, J. (1966). *Principios de la explotación animal: reproducción, crecimiento y herancia*. Zaragoza: Acribia.
- Haresing, W., & Cole, D. J. A. (1989). *Recent advance in animal nutrition*. London: [s.n.].
- Hashimoto, J. H., Osório, J. C. S., Osório, M. T. M., Bonacina, M. S., Lehmen, R. I., & Pedroso, C. E. S. (2012). Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. *Revista Brasileira Zootecnia*, 41(2), 438-448.
- Huidobro, F. R., & Cañeque, V. (1993). Producción de carne en cordeiros de raza Manchega. II. Conformación y estado de engrasamiento de la canal y proporción de piezas en distintos tipos comerciales. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animal*, 8(3), 233-243.
- Huxley, J. S. (1932). *Problems of relative growth*. Methuen, Londres: Cambridge University.
- Junqueira, L. C. U., & Carneiro, J. (2008). *Histologia básica* (11a ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Kemp, C. M., Sensky, P. L., Bardsley, R. G., Buttery, P. J., & Parr, T. (2010). Tenderness – an enzymatic view. *Meat Science*, 84(2), 248-256.
- Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36(1), 93-104.

- Koohmaraie, M. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. *Meat Science*, 43(Suppl 1), 193-201.
- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34-43.
- Koohmaraie, M., Kent, M. P., Shackelford, S. D., Veiseth, E., & Wheeler, T. L. (2002). Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science*, 62(3), 345-352.
- Lanna, D. P. D., Fox, D. G., & Boin, C. (1996). Validation of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System Estimates of Nutrient Requirements of Growing and Lactating Zebu Germplasm in Tropical Conditions. *Journal of Animal Science*, 72(Suppl 1), 287.
- Longo, M. L., Cansian, K., Souza, M. R., Burin, P. C., Vargas Jr., F. M., & Seno, L. O. (2012). Produção de leite de ovelhas nativas Sul-Mato-Grossenses “Pantaneiras” [CD-ROM]. In *Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 49. Brasília, DF: SBZ.
- Luchiari Filho, A. (2000). *Pecuária da carne bovina*. São Paulo: LinBife.
- Macedo, F. A. F., Gualda, T. P., Mexia, A. A., Macedo, F. G., Dias, F. B., & Mora, N. H. A. P. (2014). Performance and carcass characteristics of lambs with three subcutaneous fat thicknesses in the loin. *Archives of Veterinary Science*, 19(1), 52-59.
- Madruga, M. S., Narain, N., Duarte, T. F., Sousa, W. H., Galvão, M. S., Cunha, M. G. G., & Ramos, J. L. F. (2005). Influencia da idade de abate e da castração nas qualidades físico-químicas, sensoriais e aromáticas da carne caprina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3), 1562-1570.
- Mariante, A. S., Albuquerque, M. S. M., Egito, A. A., & Mcmanus, C. (1999). Advances in the Brazilian animal genetic resources conservation programme. *Animal Genetic Resources Information*, 25(1), 109-123.
- Martins, C. F., Vargas Jr., F. M., Pinto, G. S., Nogueira, L. M. L., Monreal, C. D., Miazzi, C., & Corrêa, A. C. A. (2008). Aspectos reprodutivos da ovelha nativa sulmatogrossense [CD-ROM]. In *Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 45. Jaboticabal: SBZ.
- Méndez, J. H. B. (2007). *Segregación de polimorfismos identificados em los genes de μ -calpaina y calpastatina y su relación con el crecimiento corporal y características de La canal de bovinos para carne en Puerto Rico*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Porto Rico, Mayagüez.
- Monteiro, A. L. G., Fernandes, M. A. M., & Barros, C. S. (2007). *As pastagens e a qualidade da carne ovina para o consumo humano*. Recuperado em 2 de dezembro, 2014, de <http://www.farmpoint.com.br>
- Moudilou, E. N., Mouterfi, N., Exbrayat, J. M., & Brun, C. (2010). Calpains expression during *Xenopus laevis* development. *Tissue & Cell*, 42(5), 275-281.
- Negussie, E., Rottmann, O. J., Pirchner, F., & Rege, E. O. (2004). Growth and carcass composition of tropical fat-tailed Menz and Horro sheep breeds. *Animal Science*, 78(2), 245-252.
- Northcutt, J. K., Pringle, T. D., Dickens, J. A., Buhr, R. J., & Young, L. L. (1998). Effects of age and tissue type on the calpain proteolytic system in turkey skeletal muscle. *Poultry Science*, 77(2), 367-372.
- Novello, D., Freitas, R. J. S., & Quintiliano, D. A. (2006). Teor de Gordura e colesterol na carne suína, bovina e de frango. *Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*, 31(2), 103-121.

- Nowak, D. (2011). Enzymes in tenderization of meat: The System of Calpains and Other Systems – a Review. *Polish Journal of Food Nutrition Science*, 61(4), 231-237.
- Oliván, M., Martínez-Cerezo, S., Panea, B., & Osoro, K. (2005). Determinación de la carne: humedad, cenizas, grasa, proteína y colágeno. In V. Cañeque & C. Sañudo (Eds.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (p. 259-273). Madrid: INIA.
- Oliveira, A. C., Santos, C. L., Oliveira, H. C., Silva, A. C., Cruz, B. C. C., Barreto, D., ... Lima, P. M. (2004). Rendimento de carcaça de cordeiros oriundos do cruzamento de Dorper com ovelhas Santa Inês e Rabo Largo [CD-ROM]. In *Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 41. Campo Grande: SBZ.
- Oliveira, D. P., Oliveira, C. A. L., Nunes, E. L., Vargas Jr, F. M., Barbosa-Ferreira, M., Seno, L. O., ... Sasa, A. Y. A. (2014). Caracterização morfoestrutural de fêmeas e machos jovens de ovinos naturalizados Sul-mato-grossenses “Pantaneiros”. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(2), 973-986.
- Osório, J. C. S., Sañudo, C., & Osório, M. T. M. (1998). *Produção de carne ovina: alternativa para o Rio Grande do Sul* (1a ed.). Pelotas: Editora da UPel.
- Osório, J. C. S., Osório, M. T. M., Oliveira, N. M., & Siewerdt, L. (2002). *Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças* (1a ed.). Pelotas: Editora da UPel.
- Osório, J. C. S., Osório, M. T. M., & Sañudo, C. (2009). Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira Zootecnia*, 38(Supl. Especial), 292.
- Patiño, P. R., & Van Cleef, E. (2010). Aspectos chave do crescimento em ovinos: uma revisão. *Revista Colombiana Ciência Animal*, 2(2), 399-421.
- Pedreira, A. C. M. S. (2006). 10 razões para se consumir carne vermelha. *Pesquisa & Tecnologia*, 3(1), 1-3.
- Pinheiro, R. S. B., Silva Sobrinho, A. G., Yamamoto, S. M., & Barbosa, J. C. (2007). Composição tecidual dos cortes da carcaça de ovinos jovens e adultos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(4), 565-571.
- Pinheiro, R. S. B., Jorge, A. M., & Yokoo, M. J. (2010). Correlações entre medidas determinadas in vivo por ultrassom e na carcaça de ovelhas de descarte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(5), 1161-1167.
- Pinheiro, R. S. B., Silva Sobrinho, A. M., & Andrade, E. N. (2011). Composição mineral da carcaça e dos cortes da carcaça de ovinos jovens e adultos. *Archives of Veterinary Science*, 16(1), 31-36.
- Ripoll, G., Joy, M., & Sanz, A. (2010). Estimation of carcass composition by ultrasound measurements in 4 anatomical locations of 3 commercial categories of lamb. *Journal Animal Science*, 88(10), 3409-3418.
- Sainz, R. D. (2000). Avaliação de carcaças e cortes comerciais de carne caprina e ovina [CD-ROM]. In *Anais do Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte*, 1 (p. 237-250). João Pessoa: EMEPA.
- Sañudo, C., & Campo, M. M. (2008). Calidad De La Carne De Vacuno. In: C. Sañudo, V. Jimeno, & M. Cerviño (Eds.), *Producción de ganado vacuno de carne y tipos comerciales en España* (1a ed., p. 207-235). Madrid: Schering-Ploug.
- Sañudo, C., Alberti, C. P., Franco, J., Olleta, J. L., Campo, M. M., Panea, B., ... Tena, R. (1999). Calidad instrumental de la carne de siete razas bovinas españolas. *Eurocarne*, 73(1), 37-54.
- Sañudo, C., Afonso, M., Sánchez, A., Delfa, R., & Teixeira, A. (2000). Carcass and meat quality ind light lambs from different fat classes in EU carcass classification system. *Meat Science*, 56(1), 89-94.

- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., & Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat na meat products: a review. *Meat Science*, 73(1), 29-41.
- Silva Sobrinho, A. G. (2014). Produção de carne ovina com qualidade [CD-ROM]. In *Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia, 24*. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo.
- Sorimachi, H., Hata S., & Ono, Y. (2011). Calpain chronicle - an enzyme family under multidisciplinary characterization. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences* 87(6), 287-327.
- Sorio, A. O. (2010). Despertar da ovinocultura de corte. Recuperado em 2 de janeiro, 2013, de http://www.uov.com.br/biblioteca/445/o_despertar_da_ovinocultura_de_corte.html
- Stanford, K., Jones, S. D. M., & Price, M. A. (1998). Methods of predicting lamb carcass composition: A review. *Small Ruminant Research*, 29(3), 241-254.
- Tatum, J. D., Smith, G. C., & Belk, K. E. (1999). New approaches for improving tenderness, quality and consistency of beef [CD-ROM]. In *Proceedings of The Animal Society of Animal Science*, (p.1-10). California: American Society of Animal Science.
- Teixeira, A. (2008). Avaliação “in vivo” da composição corporal e da carcaça de caprinos - uso de ultrassonografia. *Revista Brasileira Zootecnia*, 37(numero especial), 191-196.
- Teixeira, A., & Delfa, R. (2006). Utilização de ultrassons na predição da composição de carcaças de caprinos e ovinos. In: *Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43* (p. 576-586). João Pessoa: SBZ.
- Teixeira, A., Matos, S., Rodrigues, S., Delfa, R., & Cadavez, V. (2006). In vivo estimation of lamb carcass composition by real-time ultrasonography. *Meat Science*, 74(2), 289-295.
- Teixeira, L. V. (2009). Análise sensorial na indústria de alimento. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 64(1), 12-21.
- Valle, E. R. (2000). *Carne bovina: alimento nobre indispensável*. Recuperado em 2 de dezembro, 2014, de <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD41.html>
- Vargas Junior, F. M., Martins, C. F., Souza, C. C., Pinto, G. S., Pereira, H. F., Camilo, F. R., & Azevedo Jr, N. P. (2011). Avaliação Biométrica de Cordeiros Pantaneiros. *Revista Agrarian*, 4(1), 60-65.
- Xian-Xing, X., Xue, S., Zhi-Hang, C., Cheng-Qi, S., Yu-Nan, H., & Yuan-Guo, C. (2009). Development and application of a real-time PCR method for pharmacokinetic and biodistribution studies of recombinant adenovirus. *Molecular Biotechnology*, 43(2), 130-137.
- Zeola, N. M. B. L., Souza, H. B. A., Silva Sobrinho, A. G., & Barbosa, J. C. (2007). Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. *Arquivos Brasileiros Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(4), 1058-1066.
- Zeola, N. M. B. L., Souza, P. A., Souza, H. B. A., & Silva Sobrinho, A. G. (2010). Características sensoriais da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. *Archivos Zootecnia*, 59(228), 539-548.

III – OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Avaliar a utilização da espessura de gordura subcutânea como ferramenta para se definir a maturidade fisiológica e as características qualitativas da carne de cordeiras pantaneiras.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar a alometria da carcaça e de cortes comerciais de cordeiras pantaneiras abatidas com 2,0; 3,0 e 4,0 mm espessuras de gordura subcutânea.
- Determinar a composição físico-química da carne de cordeiras pantaneiras abatidas com 2,0; 3,0 e 4,0 mm espessuras de gordura subcutânea.
- Determinar o perfil de ácidos graxos e análise sensorial da carne de cordeiras pantaneiras abatidas com 2,0; 3,0 e 4,0 mm espessuras de gordura subcutânea.

IV – Allometry in carcasses of the Pantaneiro genetic group lambs slaughtered with different subcutaneous fat thickness¹

Corporal development in female lambs

ABSTRACT. Twenty-four female lambs of the Pantaneiro genetic group, with approximately 100 days of age, average body of 16.24 ± 1.78 kg, were slaughtered with 2.00, 3.00 and 4.00 mm of subcutaneous fat thickness (SFT), measured by ultrasound in the *Longissimus dorsi*, to evaluate the allometric growth. Lambs fed a complete pelleted diet calculated to ensure a daily weight gain of 0.30 kg. Slaughtering was performed as the female lambs reached the pre-established fat thickness. After 24 hours in a cold chamber at 4 °C, chilled carcasses were cut in half and weighed. The right side was separated into five sections to determine the allometry of carcasses and cuts. Neck and ribs showed isogonic growth in all treatments. However, the shoulder, loin and leg cuts showed heterogonic growth for the treatments 2.00 and 3.00 mm STF. There was a transition to isogonic growth from the treatment 4.00 mm STF. The shoulder and leg cuts in relation to half carcass showed the greatest correlation (0.83). The cuts have different growth rates in the tissue components. It is recommended to slaughter female lambs when they reach 3.0 mm of subcutaneous fat thickness, since with this thickness has already reached physiological maturity. Shoulder and leg cuts are best suited for dissection for presenting the highest correlation with the carcass in females of the Pantaneiro group.

Keywords: growth, females, sheep, loin, shoulder, leg.

¹ Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA/UEM – protocolo nº 021/2014.

Alometria em carcaças de cordeiras do grupo genético Pantaneiro abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea

RESUMO. Foram utilizadas 24 cordeiras do grupo genético Pantaneiro, com aproximadamente 100 dias de idade e peso corporal médio de $16,24 \pm 1,78$ kg, abatidas com 2,00; 3,00 e 4,00 mm de espessura de gordura subcutânea, avaliadas por ultrassonografia sobre o *Longissimus dorsi*, para avaliar o crescimento alométrico. As cordeiras receberam ração completa peletizada para ganho de peso diário de 0,30 kg. Os abates ocorreram à medida que as cordeiras atingiam a espessura de gordura pré-determinada. Após 24 horas refrigeradas a 4 °C, as carcaças foram seccionadas ao meio e pesadas. O lado direito foi separado em cinco cortes para determinação da alometria da carcaça e dos cortes. Nos cortes pescoço e costilhar, os tratamentos apresentaram crescimento isogônico. Entretanto, os cortes paleta, lombo e perna apresentaram crescimento hetegonônico para os tratamentos 2,00 e 3,00 mm EGS. Houve uma transição para crescimento isogônico a partir do tratamento 4,00 mm. Os cortes paleta e perna em relação à meia carcaça apresentaram a maior correlação (0,83). Os cortes apresentaram taxas de crescimento diferentes nos componentes teciduais. Recomenda-se o abate de cordeiras Pantaneiras com 3,00 mm de espessura de gordura, uma vez que com essa espessura já foi atingido à maturidade fisiológica. Os cortes paleta e perna são os mais indicados para dissecação por apresentarem a maior correlação com a carcaça, em fêmeas do grupo Pantaneiro.

Palavras-chave: crescimento, fêmeas, ovinos, lombo, paleta, perna.

Introduction

The growing development of agricultural activities in the states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul has propelled researches for improvement of production and growth performance indices. The sheep industry, despite its small representation in the total national herd, 5.5%, has attracted the interest of breeders to improve and provide carcasses with quality, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011).

Sheep of the Pantaneiro genetic group underwent natural selection by climatic conditions of the Pantanal region and have high rusticity, good maternal ability and estrus throughout the year, which increases the value of this group in search of decreasing seasonality in the supply of carcass.

For a preliminary evaluation of lamb carcasses, ultrasound has been used as a tool to select the best time for slaughtering, independent of body weight. Furthermore, previous studies in European sheep breeds suggest the use of ultrasound in fat thickness for predicting carcass composition (Ripoll, Joy, & Sanz, 2010).

Analysis of growth and body development parameters are important to an efficient production, since, knowing the rate of growth of tissues and regions comprising the carcass, assist in determining more precisely the best time for slaughtering, promoting standardization and quality to the product (Hashimoto et al., 2012).

The use of ultrasound to predict finishing, combined with allometry, through its coefficient, can describe body development, and provide the market with economically important cuts, without waiting to reach weight for standardized slaughtering. According to Wylie, Chestnutt and Kilpatrick (1997), the optimal slaughter weight is determined by the level of fat in the carcass, because with the increase in this tissue also occurs increase in carcass weight.

In this context, this study aimed to determine physiological maturity of carcasses of Pantaneiro lambs, slaughtered with 2.00; 3.00 and 4.00 mm subcutaneous fat thickness, and indicate the commercial cut that best represents the carcass to be used as standard in determining tissue composition by the dissection method.

Material and methods

The experiment was conducted at the Experimental Farm of Iguatemi, State University of Maringá (UEM), Maringá, Paraná State, from October 2012 to January 2013. Twenty-four lambs of the pantaneiro genetic group at approximately 100 days of age, with an initial average weight of 16.24 ± 1.78 kg, acquired from extensive-rearing properties in

the southwest region of Mato Grosso State, area of ecological tension with transition of the Pantanal, Cerrado and the Amazon Rainforest, were utilized in this experiment. Initially, animals were weighed and the subcutaneous fat thickness assessed by ultrasound, and subsequently assigned to respective treatments, defined by subcutaneous fat thickness (SFT) in the *Longissimus dorsi* muscle, between the 12th and 13th ribs, at 2.00; 3.00 and 4.00 mm. Lambs were dewormed using vermifuge with moxidectin as active ingredient (Cydectin[®]), and had been adapted to the facilities and diet for 15 days.

The animals were housed in individual pens, with 0.75 m² area, with suspended slatted floor. Throughout the experimental period, animals received water *ad libitum* and fed a complete ration, mixed and pelleted, formulated for daily weight gain of 0.30 kg (Lambs of 4 months and 20 kg - National Research Council - NRC, 2007), supplied once daily in the morning, in amounts to allow leftovers of approximately 10%. The chemical composition of the diet (Table 1) was analyzed in the Laboratory of Animal Nutrition and Feeding, Department of Animal Science of UEM, according to Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000).

Table 1. Composition in g/kg in the dry matter of ingredients and chemical composition of the experimental diet.

Item	Composition (g/kg)
Oat hay	100.0
Ground corn	448.0
Soybean meal	150.0
Soybean hull	150.0
Rice bran	100.0
Molasses	20.0
Ammonium Chloride	20.0
Mineral mix ¹	10.0
Zinc bacitracin	02.0
Dry matter	912.8
Crude protein	162.4
Ether extract	42.1
Neutral detergent fiber	275.4
Acid detergent fiber (ADF)	138.6
Ash	45.9
Phosphorus	02.8
Calcium	04.0
In vitro dry matter digestibility	782.5
Total digestible nutrients (TDN) ²	766.8

¹Assurance levels of the mineral mix per kg: Calcium 220 g, Phosphorus 130 g, Magnesium 25.5 g, Sulfur 24 g, Iron 3,000 mg, Manganese 1,500 mg, Zinc 4,000 mg, Copper 1,200 mg, Cobalt 280 mg, Iodine 260 mg, Selenium 30 mg and Fluoride 300 mg. ²TDN estimated by the equation % TDN = 92.2 – (1.12 x ADF), described by Aldai et al. (2010).

Ultrasound evaluation and weighing were performed every 15 days. To measure the thickness of subcutaneous fat, we used an ultrasound equipment (HONDA HS-1500 VET) with multifrequency linear transducer, 50 mm wide, using the frequency of 7.5 MHz. For the measurements, lambs were immobilized manually and with the aid of a comb, we separated the wool in the measurement areas and applied the mucilage to better coupling of the transducer to the skin. The pressure of the transducer head was kept minimal to avoid compression of the fat and all measurements were performed by the same technician, on the left side, between the 12nd and 13rd ribs, four cm from the midline of the spine. After capturing the image, the thickness of subcutaneous fat was measured using the electronic cursor of the ultrasound.

As lambs reached the predetermined thickness of fat of 2.00; 3.00 and 4.00 mm in the fortnightly evaluation by ultrasound, they were slaughtered the day after the measurements, regardless of body weight.

Mean body weight at slaughter according to subcutaneous fat thickness and days on feedlot were 20.64 kg and 34 days for lambs slaughtered with 2.00 mm; 26.77 kg and 84 days for lambs slaughtered with 3.00 mm; and 32.12 kg and 111 days for lambs slaughtered with 4.00 mm.

After fasting for solids for 18 hours, animals were stunned by electronarcosis, 220 Volts for 8 seconds, followed by bleeding from jugular veins and carotid arteries, skinning and evisceration.

Carcasses were left to cool for 24 hours at 4 °C in cold chamber, and then sectioned in half, where the right half carcasses were divided into five sections and weighed: neck, between the 5th and 6th cervical vertebra; shoulder, by disarticulating the scapula, thus releasing the piece from the carcass; ribs, between 1st and 13th thoracic vertebra; loin, between the 1st and 6th lumbar vertebrae, and leg, between the last lumbar vertebra and the first sacral vertebra. The cuts shoulder, loin and leg were dissected to separate the following tissue groups: total fat; subcutaneous fat; muscles and bones.

To assess the allometric growth of cuts and tissues, we used the allometric equation $Y = \alpha X^\beta$, linearized by the logarithmic model $\ln Y = \ln \alpha + \beta \ln X$, described by Huxley (1932), where: Y = weight of the regional cuts or tissue components; X = weight of half carcass corrected or weight of cuts corrected; α = intersection of the linear regression logarithm over Y and β ; β = allometric growth coefficient. Analyses to obtain the allometric coefficients were performed using the Reg procedure (SAS - Statistical Analysis System).

To check the hypothesis (H_0) $b = 1$, t -test was used. When $\beta=1$, the growth is isogonic, i.e., the part grows at the same rate as the body as a whole, and when $\beta \neq 1$, the growth is heterogonic, i.e., the part grows at a rate different from the body, being early (negative) if $\beta < 1$ and late (positive) if $\beta > 1$. The cuts shoulder, leg and loin are used in the literature to predict the tissue composition of the whole carcass. Accordingly, Pearson correlations were performed between these sections and the cold half carcass to evaluate the most appropriate cut to infer the behavior of the carcass.

Results and discussion

The neck cut showed a isogonic behavior, as well as ribs in all treatments (Table 2), that is, these cuts showed a proportional growth to the cold half carcass ($\beta=1$), corroborating Hashimoto et al. (2012) working with Texel vs. Corriedale females.

Table 2. Allometric coefficient (β) of the commercial cuts of Pantaneiro female lamb carcass in relation to half carcass.

Item	SFT	α	β	\pm SE	$\beta \neq 1$	R^2
Neck	2.00 mm	1.35	1.11	0.11	ns	66.05
	3.00 mm	-0.91	0.52	0.22	ns	8.76
	4.00 mm	0.22	0.71	0.23	ns	19.01
Shoulder	2.00 mm	-0.49	0.65	0.04	*	82.44
	3.00 mm	-0.33	0.52	0.09	*	36.60
	4.00 mm	-0.84	1.10	0.15	ns	57.78
Ribs	2.00 mm	-0.59	1.06	0.06	ns	87.27
	3.00 mm	-0.69	1.17	0.10	ns	72.80
	4.00 mm	-0.80	1.31	0.11	ns	92.09
Loin	2.00 mm	-1.61	2.03	0.15	*	89.44
	3.00 mm	-1.87	2.19	0.14	*	89.42
	4.00 mm	-0.59	0.75	0.18	ns	30.25
Leg	2.00 mm	-0.32	0.81	0.03	*	95.84
	3.00 mm	-0.28	0.78	0.06	*	77.90
	4.00 mm	0.52	1.03	0.07	ns	85.96

SFT= subcutaneous fat thickness; α = intercept; β = allometric coefficient; \pm SE= standard error of β ; * = significant at ($p \leq 0.05$); ns = non-significant at ($p \leq 0.05$); R^2 = Coefficient of determination (%).

Shoulder remained in early growth in the treatments 2.00 and 3.00 thickness of subcutaneous fat ($\beta < 1$). However, once the lambs were confined for longer time, growth of this cut became isogonic in the treatment 4.00 mm. Roque, Osório, Jardim, Oliveira and Osório (1999) studied allometry in wool breed lambs and found that shoulder were

isogonic in relation to cold carcass weight, corroborating the results obtained in this work, only in female lambs slaughtered with 4.0 SFT.

In the loin cut, animals with 2.00 and 3.00 mm of fat thickness showed positive heterogonic growth. As lambs were confined for longer, this cut presented isogonic growth as seen in the treatment of 4.00 mm.

The leg has developed from an early to intermediate stage in treatments 2.00 mm and 3.00 mm to 4.00 mm. According to Pinheiro, Silva Sobrinho, Yamamoto and Barbosa (2007), in sheep at maturity, the growth is early in the shoulder, intermediate in the leg and late in the loin. However, none of the studied treatments specifically followed this behavior, which can be explained by the lack of breed standardization of this group, since these animals were naturally selected and came from an extensive system. The type of the integrated production system may interfere strongly with the development of tissue and growth rate in sheep (Osório, Maria, Oliveira, Osório, & Pouey, 1999).

It was observed that there was a transition in the growth of lambs slaughtered with 3.00 mm to 4.00 mm STF in the results of three main commercial cuts: shoulder, loin and leg. Probably the physiological maturity has been achieved in this range of days confined between these animals, as 4.0 mm SFT treatment tended to have a constant development.

Table 3 lists the correlation of these cuts with half carcass. There are several reports indicating that the loin is the best cut expressing the amount of muscle: fat: bone, representing the carcass as a whole (Cartaxo & Sousa, 2008; Silva & Pires, 2000). Nevertheless, in the present study, the cuts leg and shoulder presented the highest correlation with half carcass, corroborating Lombardi, Jobim, Bumbieris Junior, Calixto Junior and Macedo (2010) and Landim, Mariante, Mcmanus, Gugel and Paiva (2007), followed by the loin. Pearson correlation of leg and shoulder (Table 2) confirms these cuts as the most suitable to represent the carcass, by presenting the same growth behavior, thus recommending the dissection of one of these cuts to infer the carcass behavior.

Table 3. Pearson correlation of the commercial cuts with the half carcass of Pantaneiro female lambs.

Item	HC ¹	Shoulder	Loin	Leg
HC ¹	1	0.83	0.76	0.83

¹HC= half carcass.

Evaluating muscle, fat and bone of the whole half carcass (Table 4), was observed that all tissue components of the treatment 3.00 to 4.00 mm had similar growth rate ($\beta=1$) to the development of the half carcass, as observed by Furusho-Garcia, Perez, Pereira, Costa and Martins (2009), which may be explained as a tendency for a constant isogonic growth. However, the bone and muscle tissue in the treatment 2.00 mm was early, it should be considered the growth phase of these female lambs, which were confined for a shorter time than the others.

Table 4. Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to half carcass.

Item	SFT	α	β	\pm SE	$\beta \neq 1$	R^2
Muscle	2.00 mm	0.26	0.22	0.06	*	21.40
	3.00 mm	-0.13	0.81	0.12	ns	45.19
	4.00 mm	-0.42	1.15	0.17	ns	53.08
Fat	2.00 mm	-2.24	3.39	0.22	*	83.46
	3.00 mm	-0.87	1.38	0.15	ns	61.60
	4.00 mm	-0.59	1.08	0.17	ns	49.32
Bone	2.00 mm	0.24	0.34	0.12	*	13.66
	3.00 mm	0.66	0.97	0.19	ns	30.96
	4.00 mm	-0.40	0.61	0.23	ns	14.98

SFT= subcutaneous fat thickness; α = intercept; β = allometric coefficient; \pm SE= standard error of β ; * = significant at ($p \leq 0.05$); ns = non-significant at ($p \leq 0.05$); R^2 = Coefficient of determination (%).

The fat showed a late growth ($\beta > 1$) up to the 2.00 mm, that is growing slow than the carcass and the growth rate became equal to the carcass when the animals had 3.00 and 4.00 mm of subcutaneous fat. This shows that the finishing of female lambs of the Pantaneiro group no occurs with 2.00 mm of fat cover, indicating a different growth rate of this tissue. According to Rosa et al. (2005), fat tissue has the largest variability in the animal, both quantitatively and in distribution, developing different growth rate, influenced by several factors, including: diet, age, sex, body weight and breed (Negussie, Rottmann, Pirchner, & Rege, 2004; Silva, Pires, Zeppenfeld, & Chagas, 2000).

Tissue components of the shoulder cut are shown in Table 5. The muscle had isogonic growth ($\beta=1$), similar to results obtained by Furusho-Garcia et al. (2009) in female Santa Ines lambs. Both total fat and subcutaneous fat in the treatment 3.00 mm fat thickness had an isogonic growth ($\beta=1$). Since it is known that the fat tissue has a late growth. Meantime, this behavior happened when increased the thickness of subcutaneous fat for 4.00 mm.

Table 5. Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to the shoulder cut.

Item	SFT	α	β	\pm SE	$\beta \neq 1$	R^2
Muscle	2.00 mm	-0.23	0.89	0.11	ns	60.46
	3.00 mm	-0.24	0.91	0.05	ns	82.98
	4.00 mm	-0.23	0.84	0.10	ns	51.32
Total fat	2.00 mm	-0.65	2.16	0.17	*	76.07
	3.00 mm	-0.66	1.03	0.15	ns	40.62
	4.00 mm	-0.68	1.56	0.25	ns	60.69
Subcutaneous fat	2.00 mm	-0.85	1.81	0.38	ns	60.46
	3.00 mm	-1.11	0.86	0.39	ns	82.98
	4.00 mm	-1.19	2.24	0.37	*	51.32
Bone	2.00 mm	-0.68	0.47	0.11	*	22.58
	3.00 mm	-0.69	0.23	0.19	*	43.78
	4.00 mm	-0.62	0.22	0.14	*	54.40

SFT= subcutaneous fat thickness; α = intercept; β = allometric coefficient; \pm SE= standard error of β ; * = significant at ($p \leq 0.05$); ns = non-significant at ($p \leq 0.05$); R^2 = Coefficient of determination (%).

Fat distribution varies among animals, especially in females, between deposits for body reserve, pregnancy and lactation. Perhaps for these reasons and for natural selection of these females, the growth curve of this tissue showed similar speed to the carcass with 2.00 and 3.00 mm subcutaneous fat.

On the shoulder tissue composition, it can be seen that the bone showed an early growth ($\beta < 1$). The decrease of the proportion of bone in relation to the cut is desirable, since this cut is of great commercial interest.

Despite the loin cut had late growth ($\beta > 1$) in relation to half carcass, its tissue components exhibited different results (Table 6).

Table 6. Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to the loin cut.

Item	SFT	α	β	\pm SE	$\beta \neq 1$	R^2
Muscle	2.00 mm	-0.26	0.88	0.05	ns	84.49
	3.00 mm	-0.34	0.55	0.05	*	69.49
	4.00 mm	-0.36	0.64	0.05	*	78.64
Total fat	2.00 mm	-0.55	1.10	0.04	ns	67.60
	3.00 mm	-0.36	1.61	0.05	*	91.56
	4.00 mm	-0.39	1.15	0.06	*	89.23
Subcutaneous fat	2.00 mm	-0.93	0.99	0.10	ns	66.16
	3.00 mm	-0.79	1.28	0.12	ns	65.23
	4.00 mm	-0.74	1.20	0.11	ns	43.78
Bone	2.00 mm	-0.72	1.40	0.15	ns	60.44
	3.00 mm	-0.95	1.24	0.10	ns	78.83
	4.00 mm	-0.85	1.93	0.13	*	85.51

SFT= subcutaneous fat thickness; α = intercept; β = allometric coefficient; \pm SE= standard error of β ; * = significant at ($p \leq 0.05$); ns = non-significant at ($p \leq 0.05$); R^2 = Coefficient of determination (%).

Muscles of the treatments 3.00 and 4.00 mm were early relative to the carcass growth, also observed by Furusho-Garcia et al. (2009). Nevertheless, the treatment 2.00 mm followed the growth rate of the whole ($\beta=1$), namely, the muscle showed the same development of the half carcass.

Total fat only had a positive heterogonic growth ($\beta>1$) in the treatments 3.00 mm and 4.00 mm, and in the other treatment, as well as the subcutaneous fat, it obtained isogonic growth ($\beta=1$).

In evaluating the theoretical curve of growth and maturity of the animal, it can be said that with increasing maturity level there will also be an increasing proportion of fat in the carcass. This growth can be identified and monitored by ultrasonography for slaughter. Thus, the breeder can make interventions by the knowledge of the deposition of subcutaneous fat and compose lots of carcasses with ideal finishing.

The bone showed isogonic growth until slaughtering lambs with 3.00 mm subcutaneous fat thickness. With longer time of confinement, bone tissue had its heterogonic positive growth compared with the growth rate of the carcass. Nevertheless, as the Pantaneiro lambs were still within the growth process and there are no allometric studies for this genetic group, it is likely that these animals already have reached the peak of bone growth and this tended to be deposited with lower speed.

On the leg cut, the muscle and bone tissue components of treatments 3.00 and 4.00 mm showed isogonic behavior (Table 7).

Table 7. Allometric coefficient (β) of body tissues of Pantaneiro female lambs in relation to the leg cut.

Item	SFT	α	β	\pm SE	$\beta \neq 1$	R^2
Muscle	2.00 mm	-0.03	0.19	0.08	*	59.03
	3.00 mm	-0.199	1.07	0.10	ns	80.69
	4.00 mm	-0.10	0.67	0.14	ns	52.67
Total fat	2.00 mm	-1.28	3.15	0.13	*	93.46
	3.00 mm	-0.92	1.41	0.11	*	33.51
	4.00 mm	-1.29	2.35	0.26	*	67.10
Subcutaneous fat	2.00 mm	-1.71	3.42	0.28	*	79.01
	3.00 mm	-1.15	2.45	0.51	*	32.65
	4.00 mm	-1.64	2.18	0.45	*	37.24
Bone	2.00 mm	-0.58	0.22	0.15	*	32.90
	3.00 mm	-0.52	0.17	0.48	ns	2.54
	4.00 mm	-0.78	0.72	0.45	ns	6.11

SFT= subcutaneous fat thickness; α = intercept; β = allometric coefficient; \pm SE= standard error of β ; * = significant at ($p \leq 0.05$); ns = non-significant at ($p \leq 0.05$); R^2 = Coefficient of determination (%).

This indicates that within a range of growth rate, body composition is closely related to body size. The results of muscle and bone of treatment 2.00 mm STF showed that these two tissues grew early. This result may have a negative aspect, since the development of the muscular tissue of the leg was less than the whole, which accounts for underweight in the marketing of this prime cut.

Hashimoto et al. (2012) also found this behavior in tissue components of the legs of lambs Texel vs. Corriedale. Rosa, Pires, Silva and Motta (2005) and Mendonça et al. (2007) observed this behavior for muscle tissue. The bone tissue showed this behavior, isogonic growth rather than early, as obtained in the literature (Mendonça et al., 2007; Santos, Perez, Siqueira, Muniz, & Bonagurio, 2001). Once this genetic group has not undergone any genetic improvement (Vargas Junior et al., 2011), individuals have a larger size due to natural selection in the Pantanal region, where they have broad and thin bones, requirements of the conditions in which they live. Broad and thin bones are the opposite of breeds improved for meat production, which have changes in the bones causing shortening of the limbs and increased thickness of the surrounding muscles (Silva et al., 2000).

Both total fat and subcutaneous fat had the same behavior, with positive heterogonic growth ($\beta > 1$), which shows that the leg cut, the adipose tissue is deposited delayed compared to bone and muscular tissue.

As Roque et al. (1999), there was a major variation in the allometry coefficients found in relation to the bibliography, perhaps because the different breeds used in each study, follow different production systems, diets, weight and age at slaughter which may influence development.

Conclusion

It is recommended the slaughter of female Pantaneiro lambs with 3.00 mm subcutaneous fat thickness, since their carcasses have already reached physiological maturity. Lambs slaughtered with 4.00 mm would not be economically viable for staying more days confined resulting in increased deposition of fat rather than muscle. Shoulder and leg cuts are best suited for dissection for presenting the highest correlation with the carcass in females of the Pantaneiro group.

References

- Aldai, N., Dugan, M. E. R., Kramer, J. K. G., Robertson, W. M., Juárez, M., & Aalhus, J. L. (2010). Trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles after the inclusion of buffer, sodium sesquicarbonate, in the concentrate of finishing steers. *Meat Science*, 84(4), 735-741.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (13th ed.). Arlington: AOAC International.
- Cartaxo, F. Q., & Sousa, W. H. (2008). Correlações entre as características obtidas *in vivo* por ultra-som e as obtidas na carcaça de cordeiros terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(8), 1490-1495.
- Furusho-Garcia, I. F., Perez, J. R. O., Pereira, I. G., Costa, T. I. R., & Martins, M. O. (2009). Estudo alométrico dos tecidos da carcaça de cordeiros Santa Inês puros ou mestiços com Texel, Ile de France e Bergamácia. *Revista Brasileira Zootecnia*, 38(3), 539-546.
- Hashimoto, J. H., Osório, J. C. S.; Osório, M. T. M., Bonacina, M. S., Lehmen, R. I., & Pedroso, C. E. S. (2012). Qualidade de carcaça, desenvolvimento regional e tecidual de cordeiros terminados em três sistemas. *Revista Brasileira Zootecnia*, 41(2), 438-448.
- Huxley, J. S. (1932). *Problems of relative growth*. Methuen, Londres: Cambridge University.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2011). *Estados@*. Rio de Janeiro. Recuperado em 7 março, 2013, de <http://www.ibge.gov.br/estadosat/index.php>
- Lamdim, A. V., Mariante, A. S., Mcmanus, C., Gugel, R., & Paiva, S. R. (2007). Características quantitativas da carcaça, medidas morfométricas e suas correlações em diferentes genótipos de ovinos. *Ciência Animal Brasileira*, 8(4), 665-676.
- Lombardi, L., Jobim, C. C., Bumbieris Junior, V. H., Calixto Junior, M., & Macedo, F. A. F. (2010). Características da carcaça de cordeiros terminados em confinamento recebendo silagem de grãos de milho puro ou com adição de girassol ou ureia. *Acta Scientiarum Animal Science*, 32(3), 263-269.
- Mendonça, G., Osorio, J. C. S., Osorio, M. T. M., Wiegand, M. M., Esteves, R., & Gonçalves, M. (2007). Crescimento e desenvolvimento de cordeiros da raça Texel nascidos em duas épocas. *Revista Brasileira Agrociência*, 13(3), 361-369.
- National Research Council – NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Negussie, E., Rottmann, O. J., Pirchner, F., & Rege, E. O. (2004). Growth and carcass composition of tropical fat-tailed Menz and Horro sheep breeds. *Animal Science*, 78(2), 245-252.
- Osório, J. C. S., Maria, G., Oliveira, N. M., Osório, M. T., & Pouey, J. L. O. (1999). Estudio de três sistemas de producción de carne em corderos Polwarth. *Revista Brasileira de Agrociência*, 5(2), 124-130.
- Pinheiro, R. S. B., Silva Sobrinho, A. G., Yamamoto, S. M., & Barbosa, J. C. (2007). Composição tecidual dos cortes da carcaça de ovinos jovens e adultos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(4), 565-571.
- Ripoll, G., Joy, M., & Sanz, A. (2010). Estimation of carcass composition by ultrasound measurements in 4 anatomical locations of 3 commercial categories of lamb. *Journal Animal Science*, 88(10), 3409-3418, 2010.

- Roque, A. P., Osório, J. C. S., Jardim, P. O., Oliveira, N. M., & Osório, M. T. M. (1999). Produção de carne em ovinos de cinco genótipos. 6. Desenvolvimento relativo. *Ciência Rural*, 29(3), 549-553.
- Rosa, G. T., Pires, C. C., Silva, J. H. S., & Motta, O. S. (2005). Crescimento alométrico de osso, músculo e gordura em cortes da carcaça de cordeiros Texel segundo os métodos de alimentação e peso de abate. *Ciência Rural*, 35(4), 870-876, 2005.
- Santos, C. L., Perez, J. R. O., Siqueira, E. R., Muniz, J. A., & Bonagurio, S. (2001). Crescimento alométrico dos tecidos ósseo, muscular e adiposo na carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia. *Revista Brasileira Zootecnia*, 30(2), 493-498.
- Silva, L. F., & Pires, C. C. (2000). Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em ovinos. *Revista Brasileira Zootecnia*, 29(4), 1253-1260.
- Silva, L. F., Pires, C. C., Zeppenfeld, C. C., & Chagas, G. C. (2000). Crescimento de regiões da carcaça de cordeiros abatidos com diferentes pesos. *Ciências Rurais*, 30(3), 481-484.
- Vargas Junior, F. M., Martins, C. F., Souza, C. C., Pinto, G. S., Pereira, H. F., Camilo, F. R., & Azevedo Junior, N. P. (2011). Avaliação Biométrica de Cordeiros Pantaneiros. *Revista Agrarian*, 4(11), 60-65.
- Wylie, A. R. G., Chestnutt, D. M. B., & Kilpatrick, D. J. (1997). Growth and carcass characteristics of heavy slaughter weight lambs: effects of sire breed and sex of lamb and relationships to serum metabolites and IGF-1. *Animal Science*, 64(2), 309-318.

V – Physicochemical characteristics of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different of subcutaneous fat thicknesses¹

Abstract: Twenty-four lambs of the pantaneiro genetic group were used in a completely randomized design with eight replicates, slaughtered with subcutaneous fat thicknesses (SFT) of 2.0, 3.0 and 4.0 mm, which was evaluated by ultrasound in the *longissimus dorsi* muscle to measure the effect of the SFT on the physicochemical properties of the meat. The animals received water *ad libitum* throughout the experimental period and were fed a complete, pelleted ration formulated to provide an average daily gain of 0.30 kg⁻¹. As the lambs reached the predetermined SFT in the fortnightly evaluation by ultrasound, they were slaughtered the day after the measurements, regardless of weight. The pH values for 0h00 (6.58) and 24h00 (5.50) and cooking loss (23.99%) did not differ between treatments. Regarding the meat color, lambs slaughtered with 2.0 mm and 3.0 mm SFT had meat with greater lightness (L*; 40.70), and the meat from those with 4.0 mm SFT showed higher values for the intensity of red (a* : 18.20) and yellow (b* : 6.40). Lambs slaughtered with 4.0 mm SFT (1.43 kgf) had more tender meat than those slaughtered with a SFT of 2.0 mm. Lambs slaughtered with 4.0 mm SFT had the greatest sarcomere length (1.47 µm). The crude protein (21.15%) and moisture (72.38%) contents in the 2.0 mm treatment were higher than those in the 4.0 mm treatment. The total lipids (4.84%) in the meat from 4.0 mm SFT animals were higher than those in the meat from 2.0 mm SFT lambs. Slaughtering lambs with 3.0 mm of fat thickness in the loin is recommended, as these animals comprise a larger number of favorable characteristics with regard to the meat chemical composition, softness, and color.

Key words: color, cooking, feedlot, sarcomere, tenderness

¹ Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA/UEM – protocolo nº 021/2014

Características físico-químicas da carne de cordeiras pantaneiras abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea

Resumo: Foram utilizadas 24 cordeiras do grupo genético pantaneiro em delineamento inteiramente casualizado com oito repetições, abatidas com 2,0; 3,0 e 4,0 mm de espessura de gordura, avaliadas por ultrassonografia no *Longissimus dorsi*, para aferir o efeito da espessura de gordura subcutânea sobre as características físico-químicas da carne. Os animais receberam água à vontade durante todo o período experimental e foram alimentados com ração total peletizada, formulada para um ganho de peso diário de 0,30 kg animal⁻¹. Conforme as cordeiras atingiam a espessura de gordura pré-determinada na avaliação semanal por ultrassonografia, as mesmas eram abatidas no dia seguinte às aferições, independentemente do peso. O pH 0 hora (6,58); 24 h (5,50) e perdas por cocção (23,99%) não diferiram entre os tratamentos. Os ovinos abatidos com 2,0 mm e 3,0 mm apresentaram carne com maior luminosidade (40,70) e as com 4,00 mm foram superiores para intensidade de vermelho (a^* : 18,20) e intensidade de amarelo (b^* : 6,40). Fêmeas abatidas com 4,0 mm de espessura de gordura (1,43 kgf) apresentaram carne mais macia que as de 2,0 mm. Cordeiras abatidas com 4,0 mm de espessura de gordura apresentaram maiores valores (1,47 μ m) para comprimento de sarcômero. A proteína bruta (21,15%) e umidade (72,38%) das amostras do tratamento 2,0 mm foram superiores aos de 4,0 mm. Os lipídeos totais (4,84%) na carne dos animais abatidos com 4,0 mm foram superiores aos de 2,0 mm. Recomenda-se o abate de cordeiras com 3,0 mm de espessura de gordura no lombo, pois englobaram maior número de características favoráveis em relação à composição química da carne, maciez e coloração.

Palavras-chave: cor, cocção, confinamento, maciez, sarcômero

Introduction

Meat is important in human feeding worldwide because of its high-quality protein and presence of essential amino acids, as well as its vitamin and mineral salt content. According to Missio et al. (2010), the consumer demands for meat color, tenderness, palatability, and juiciness are growing constantly, and these are the main factors to retain consumers and gain market ground.

In this scenario, enhancing and maximizing the productive potential of the different species across the varied demographic regions has become paramount to economic development. For instance, according to Vargas Junior et al. (2011), the Brazilian states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul have a sheep genetic group named Pantaneiro, originating from several crossings throughout years that underwent natural selection to the climatic conditions of that region, and whose main ancestors are animals from the South and Northeast of Brazil. However, there are few studies regarding the production of this genetic group, and so further research in this sector is necessary.

In terms of productive system, the time of permanence on concentrate diets may influence the profitability of production, mainly due to the high costs of concentrates, requiring evaluation of body traits *in vivo* for better guidance concerning the time for slaughter. In this regard, ultrasound imaging stands out among the available techniques: according to Peres et al. (2010), it improves the prediction of the body composition, especially in the measurement of the loin-eye area and degree of fat thickness, which are widely used in cattle and sheep (NUBIATO et al., 2013). According to Osório et al. (2012), the ideal time for slaughter should be determined based on the proportion of fat suitable to the consumer preference.

Meat is the most important source of animal protein in the human diet, and its quality is defined by two aspects: the physicochemical analyses, which have an objective definition, measurable scientifically to determine the actual product quality; and the criteria referring to the consumers' concept and their search for healthier foods (MUCHENJE et al., 2009).

Thus, the physicochemical traits of the meat are important in that influence the consumers' acceptability. Among these traits, the most outstanding are the pH measurements performed at slaughter and after 24 h of chilling, cooking loss, shear force, and sarcomere length (MARTÍNEZ-CEREZO et al., 2005; ZEOLA; SILVA SOBRINHO; MANZI, 2011).

The objective of this study was to evaluate the physicochemical composition of feedlot-finished lambs of the Pantaneiro genetic group slaughtered with subcutaneous fat thicknesses of 2.0, 3.0, and 4.0 mm, evaluated by ultrasound.

Material and Methods

The experiment was conducted on the Experimental Farm of Iguatemi, at Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR, Brazil, from October 2012 to January 2013.

Twenty-four lambs of the pantaneiro genetic group at approximately 100 days of age, with an initial average weight of 16.24 ± 1.78 kg, acquired from extensive-rearing properties in the southwest region of Mato Grosso State were utilized in this experiment.

The animals were distributed at random into individual covered stalls with slatted suspended floor, and the treatments were defined as the subcutaneous fat thicknesses (SFT) of 2.0, 3.0, and 4.0 mm in the loin, between the 12th and 13th ribs, evaluated by ultrasound. Animals received water *ad libitum* throughout the experimental period, and were fed a mixed, pelleted ration formulated to provide a daily weight gain of $0.30 \text{ kg animal}^{-1}$ (NRC, 2007). The experimental diet was supplied once daily in the morning, *ad libitum*, in an amount calculated to allow for leftovers of approximately 10% of the total supplied.

The chemical composition of the diet (Table 1) was determined in the Laboratory of Animal Nutrition and Feeding, at the Department of Animal Science of UEM, according to AOAC (2000) methodologies.

The ultrasound and weighting evaluations were performed every 15 days. To obtain the subcutaneous fat thickness, an ultrasound (Honda[®], model HS-1500 VET) device with a 50-mm width multifrequency linear transducer was used at a frequency of 7.5 MHz. To take the measurements, the lambs were immobilized manually, and, using a comb, their fleece was separated at the measurement areas and mucilage was applied for better sliding of the transducer on the skin.

The pressure at the transducer head was kept minimal to prevent compression of the fat, and all measurements were taken by the same technician, on the left side, between the 12th and 13th ribs, at 4 cm from the spine midline. After the image was captured, the subcutaneous fat thickness was measured by using the electronic cursor of the ultrasound device.

Table 1. Composition, in g kg⁻¹ fresh matter, of the ingredients that composed the experimental diet, and chemical composition of the experimental diet.

Ingredient	Composition (g kg ⁻¹)
<i>Centesimal composition of the experimental diet</i>	
Oat hay	100.0
Ground corn grain	448.0
Soybean meal	150.0
Rice hulls	150.0
Rice bran	100.0
Molasses powder	20.0
Ammonium chloride	20.0
Mineral mix ¹	10.0
Bacitracin zinc	02.0
Total	1000.0
<i>Diet's chemical composition variables</i>	
Dry matter	912.8
Crude protein	162.4
Ether extract	42.1
Neutral detergent fiber	275.4
Acid detergent fiber	138.6
Ash	45.9
Phosphorus	02.8
Calcium	04.0
<i>In vitro</i> dry matter digestibility	782.5
Total digestible nutrients	766.8

¹Guaranteed levels of the mineral mix per kg: calcium - 220 g; phosphorus - 130 g; magnesium - 25.5 g; sulfur - 24 g; iron - 3,000 mg; manganese - 1,500 mg; zinc - 4,000 mg; copper - 1,200 mg; cobalt - 280 mg; iodine - 260 mg; selenium - 30 mg; fluoride - 300 mg.

Source: Elaboration of the authors.

As the lambs reached the predetermined subcutaneous thicknesses of 2.0, 3.0, and 4.0 mm in the fortnightly evaluation by ultrasound, they were slaughtered the day after the measurements, regardless of their weight.

After a feed-deprivation period of 18h00 the animals were stunned by electronarcosis through an electric discharge of 220 Volts for 8 seconds. After bleeding, skinning, and evisceration, the carcasses were weighed and subsequently stored in a cold room at 4 °C for 24h00. The pH was measured in the animals' loin using a pH meter (Hanna HI 996163) with a penetrating electrode. The pH at 0h00 was computed after slaughter, and the pH at 24h00 after chilling was measured after the carcasses spent one day in a cold room.

After chilling, the carcasses were weighed and sawn lengthwise. The *Longissimus dorsi* muscle was taken from each left half-carcass and separated into thoracic and lumbar regions, labeled, vacuum-packed, and frozen at -18 °C.

Between the 6th and 10th thoracic vertebrae, samples were collected for chemical analyses, in which the moisture, mineral matter, and crude protein were determined according to AOAC (2000) methodologies. For total lipids, extraction was performed using the technique described by Folch, Less and Sloane (1957), with a chloroform-methanol⁻¹ (2:1 v v⁻¹) solution.

Cooking loss (CL) and shear force were analyzed between the 11th and 13th thoracic vertebrae. To determine the CL, the samples were previously defrosted for 24h00 under refrigeration (4 °C) and cut into 2.5-cm-thick stakes and weighed. Next, they were wrapped in aluminum foil, and baked on a grill at 170 °C until their geometric center reached 70 °C, which was monitored through a thermometer coupled to a digital reader. Upon reaching 70 °C samples were taken off the grill, dried with absorbent paper, and weighed. The cooking loss was calculated as the difference in weight of the samples before and after cooking, expressed as percentage.

Shear force was determined according to the Warner-Bratzler Shear Force – WBSF (WHEELER; SCHACKELFORD; KOOHMARIE, 2007) analysis protocol. The cooked stakes, used previously to determine the cooking loss, were left to sit at room temperature for 30 minutes. Brick-shaped cuts measuring 1.0 × 1.0 × 3.0 cm were made later according to the fiber orientation. The strength necessary to cut each sample transversally was measured in a texturometer (TAXT2; Stable Micro System, Surrey, England) equipped with a Warner-Bratzler attachment, operating at a speed of 20 cm min⁻¹. The average of eight cuts from each sample of shear force represented the toughness value of each stake, expressed in kgf.

To measure the sarcomere length, chilled samples of the *Longissimus dorsi* were collected and fixed in 10% buffered formalin for 24h00. Subsequently the samples were processed for paraffin embedding. Semi-serial 6-µm-thick longitudinal histological sections were obtained with a microtome. The cuts were distended in histological water bath at 45 °C and transferred to labeled slides. The slides were placed on a wood support and incubated at 60 °C for 24h00 to provide greater adherence between the paraffin and the slide.

After deparaffinization in an oven at 60 °C, samples were washed in running water for 2 minutes and treated with an aqueous solution of 0.25% potassium permanganate for 10 minutes, and then washed in running water for another 3 minutes. Next, they were immersed in oxalic acid for 5 minutes, removed, and washed in running water again for another 3 minutes and stained with 10% Mallory phosphotungstic acid-

haematoxylin, 0.5 g hematoxylin, and 1 mL hydrogen peroxide in a total volume of 500 mL for 24h00. This stain was conditioned in an amber vial and stabilized two to three days before use.

The sections were analyzed in an optical microscope and photographed with an attached capture camera with 100 times objective and 10 times eyepiece oil-immersion lenses (Figure 1). The formatting of images, scales and measures were performed using the Motic Images Plus 2.0 software. Five animals were assessed per treatment, and the average sarcomere length (μm), obtained by determining the length (μm) of 10 sarcomeres from 20 distinct fibers chosen at random, was calculated in each treatment, generating a total of 200 observations per animal.

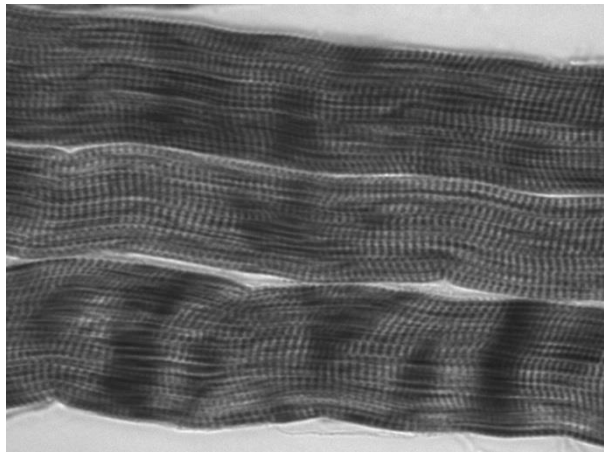


Figure 1. Photomicrography of muscle fibers of the *Longissimus dorsi* muscle displaying the A (dark) and I (light) bands. Staining: Mallory phosphotungstic acid hematoxylin. 1000 X magnification.

Source: Elaboration of the authors.

The color was evaluated in 5.0-cm-thick stakes between the 1st and 6th lumbar vertebrae. Measurements were taken using a colorimeter (KONICA MINOLTA CR-410) operating in the CIE (L^* , a^* , b^*) system, in which L^* stands for lightness, a^* represents the intensity of red color, and b^* is the intensity of the yellow color. The measures were taken in three different points of the stakes, and the average L^* , a^* and b^* values recorded.

Statistical analysis was performed using the Statistical Analysis System – SAS (2001) software. The experimental design was completely randomized, with three treatments and eight replicates, considering the different subcutaneous fat thicknesses at slaughter (2.0, 3.0, and 4.0 mm). Means were compared by Tukey's test at 5% significance.

Results and Discussion

The pH values obtained for 0h00 and 24h00 (Table 2) did not differ ($p>0.05$) among the different SFT treatments, averaging 6.58 and 5.50, respectively. These values are considered to be within the standard range for meats deemed normal (ZEOLA et al., 2007; SIQUEIRA; SIMÕES; FERNANDES, 2001). Muchenje et al. (2009) associated low pH values, 5.5 to 5.6, with favorable animal welfare conditions pre-slaughter, because for this to take place, glycogen is utilized in the postmortem transformation for anaerobic production of ATP, generating the lactic acid, which causes a decline in the meat pH. If the pre-slaughter glycogen reserves are smaller, less lactic acid is formed, and thus the final meat pH will be higher, causing the meat to become darker.

Table 2. Means and standard deviations for the pH and color values of the *Longissimus dorsi* muscle from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses (mm).

Variable	Subcutaneous fat thickness			CV (%)
	2.0 mm	3.0 mm	4.0 mm	
pH 0h00	6.61 ± 0.08	6.60 ± 0.08	6.50 ± 0.09	3.43
pH 24h00	5.42 ± 0.04	5.45 ± 0.04	5.50 ± 0.05	2.39
L*	40.70 ± 0.79 a	40.34 ± 0.70 a	37.12 ± 0.74 b	5.31
a*	14.63 ± 0.42 b	17.59 ± 0.40 a	18.20 ± 0.45 a	7.13
b*	4.30 ± 0.19 b	5.90 ± 0.18 a	6.40 ± 0.20 a	9.64

Means followed by the same letters in the rows indicate that there were no differences by Tukey's test ($p>0.05$).

Source: Elaboration of the authors.

The meat color values of the pantaneiro lambs slaughtered with different SFT are shown in Table 2. The meat from the sheep slaughtered with 2.0 and 3.0 mm SFT had greater intensity of brightness (L*) than those slaughtered with 4.0 mm SFT. For the L* index, the meat from lambs slaughtered with 2.0 and 3.0 mm SFT displayed greater lightness, possibly due to the greater difference in age necessary for them to reach 4.0 mm in thickness. In younger animals, the muscle has a smaller amount of fat and higher percentage of water, which promotes lightness to the meat (SILVA SOBRINHO; PURCHAS; KADIM, 2005; MOLONEY et al., 2012).

The red (a*) and yellow (b*) intensity values, however, were highest in the lambs slaughtered with the largest SFT. The values displayed for the a* and b* intensities in the ewe meat indicated a significant increase between the SFT of 2.0 and 3.0 mm. An increase in pantaneiro lambs' slaughter age usually originates meat with a darker red tone, yet within a normal range for sheep (PINHEIRO et al., 2009).

The treatments were similar for CL (Table 3), which averaged 23.99%. The results found in the present experiment suggest that the SFT interferes positively with the no reduction of CL, which is directly related to the amount of water (LAWRIE, 1981) and fat (SAFFLE; BRATZLER, 1959) in the meat, which should be evaluated, since these are directly correlated with juiciness at the time of consumption.

Table 3. Means and standard deviations for the cooking loss, shear force, and sarcomere length in meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses (mm).

Variable	Subcutaneous fat thickness			CV (%)
	2.0 mm	3.0 mm	4.0 mm	
Cooking loss (%)	22.47 ± 2.02 a	24.57 ± 22.02 a	24.93 ± 2.02 a	23.79
Shear force (kgf)	2.52 ± 0.18 a	1.87 ± 0.18 ab	1.43 ± 0.18 b	26.83
Sarcomere length (µm)	1.37 b	1.40 b	1.47 a	2.16

Means followed by the same letters in the rows indicate that there were no differences by Tukey's test ($p>0.05$).

Source: Elaboration of the authors.

According to Oillic et al. (2011), during cooking, the meat may lose a large amount of its mass as juice (90% water), which will consequently reduce, besides juiciness, the nutritional value of the product.

The observed values for shear force indicate that the meat from lambs slaughtered with 4.0 mm SFT was more tender than the samples originating from those slaughtered with 2.0 mm SFT. However, the treatment with 3.0 mm fat did not differ from the others. Tatum, Smith and Belk (1999) classified the sheep meat as tender when its shear force was below 5 kgf cm^{-2} . In this context, regardless of the treatment, the values obtained in this study characterize the meat samples as extremely tender.

The superior amount of adipose tissue had a greater influence on the meat tenderness. An increased amount of fat in the meat provides a sensation of juiciness and stimulates salivary flow during chewing (SILVA SOBRINHO; PURCHAS; KADIM, 2005), which helps to improve the expression of the organoleptic senses and the consumer's acceptance at the moment of purchase.

According to Andrade et al. (2010), the shear force can be used to evaluate the meat tenderness, wherein the highest value obtained in the texturometer corresponds to the greatest strength necessary to disrupt the sample, and thence tougher meats. Higher or lower values for shear force, according to Sañudo et al. (1997), can be found in younger animals according to the slaughter age, and perhaps, according to interactions among different rates of deposition of collagen and fat in the animal. This variation in

results has been reported in the literature both for values similar to those found in the current study (LEÃO et al., 2012) and higher values (COSTA et al., 2011; VIEIRA; FERNÁNDEZ, 2014).

Regarding the length of the sarcomeres, the animals slaughtered with 4.0 mm SFT showed the highest values. The greater degree of fat cover probably provided a slower chilling of the carcass in the cold chamber, contributing to minimizing the harmful effects of cold on the meat tenderness (PRADO; FELÍCIO, 2010). In this regard, Vieira and Fernández (2014) reported the influence of refrigeration for 24h00 on the sarcomere length, which may be reduced by 20 to 25%, and thus cause muscle hardening. These authors observed similar values to those of this study, evaluating different forms of chilling both aged and non-aged lamb carcasses (conventional, between 1.5 and 1.6 μm ; ultra-fast, from 1.2 to 1.4 μm ; and slow, at 1.7 μm).

In a pioneering study, Penny and Dransfield (1979) reported that muscles with shorter sarcomere result in tougher meat, which is influenced by the location of the muscle, carcass chilling speed (VIEIRA; FERNÁNDEZ, 2014), speed of proteolysis (HWANG et al., 2004), rigor mortis stage (COSTA et al., 2011), and body weight at slaughter (MARTÍNEZ-CEREZO et al., 2005).

The mean values for moisture, crude protein, total lipids, and mineral matter in the meat from the lambs slaughtered with different SFT (mm) can be viewed in Table 4.

Table 4. Means and standard deviations for the chemical composition of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses (mm).

Item (%)	Subcutaneous fat thickness			CV (%)
	2.0 mm	3.0 mm	4.0 mm	
Moisture	72.38 \pm 0.53 a	71.19 \pm 0.53 ab	70.39 \pm 0.53 b	2.10
Crude protein	21.15 \pm 0.34 a	20.32 \pm 0.34 ab	19.75 \pm 0.34 b	4.652
Total lipids	2.79 \pm 0.31 b	3.76 \pm 0.31 ab	4.84 \pm 0.31 a	23.19
Mineral matter	1.87 \pm 0.13 a	1.88 \pm 0.13 a	1.87 \pm 0.13 a	19.58

Means followed by the same letters in the rows indicate that there were no differences by Tukey's test ($p > 0.05$).

Source: Elaboration of the authors.

As regards the chemical composition of sheep meat, it is known that it has mean values of 75% moisture, 19% protein, 4% fat, and 1% mineral matter, with possible variations (PRATA, 1999). The percentage of mineral matter was similar among the treatments, averaging 1.87%, which explains that in the mineralized animal, alterations in this component do not occur significantly due to the low percentage of this component in its constitution.

These results are thus consistent as they reassert that the chemical composition of the meat varies according to the animal growth and is influenced by age and nutrition. According to Ferreira et al. (1998), young animals have a greater proportion of water and protein in the body, which decrease with ageing and weight gain. Lambs slaughtered with 4.0 mm SFT remained confined longer, because they required a greater supply of nutrients to reach the predetermined SFT, which explains the proportional inversion of the moisture, protein, and fat values reported in this study.

The percentages of lipids in the meat of pantaneiro lambs slaughtered with 4.0 mm SFT were greater than those found in the literature (BONACINA et al., 2011; LOPES et al., 2012). In this regard, Pethick, Harper and Oddy (2004) reported that deposition of body fat follows some priority order, wherein the first one is perirenal fat, followed by the fat between the muscle groups, then the subcutaneous fat, and lastly the marbling fat. This explains the increased intramuscular fat in the lambs slaughtered with 4.0 mm SFT.

It is recommended to slaughter pantaneiro lambs with a subcutaneous fat thickness of 3.0 mm in the loin, because they comprise a larger number of favorable traits regarding the meat chemical composition, tenderness, and color.

References

- ANDRADE, P. L.; BRESSAN, M. C.; GAMA, L. T.; GONÇALVES, T. M.; LADEIRA, M. M.; RAMOS, E. E. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n. 8, p. 1791-1800, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 13th ed. Arlington: AOAC International, 2000. 989 p.
- BONACINA, M. S.; OSÓRIO, M. T. M.; OSÓRIO, J. C. S.; CORRÊA, G. F.; HASHIMOTO, J. H. Influência do sexo e do sistema de terminação de cordeiros Texel × Corriedale na qualidade da carcaça e da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 40, n. 6, p. 1242-1249, 2011.
- COSTA, R. G.; SANTOS, N. M.; SOUSA, W. H.; QUEIROGA, C. R. E.; AZEVEDO, P. S.; CARTAXO, F. Q. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso:concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 40, n. 8, p. 1781-1787, 2011.
- FERREIRA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; COELHO da SILVA, J. F.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos F1 Simental X Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 352-360, 1998.

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE, S. G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, Rockville, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

HWANG, I. H.; PARK, B. Y.; CHO, S. H.; LEE, J. M. Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-Bratzler shear force in beef longissimus and semitendinosus. *Meat Science*, Cowra, v. 68, n. 3, p. 497-505, 2004.

LAWRIE, R. *Developments in meat science*. London: Elsevier Applied Science, 1981. 342 p.

LEÃO, A. G.; SILVA SOBRINHO, A. G.; MORENO, G. M. B.; SOUZA, H. B. A.; GIAMPIETRO, A.; ROSSI, R. C.; PEREZ, H. L. Características físico-químicas e sensoriais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 41, n. 5, p. 1253-1262, 2012.

LOPES, J. E. L.; SALES, R. O.; AZEVEDO, A. R.; OLIVEIRA, A. L. T. Composição centesimal, perfil de ácidos graxos e colesterol da carne de cordeiros submetidos aos sistemas de produção com dieta experimental e convencional. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 31-50, 2012.

MARTÍNEZ-CEREZO, S.; SAÑUDO, C.; PANEA, B.; OLLETA, J. L. Breed, slaughter weight and ageing time effects on consumer appraisal of three muscles of lamb. *Meat Science*, Cowra, v. 69, n. 2, p. 795-805, 2005.

MISSIO, R. G.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M. Z.; SEGABINAZZI, L. R. Características da carcaça e da carne de tourinhos terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n. 7, p. 1610-1617, 2010.

MOLONEY, A. P.; KENNEDY, C.; NOCI, F.; MONAHAN, F. J.; KERRY, J. P. Lipid and colour stability of *longissimus* muscle from lambs fed camelina or linseed as oil or seeds. *Meat Science*, Cowra, v. 92, n. 1, p. 1-7, 2012.

MUCHENJE, V.; DZAMAC, B. K.; CHIMONYOA, M. P. E.; STRYDOM, A.; HUGOE, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: a review. *Food Chemistry*, Reading, v. 112, n. 2, p. 279-289, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384 p.

NUBIATO, K. E. Z.; FERNANDES, A. R. M.; ALVES, L. G. C.; OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; CUNHA, C. M.; CORNÉLIO, T. C.; CATALANO NETO, A. P. A técnica do ultrassom para avaliação da carcaça em tempo real. *PUBVET*, Londrina, v. 7, n. 8, p. 1-10, 2013.

OILLIC, S.; LEMOINE, E.; GROS, J. B.; KONDOYAN, A. Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath: Effect of sample dimensions and prior freezing and ageing. *Meat Science*, Cowra, v. 88, n. 3, p. 338-346, 2011.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; VARGAS JUNIOR, F. M.; FERNANDES, A. R. M.; SENO, L. O.; RICARDO, H. A.; ROSSINI, F. C.; ORRICO JUNIOR, M. A. P. Critérios para abate do animal e a qualidade da carne. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 5, n. 18, p. 433-443, 2012.

- PENNY, I. F.; DRANSFIELD, E. Relationship between toughness and troponin T in conditioned beef. *Meat Science*, Cowra, v. 3, n. 2, p. 135-141, 1979.
- PERES, A. M.; DIAS, L. G.; JOY, M.; TEIXEIRA, A. Assessment of goat carcass fat composition using ultrasound technology and multiple multivariate prediction models. *Journal Animal Science*, Champaign, v. 88, n. 2, p. 572-580, 2010.
- PETHICK, D. W.; HARPER, G. S.; ODDY, V. H. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Clayton South-Melbourne, v. 44, n. 4, p. 705-715, 2004.
- PINHEIRO, R. S. B.; SILVA SOBRINHO, A. G.; SOUZA, H. B. A.; YAMAMOTO, S. M. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 38, n. 9, p. 1790-1796, 2009.
- PRADO, C. S.; FELÍCIO, P. E. Effects of chilling rate and spray-chilling on weight loss and tenderness in beef strip loin steaks. *Meat Science*, Cowra, v. 86, n. 2, p. 430-435, 2010.
- PRATA, L. F. *Higiene e inspeção de carnes, pescado e derivados*. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 217 p.
- SAFFLE, R. L.; BRATZLER, L. J. The effect of fatness on some processing and palatability characteristics of pork carcasses. *Food technology*, Chicago, v. 13, n. 1, p. 236-241, 1959.
- SAÑUDO, C.; CAMPO, C. C.; SIERA, I.; MARÍA, G. A.; OLLETA, J. L.; SANTOLARIA, P. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Science*, Cowra, v. 46, n. 4, p. 357-365, 1997.
- SILVA SOBRINHO, A. G.; PURCHAS, R. N.; KADIM, I. T. Musculosidade e composição da perna de ovinos de diferentes genótipos e idades de abate. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1129-1134, 2005.
- SIQUEIRA, E. R.; SIMÕES, C. D.; FERNANDES, S. Efeito do sexo e do peso ao abate sobre a produção de carne de cordeiros. I. velocidade de crescimento, caracteres quantitativos da carcaça, pH da carne e resultados econômicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 844-848, 2001.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. *SAS user's guide: statistics*. 5th ed. Cary: 2001. 956 p.
- TATUM, J. D.; SMITH, G. C.; BELK, K. E. New approaches for improving tenderness, quality and consistency of beef. In: PROCEEDINGS OF THE ANIMAL SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, Indianapolis, 1999, Indianapolis. *Proceedings...* Indianapolis: American Society of Animal Science, 1999. p. 1-10.
- VARGAS JUNIOR, F. M.; MARTINS, C. F.; SOUZA, C. C.; PINTO, G. S.; PEREIRA, H. F.; CAMILO, F. R.; AZEVEDO JUNIOR, N. P. Avaliação biométrica de cordeiros pantaneiros. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 4, n. 11, p. 60-65, 2011.
- VIEIRA, C.; FERNÁNDEZ, A. M. Effect of ageing time on suckling lamb meat quality resulting from different carcass chilling regimes. *Meat Science*, Cowra, v. 96, n. 2, p. 682-687, 2014.
- WHEELER, T. L.; SCHACKELFORD, S. D.; KOOHMARIE, M. Beef longissimus slice shear force measurement among steak locations and institutions. *Journal Animal Science*, Champaign, v. 85, n. 9, p. 2283-2289, 2007.

ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA SOBRINHO, A. G.; MANZI, G. M. Parâmetros qualitativos da carne de cordeiros submetidos aos modelos de produção orgânico e convencional. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 107-115, 2011.

ZEOLA, N. M. B. L.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; SILVA SOBRINHO, A. G. Parâmetros qualitativos da carne ovina: um enfoque à maturação e marinação. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, Lisboa, v. 102, n. 2, p. 215-224, 2007.

VI – Lipid composition and sensory traits of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thickness¹

Meat characteristics of Pantaneiro lambs

ABSTRACT. Lipid composition and sensory traits of the meat from female lambs of the Pantaneiro genetic group slaughtered with 2.00, 3.00 and 4.00 mm of subcutaneous fat thickness (SFT) were evaluated by ultrasound. Twenty-four lambs weighing 16.24 ± 1.78 kg were confined in feedlots. These animals were fed with pelleted diet formulated to provide a daily weight gain of 0.30 kg. As the lambs reached the pre-set SFT in the fortnightly evaluation by ultrasound, they were slaughtered on the day following the measurement, regardless of their weight. The SFT did not alter the fatty acid profile of meat from Pantaneiro lambs. For the sensory analysis, the meat from the animals slaughtered with 4.00 mm SFT received the best score for variables overall acceptance and characteristic flavor as compared with the females slaughtered with 2.00 mm SFT. The treatment with 3.00 mm SFT, however, did not differ from the others. For sensory traits odor and juiciness, no effect of SFT was found. It is recommended to slaughter lambs with 3.00 mm thickness of subcutaneous fat on the loin, because covered better number of favorable attributes in sensory analysis.

Keywords: fatty acids, loin, overall acceptance, sheep.

¹ Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA/UEM – protocolo n° 021/2014.

Composição lipídica e características sensoriais da carne de cordeiras pantaneiras abatidas com diferentes espessuras de gordura subcutânea

RESUMO. Foram analisadas a composição lipídica e as características sensoriais da carne de cordeiras do grupo genético Pantaneiro, abatidas com 2,00; 3,00 e 4,00 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS), avaliadas por ultrassonografia. Foram confinadas 24 cordeiras com peso de $16,24 \pm 1,78$ kg. Os animais foram alimentados com ração peletizada, formulada para um ganho de peso diário de 0,30 kg. Conforme cada cordeira atingia a EGS pré-determinada, na avaliação quinzenalmente por ultrassonografia, a mesma era abatida no dia seguinte às aferições, independentemente do peso. A EGS não alterou o perfil de ácidos graxos na carne de cordeiras Pantaneiras. Para a análise sensorial, a carne dos animais abatidos com 4,00 mm de EGS foi melhor pontuada para as variáveis aceitação global e sabor característico quando comparada com as fêmeas abatidas com 2,00 mm. Por sua vez o tratamento com 3,00 mm não diferiu dos demais. Para as características sensoriais odor e suculência não foram verificados efeito da EGS. Recomenda-se o abate de cordeiras do grupo genético Pantaneiro com 3,00 mm de espessura de gordura subcutânea no lombo, pois englobaram maior número de atributos favoráveis em relação à análise sensorial.

Palavras-chave: ácidos graxos, aceitação global, lombo, ovinos.

Introduction

In the last decade, several researchers have claimed that the presence of saturated fatty acid in food can be considered harmful to human health, especially in that they are related to cardiovascular disease (Hooper et al., 2012). Yet, a few recent research studies state that there is no evidence of this relationship (Malhorta, 2013; Siri-Tarino, Sun, Hu, & Krauss, 2010), indicating only that an excess of this type of feeding may result in damage to health, especially because of the sedentary lifestyle that most consumers have led in current days.

The fatty acids profile of meat lipids has a greater impact on its quality, sensorial characteristics like flavor and tenderness, consumer acceptance, and healthy benefits for humans (Ribeiro, Oliveira, Juchem, Silva, & Nalério, 2011).

The deposition and distribution of body fat in sheep also influence the acceptance of a meat. Maddock (2013) observed that excessive subcutaneous fat results in lower carcass yields and higher costs of gain, whereas lack of marbling results in lower carcass value and generally lower consumer eating satisfaction. Therefore, thickness of subcutaneous fat is an important factor to all sections of the meat trade.

Ultrasonic measurements and visual conformation scores on live lambs are widely used among farmers to select breeding animals (Einarsson, Eythórsdóttir, Smith, & Jónmundsson, 2015), selection of sheep with higher carcass traits or for predicting the readiness of animals ready for slaughter (Orman, Caliskan, & Dikmen, 2010), unlike the traditional Brazilian method of fixed weight, which varies between 28 and 35 kg.

Because of the difference in physiological maturity between each sheep genetic group, the real-time ultrasound technique may help to define the ideal moment, through the thickness of subcutaneous. Evaluated fat between the 12th and 13th ribs, to slaughter the animals regardless of its weight. This guideline, in addition to providing the market carcasses with good conformation, and appropriate amount of fat, will bring fast economic returns to producers, and the reduction days of confinement.

According Zeola, Souza, Souza and Silva Sobrinho (2010) the sensory attributes of meat are of particular importance, with priority in research should aim to analyze the influence of the final product. Soon, conducting sensory analysis is a way of understanding the consumer profile of the lamb through your preferences. The case under study here relates the analysis of the meat from lambs of the Pantaneiro genetic group with different subcutaneous fat thicknesses, because the adipose tissue is the parameter of greatest influence on the meat sensory traits.

The objective of this study was to evaluate the lipid and sensory traits of meat from Pantaneiro lambs slaughtered with 2.00, 3.00 and 4.00 mm of subcutaneous fat thickness, evaluated by ultrasound.

Material and methods

Sample collection

The experiment was conducted on The Experimental Farm Iguatemi, at Universidade Estadual de Maringá (UEM), located in Maringá/PR, Brazil. The study was accepted by the Ethics Committee on Animal Use in Experimentation, under protocol DZO021/2014 issued by the university itself.

Twenty-four female lambs at approximately 100 days of age and weighing 16.24 ± 1.78 kg, all of the same genetic group Pantaneiro were used. The lambs were acquired from extensive-rearing properties in the southeast region of Mato Grosso State (Brazil).

The animals were distributed randomly into individual covered stalls with suspended slatted floors, and the treatments were defined as the subcutaneous fat thicknesses (SFT) of 2.00, 3.00 and 4.00 at the loin, between the 12th and 13th ribs, evaluated by ultrasound. The animals received water *ad libitum* throughout the entire experimental period, and were fed a total, pelleted diet formulated to provide a daily weight gain of 0.30 kg, (National Research Council – NRC, 2007). The diet was supplied once daily *ad libitum* in the morning to allow for 10% leftovers.

The chemical composition of the diet (Table 1) was analyzed at the Laboratory of Animal Nutrition of the Department of Animal Science at UEM, following the methodology described in Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000).

The evaluations by ultrasound and weightings were performed every 15 days. To obtain the SFT, an ultrasound device (HS-1500 VET, HONDA) with a 50 mm multi-frequency linear transducer at 7.5 MHz frequency was used. For the measurements, the lambs were immobilized manually and had their hair wool divided in the measurement regions with a comb. Mucilage was applied for a smoother probing.

Table 1. Ingredients, in g/kg DM, and chemical composition.

Item	Composition (g/kg)
Oat hay	100.00
Ground corn grain	448.00
Soybean meal	150.00
Soybean hulls	150.00
Rice bran	100.00
Powder molasses	20.00
Ammonium chloride	20.00
Mineral mix ¹	10.00
Zinc bacitracin	2.00
Dry matter	912.80
Crude protein	162.40
Ether extract	42.10
Neutral detergent fiber	275.40
Acid detergent fiber (ADF)	138.60
Ash	45.90
<i>In vitro</i> dry matter digestibility	782.50
Total digestible nutrients (TDN) ²	766.80
Saturated fatty acids (g/100 g TFA ³)	28.72
Monounsaturated fatty acids (g/100 g TFA ³)	34.08
Polyunsaturated fatty acids (g/100 g TFA ³)	37.20

¹Guaranteed levels per kg: Calcium 220 g; Phosphorus 130 g; Magnesium 25.5 g; Sulfur 24 g; Iron 3.000 mg; Manganese 1.500 mg; Zinc 4.000 mg; Copper 1.200 mg; Cobalt 280 mg; Iodine 260 mg; Selenium 30 mg; Fluorine 300 mg. ²TDN estimated by the following equation: % TDN = 92.2 – (1.12 × ADF), described by Aldai et al. (2010). ³TFA = total fatty acids.

The transducer's pressure head was maintained minimal to avoid compression of the fat, and all measurements were taken by the same technician, from the left side, between the 12th and 13th ribs, at 4 cm from the midline of the spine. After the image had been captured, the SFT was measured using the electronic cursor of the ultrasound.

As the lambs reached the pre-set SFT of 2.00, 3.00 and 4.00 mm in the evaluation by ultrasound, they were slaughtered on the day following the measurements, irrespective of their weight.

After having been deprived of solid feed for 18 hours, the animals were stunned by electronarcosis at 220 Volts for 8 seconds. After bleeding, skinning and evisceration, the carcasses were weighed and then stored in a cold room at 4 °C for 24 hours.

The chilled carcasses were sawn lengthwise, and each left side had its *Longissimus dorsi* muscle removed, separated according to Cañequé and Sañudo (2005), identified, vacuum-packed and frozen in a freezer at –18 °C.

Fatty acid profile analysis

Samples were collected between the 6th and 10th thoracic vertebra for the fatty acid profile, without the inclusion of subcutaneous fat. Lipids were extracted using the technique described by Folch, Less and Sloane (1957), with a chloroform/methanol (2:1 v/v) solution. The methylation of lipids was performed according to the method of Hartman and Lago (1973), using a solution of ammonium chloride and sulfuric acid in methanol as esterifying agent. The fatty acid esters were separated and analyzed on a gas chromatograph (Agilent, model 7890A) coupled to a mass detector (Agilent 5975C) using a polyethylene glycol column (ZB-Wax) with 30 m length \times 0.25 mm internal diameter \times 0.25 μ m film thickness. Carrier gas was Helium (He) and the injection flow was 1 mL/minute split 1:10. The column's initial temperature was set to 50 °C, held for 2 minutes, and then raised to 220 °C at a rate of 4 °C/minute and held for 7 minute, totalizing 51.5 minutes. The injector temperature and transfer line between GC and MS was 250 °C. The data acquisition system was performed by GC-MS and the data analysis by software with database NIST MS Search version 2.0.

Sensory analyses

Between the 1st and 6th lumbar vertebrae, the collected samples were used for sensory analyses. The meat samples were thawed for 24 hours at 4 °C. Next, they were cooked on a grill plate pre-heated at a temperature of 170 °C until reaching 70 °C in the geometric center, which was monitored by a thermometer with a digital reader. When the pre-set temperature was reached, samples were taken off the grill, brick-shaped cuts measuring 1.0 \times 1.0 \times 3.0 cm were made later according to the fiber orientation, wrapped in aluminum paper and identified with a single random three-digit code. Samples were kept warm at 70 °C until serving within 10 min after cooking. The thickness of subcutaneous fat has been removed when samples were taken to test.

Sensory analyses performed according to the methodology recommended by Campo (2005) to consumers untrained. A total of 70 untrained testers who enjoy lamb meat were invited to participate during the 10th Lamb Festival on Farming Exhibition Centre to be representative in the city of Maringá-PR. The tests were performed in individual booths, with natural light and temperature, from 10 AM until noon.

The untrained testers were instructed to how to do the test and, if there still any doubts ask for clarification. Each tester was served a sample of meat from each treatment in a disposable container at the same time. The evaluation form was delivered

along with the meat samples, and the order of receipt was switched to each taster, to minimize the effect that the order of the samples can exercise. To remove any residual taste in between samples, mineral water at room temperature and unsalted crackers were offered.

The following attributes were evaluated: odor characteristic to the species, flavor characteristic to the species, succulence, and overall acceptance, through a questionnaire with an eight-point hedonic scale, divided as low intensity (1- extremely un-; 2- very un-; 3- moderately un-; 4- slightly un-) and high intensity (5- slightly; 6- moderately; 7- very; 8- extremely).

Regarding the profile of the panel of consumers, most (70%) aged from 18 to 35 years, and only 30% were from 36 to 55 years old. Regarding their gender, 58.57% of them were male and 41.43% female. The education level among the evaluators was considered high, since 75.71% of them had a college degree, 20% completed high school, and only 4.29% had only completed primary education.

Statistical analysis

The statistical analysis was performed on the Statistical Analysis System – SAS software. The experimental design was completely randomized, with three treatments and eight replicates, considering the different SFT at slaughter (2.00, 3.00 and 4.00 mm). Means were compared by Tukey's test at 5% significance.

Results e discussion

Mean body weight at slaughter according to SFT and days on feedlot were 20.64 kg and 34 days for lambs slaughtered with 2.0 mm (n=8); 26.77 kg and 84 days for lambs slaughtered with 3.0 mm (n=8); and 32.12 kg and 111 days for lambs slaughtered with 4.0 mm (n=8).

The same experiment data can help understand the results of this work. Carcasses of Pantaneiro lambs were used to evaluate the physiological maturity. The results showed that the lambs reached such physiological maturity from slaughter with 3.0 mm of SFT (Mora et al., 2014).

The concentrations of total lipid of the treatments were: 2.79 g/100 g for Pantaneiro lambs slaughtered with 2.00 mm SFT, 3.76 g/100 g and 4.84 g/100g for lambs slaughtered with 3.00 and 4.00 mm SFT respectively.

The subcutaneous fat thickness had no effect on the fatty acid profiles, shown in Table 2. According to Diaz et al. (2005), the fatty acid profile of sheep meat is affected by diet, age, sex and breed. The fact that the lambs were fed the same diet and showed homogeneity for age, and their same origin, explains the absence of differences.

Table 2. Detailed fatty acid profile of the *Longissimus dorsi* muscle from lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses.

Fatty acid (g/100 g TFA ¹)	Subcutaneous fat thickness (mm)			CV%
	2.00	3.00	4.00	
C 10:0 (capric)	0.15a ± 0.02	0.17a ± 0.02	0.16a ± 0.02	15.58
C 12:0 (lauric)	0.13a ± 0.04	0.11a ± 0.04	0.11a ± 0.04	28.71
C 14:0 (myristic)	3.50a ± 0.38	3.37a ± 0.43	3.55 a± 0.038	19.67
C 16:0 (palmitic)	25.86a ± 0.74	26.53a ± 0.83	26.40a ± 0.74	6.33
C 16:1c9 (palmitoleic)	1.75a ± 0.15	2.24a ± 0.15	1.85a ± 0.15	13.43
C 18:0 (stearic)	15.14a ± 0.84	14.93a ± 0.90	14.79a ± 0.95	12.71
C 18:1n-9t (elaidic)	2.12a ± 0.26	2.30a ± 0.27	2.34a ± 0.27	25.90
C 18:1n-9 (oleic)	38.30a ± 0.75	38.05a ± 0.77	38.48a ± 0.77	4.37
C 18:2n-6 (linoleic)	3.05a ± 0.25	2.77a ± 0.28	3.01a ± 0.26	18.67
C 18:2c9-t11(CLA) ²	0.48a ± 0.03	0.42a ± 0.04	0.51a ± 0.03	15.85
C 18:3n-3 (linolenic)	0.40a ± 0.06	0.36a ± 0.06	0.34a ± 0.06	26.19
C 20:4 (arachidonic)	0.58a ± 0.09	0.50a ± 0.11	0.56a ± 0.10	25.26
Others	8.39a ± 1.05	8.36a ± 1.06	8.40a ± 1.05	26.64
SFA ³	44.78a ± 0.89	45.11a ± 1.26	45.01a ± 1.13	5.58
MUFA ⁴	42.00a ± 0.90	42.59a ± 0.88	42.67a ± 0.98	5.20
PUFA ⁵	4.51a ± 0.37	4.05a ± 0.46	4.42a ± 0.41	22.01
Total UFA ⁶	46.51a ± 1.88	46.64a ± 1.82	47.09a ± 1.85	26.02
PUFA/SFA	0.10a ± 0.02	0.09a ± 0.03	0.10a ± 0.03	47.21

¹TFA = total fatty acids; ²CLA = conjugated linoleic acid. ³SFA = saturated fatty acids; ⁴MUFA = monounsaturated fatty acids; ⁵PUFA = polyunsaturated fatty acids; ⁶UFA = unsaturated fatty acids. Means followed by the same letters in the rows indicate that there were no differences by Tukey's test (p>0.05).

Capric acid (C10:0) is transformed into the body monicaprin, a compound with antiviral and antimicrobial properties, important for human health (Costa et al., 2012). The average of this acid found between treatments was 0.16 g/100 g.

High levels of saturated fatty acids of shorter length as C12:0, C14:0 and C16:0 considered hypercholesterolemic. If found at high levels in the plasma they will provide a cholesterol concentration (Willians, 2000) in the bloodstream, especially of oxidized particles of low-density lipoproteins (LDL), which are associated with atherosclerosis, the main cardio-vascular disease (CVD).

A detailed study of the fatty acid profile of the meat is essential rather broad classifications of lipids with respect to subsequent impacts on serum cholesterol, and

should therefore be considered when making dietary recommendations for the prevention of CVD (Daley, Abbott, Doyle, Nader, & Larson, 2010).

Among the analyzed SFA, lauric acid (C12:0) had an average of 0.12 g/100 g and myristic acid (C14:0) with 3.48 g/100 g between treatments.

Palmitic acid (C16:0) showed a high rate, averaging 26.17 g/100 g. Leão et al. (2011) found concentration of palmitic acid (26.41%) similar in of meat from lambs finished on feedlot with two roughage:concentrate ratios.

Stearic acid (C18:0) is considered a neutral acid (averaging 14.93 g/100 g), because, according to Willians (2000), it does not cause any change in the cholesterol concentration in the bloodstream. This acid is rapidly denaturated and converted to oleic acid by the organism after its ingestion (Bressan, Prado, Pérez, Lemos, & Bonagurio, 2001), like palmitic acid, transformed into palmitoleic acid (C16:1*c*9) with concentration of 1.95 g/100 g in this study.

Elaidic acid (C18:1*n-9t*) is classified as a synthetic fatty acid, and has also been associated with increased risk of cardiovascular disease (Valsta, Tapanainen, & Mannisto, 2005). The meat of Pantaneiro lambs presented concentration 2.09 g/100 g of this acid.

Oleic acid (18:1*n-9*) was the acid found at the highest quantity in the lambs' meat, regardless of their SFT (38.30 g/100 g), as was also found in the studies of Arruda et al. (2012). According to Sañudo et al. (2000), ruminants present high concentrations of oleic acid in their intramuscular fat composition.

The SFT did not affect the concentration of PUFA, mean values were as follows: 2.94 g/100 g linoleic (18:2*n-6*), 0.47 g/100 g CLA (18:2*c9-t11*), 0.37 g/100 g linolenic (18:3*n-3*) and 0.55 g/100 g arachidonic (20:4).

According to Menezes et al. (2009), the linoleic and linolenic acids have a beneficial effect, because they are precursors of eicosanoid hormones and are part of the phospholipids of the membrane.

The conjugated linoleic acid CLA is formed by rumen biohydrogenation of intermediate linoleic acid (Lee, 2013) and if the biohydrogenation is not complete, it may be absorbed by the gut epithelium and will be part of the animal fat (Ladeira & Oliveira, 2007). CLA are beneficial to human health (Park, 2009) and it is indicated on the power to be good antioxidant, to contribute to cancer prevention, decreased atherosclerosis, improved immune response, diabetes and cholesterol control (Schmid, Collomb, Sieber, & Bee, 2006). The CLA are present at higher concentrations in

ruminant products than in corresponding meats from non-ruminants or in vegetable oils (Lawson, Moss, & Givens, 2001), because they are formed in the rumen from dietary linoleic acid.

However, high levels of PUFA may produce alterations in the meat flavor, due to its susceptibility of oxidation and to the production of anomalous volatile components during cooking (Wood et al., 1999).

The fatty acids obtained in the meat of the Pantaneiro lambs, whose mean values were 44.97 g/100 g for SFA, 42.42 g/100 g for MUFA, and 4.34 g/100 g for PUFA were very different from the fatty acid composition of the diet (SFA = 28.72 g/100 g; MUFA = 34.08 g/100 g; and PUFA = 37.20 g/100 g) ingested during the experimental period.

Red meats, such as lamb, contain similar proportions of monounsaturated fatty acids to saturated fatty acids, and small amounts of polyunsaturated fatty acids (Wyness et al., 2011).

According to Jenkins, Wallace, Moate and Mosley (2008), lipids are extensively altered in the rumen, resulting in marked differences between the fatty acid profile of lipids in the diet (mostly unsaturated fatty acids) and lipids leaving the rumen (mostly SFA). Ruminal microbes transform lipids entering the rumen via 2 major processes, lipolysis and biohydrogenation. The first transformation is lipolysis, the hydrolysis of the ester linkages releasing free fatty acid (Kim, Huws, Lee, & Scollan, 2009).

The biohydrogenation is a natural mechanism, directed by rumen microorganisms, which is to reduce the deleterious effect of lipids (Valinote, Nogueira Filho, Leme, Silva, & Cunha, 2005), promoting saturation unsaturated fatty acids putting hydrogen in the carbon chain leaving only single bonds. This is because diets containing high levels of PUFA cause toxicity to microorganisms especially to Gram-positive bacteria and protozoa, which adhere to the food particles by creating a physical barrier to the action of microorganisms and microbial enzymes (Jenkins, 1993). As a result of this process, the SFA class is absorbed by the intestine and incorporated into the muscle tissue (Costa, Cartaxo, Santos, & Queiroga, 2008).

The average 46.75 g/100 g indicates the predominance of unsaturated fatty acids (UFA) against 44.97 g/100 g SFA in the sheep meat in this experiment. A possible explanation for the greater concentration of UFA may be the fact that the diet contains 70% concentrate, which contributes to reduction of the rumen pH, which reduces the biohydrogenation and promotes the absorption of UFA in the post-rumen. Higher

passage rates in diets used in confinement may also increase the escape of UFA from the rumen (Jenkins et al., 2008).

Fatty acid metabolism in the rumen has a major influence on the fatty acid composition of ruminant meats and milk (Jenkins et al., 2008). This is one of the reasons why sheep meat is characterized by a high concentration of SFA and a low PUFA/SFA ratio (Cooper et al., 2004)

This ratio in the human diet is important to reduce the risk of cardiovascular diseases (Costa et al., 2009). The PUFA/SFA ratio of 0.4 is recommended for a healthy diet with the consumption of meat, but has caused a negative impact on lamb meat. Lower values were described by Branskalieva, Sahlu and Goetsch (2000) in sheep meat, which ranged from 0.07 to 0.26 which is an outcome attributed mainly to the biohydrogenation of dietary UFA by the rumen microorganisms.

The results of the sensory analysis by the consumers can be viewed in Table 3. The meat from the animals slaughtered with 4.00 mm SFT received the best score for the variables flavor characteristic to the species and overall acceptance as compared with the lambs slaughtered with 2.00 mm SFT, which demonstrates the consumers' ability to identify sheep meat.

Table 3. Mean values for the sensory analysis of Pantaneiro lambs slaughtered with different subcutaneous fat thicknesses.

Attribute	Subcutaneous fat thickness (mm)			CV%
	2.00	3.00	4.00	
Flavor	6.76b ± 1.73	7.14ab ± 1.68	7.49a ± 1.29	22.17
Odor	6.91a ± 1.61	7.17a ± 1.69	7.40a ± 1.30	21.58
Juiciness	7.36a ± 1.27	7.57a ± 1.69	7.62a ± 1.40	19.47
Overall acceptance	6.73b ± 1.64	7.17ab ± 1.61	7.47a ± 1.07	20.59

Same letter within the same row indicates no significant difference (Tukey, 5%).

Even the testers appreciate the meat without subcutaneous fat, yet, the higher concentration of total lipids in the muscle seems to have influenced their overall acceptance and flavor.

Madruga, Narain and Costa (2002) report that odor and flavor are directly related to the fat content in the muscle. The treatment with 3.00, however, did not differ from the others. Nevertheless, with these scores, it can be affirmed, by the hedonic scale, that the meat was classified as slightly to extremely accepted by the consumers in these attributes. The results can be explained by cultural questions, such as the form of preparation, with which these consumers are not accustomed.

For the sensory traits odor and juiciness, no effect of SFT was observed ($p > 0.05$). The mean values obtained for characteristic odor (7.16) and juiciness (7.52) characterize the Pantaneiro genetic group as producers of very appreciable meat by consumers.

Conclusion

The SFT did not alter the fatty acid profile of the meat from Pantaneiro lambs. The meat of lambs slaughtered with 3.00 and 4.00 mm SFT were very accepted by consumers. Therefore, it is recommended to slaughter lambs with 3.00 mm thickness of subcutaneous fat on the loin, because consisted better number of favorable attributes in sensory analysis.

References

- Aldai, N., Dugan, M. E. R., Kramer, J. K. G., Robertson, W. M., Juárez, M., & Aalhus, J. L. (2010). Trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles after the inclusion of buffer, sodium sesquicarbonate, in the concentrate of finishing steers. *Meat Science*, 84(4), 735-741.
- Arruda, P. C. L., Pereira, E. S., Pimentel, P. G., Bomfim, M. A. D., Mizubuti, I. Y., Azambuja, E. L. A., ... Regadas Filho, J. G. L. (2012). Perfil de ácidos graxos no *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(3), 1229-1240.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2000). *Official methods of analysis*. Arlington: AOAC International.
- Banskalieva, V., Sahlu, T., & Goetsch, A. L. (2000) Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Ruminant Research*, 37(1), 255-268.
- Bressan, M. C., Prado, O. V., Pérez, J. R. O., Lemos, A. L. S. C., & Bonagurio, S. (2001). Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(3), 293-303.
- Campo, M. M. (2005). Consumidores. In V. Cañeque & C. Sañudo (Eds.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa em los ruminantes)* (p. 409-422). Madrid, España: INIA.
- Cañeque, V., & Sañudo, C. (2005). *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasas) en los rumiantes*. Madrid, España: INIA.
- Cooper, S. L., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Hallett, K. G., Enser, M., & Wood, J. D. (2004). Manipulation of the n₃ polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *Journal of Animal Science*, 82(5), 1461-1470.
- Costa, L. S., Silva, R. R., Silva, F. F., Carvalho, G. G. P., Simionato, J. I., Marques, J. A., ... Sampaio, C. B. (2012). Centesimal composition and fatty acids of meat from lambs fed diets containing soybean hulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(7), 1720-1726.

- Costa, R. G., Batista, A. S. M., Azevedo, P. S., Queiroga, R. C. R. E., Madruga, M. S., & Araújo Filho, J. T. (2009). Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(3), 532-538.
- Costa, R. G., Cartaxo, F. G., Santos, N. M., & Queiroga, R. C. R. E. (2008). Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*, 9(3), 497-506.
- Daley, C. A., Abbott, A. A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9(1), 1-12.
- Díaz, M. T., Álvarez, I., De La Fuente, J., Sañudo, C., Campo, M. M., Oliver, M. A., ... Cañeque, V. (2005). Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71(2), 256-263.
- Einarsson, E., Eythórsdóttir, E., Smith, C., & Jónmundsson, J. V. (2015). Genetic parameters for lamb carcass traits assessed by video image analysis, EUROP classification and *in vivo* measurements. *Icelandic Agricultural Sciences*, 28(1), 3-14.
- Folch, J., Less, M., & Sloane, S. G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509.
- Hartman, L., & Lago, R. C. A. (1973). Rapid preparation of fatty acids methyl esters. *Laboratory Practice*, 22(6), 475-476.
- Hooper L., Summerbell, C. D., Thompson, R., Sills, D., Roberts, F. G., Moore, H. J., & Davey, S. G. (2012). *Reduced or modified dietary fat for preventing cardiovascular disease (Review)*. Bristol: Cochrane Heart Group.
- Jenkins, T. C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3851-3863.
- Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., & Mosley, E. E. (2008). Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, 86(2), 397-412.
- Kim, E. J., Huws, S. A., Lee, M. R. F., & Scollan, N. D. (2009). Dietary Transformation of Lipid in the Rumen Microbial Ecosystem. *Asian-Australian Journal Animal Science*, 22(9), 1341-1350.
- Ladeira, M. M., & Oliveira, R. L. (2007). Desafios nutricionais para melhoria da qualidade da carne bovina. In R. L. Oliveira & M. A. A. F. Barbosa (Eds.), *Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias* (p. 183-210). Salvador: EDUFBA.
- Lawson, R. E., Moss, A. R., & Givens, D. I. (2001). The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: A review. *Nutrition Research Review*, 14(1), 153-172.
- Leão, A. G., Silva Sobrinho, A. G., Moreno, G. M. B., Souza, H. B. A., Perez, H. L., & Loureiro, C. M. B. (2011). Características nutricionais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 1072-1079.
- Lee, Y. (2013). Effect of pH on conjugated linoleic acid (CLA) formation of linolenic acid biohydrogenation by ruminal microorganisms. *Journal of Microbiolog*, 51(4), 471-476.
- Maddock, R. (2013). *The relationship between subcutaneous fat and marbling*. North Dakota State University, Fargo: NDSU.

- Madruga, M. S., Narain, N., & Costa, R. G. (2002). Influência da idade de abate e da castração nas qualidades físico químicas sensoriais e aromáticas da carne caprina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3), 1562-1570.
- Malhorta, A. (2013). Saturated fat is not the major issue. *British Medical Journal*, 347(1), f6340.
- Menezes, L. F. G., Restle, J., Brondani, I. L., Kozloski, V., Deschamps, F. & Sachet, R. H. (2009). Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos Charolês e Nelore puros e de gerações avançadas do cruzamento rotativo, terminados em confinamento. *Ciência Rural*, 39(8), 2478-2484.
- Mora, N. H. A. P., Macedo, F. A. F, Osorio, J. C. S., Martins, E. N., Mexia, A. A. & Macedo, T. G. (2014). Allometry in carcasses of lambs of the Pantaneiro genetic group slaughtered with different subcutaneous fat thickness. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36(4), 427-432.
- National Research Council – NRC. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Orman, A., Caliskan, G. U., & Dikmen, S. (2010). The assessment of carcass traits of Awassi lambs by real-time ultrasound at different body weights and sexes. *Journal of Animal Science*, 88(10), 3428-3438.
- Park, Y. (2009). Conjugated linoleic acid (CLA): good or bad trans-fat? *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(Suppl), S4-S12.
- Ribeiro, C. V. D. M., Oliveira, D. E., Juchem, S. O., Silva, T. M., & Nalério, E. S. (2011). Fatty acid profile of meat and milk from small ruminants: a review. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(Supl. Especial), S121-S137.
- Sañudo, C., Enser, M. E., Campo, M. M., Nute, G. R., Maria, G., Sierra, I. & Wood, J. D. (2000). Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. *Meat Science*, 54(4), 339-346.
- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., & Bee, G. (2006). Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73(1), 29-41.
- Siri-Tarino, P. W., Sun, Q., Hu, F. B., & Krauss, R. M. (2010). Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(3), 535-546.
- Valinote, A. C., Nogueira Filho, J. C. M., Leme, P. R., Silva, S. L., & Cunha, J. A. (2005). Fontes de lipídeos e monensina na alimentação de novilhos Nelore e sua relação com a população de protozoários ciliados do rúmen. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(4), 1418-1423.
- Valsta, L. M., Tapanainen, H., & Mannisto, S. (2005). Meat fats in nutrition. *Meat Science*, 70(3), 525-530.
- Williams, C. M. (2000). Dietary fatty acids human health. *Nutrition Animal*, 49(1), 165-180.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Richardson, R. I., & Sheard, P. R. (1999). Manipulating meat quality and composition. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 363-370.
- Wyness, L., Weichselbaum, E., O'Connor, A., Williams, E. B., Benelam, B., Riley, H., & Stanner, S. (2011). Red meat in the diet: An update. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 36(1), 34-77.
- Zeola, N. M. B. L., Souza, P. A., Souza, H. B. A. & Silva Sobrinho, A. G. (2010). Características sensoriais da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. *Archivos de Zootecnia*, 59(228), 539-548.