

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

ANDRÉ TORRES GERALDO

**TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA E ULTRASSONOGRRAFIA NA AVALIAÇÃO
DAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E CRESCIMENTO DE OVINOS SANTA
INÊS**

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

Março - 2019

André Torres Geraldo

**TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA E ULTRASSONOGRRAFIA NA AVALIAÇÃO
DAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E CRESCIMENTO DE OVINOS SANTA
INÊS**

Tese de doutorado apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal.

Orientadora: Celia Raquel Quirino

Coorientador: Ricardo Lopes Dias da Costa

Coorientador: Renato Travassos Beltrame

Campos dos Goytacazes - RJ

Março – 2019

André Torres Geraldo

**Tomografia Computadorizada e Ultrassonografia na avaliação das
características de carcaça e crescimento de ovinos Santa Inês**

Aprovada em 28 de março de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ricardo Lopes Dias da Costa (Doutor Ciência Animal) - IZ,SP

Prof. Renato Travassos Beltrame (Doutor Ciência Animal) - UNESC,ES

Prof. Fabio da Costa Henry (Doutor Medicina Veterinária) - UENF,RJ

Profa. Celia Raquel Quirino (Doutora Ciência animal) – UENF Orientadora

DEDICATÓRIA

Ao meu Filho, dedico

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Célia Raquel Quirino, por todos os ensinamentos e apoio na realização do doutorado. Pela oportunidade e pela preocupação comigo e com meu trabalho;

Aos professores que fizeram parte da minha formação durante estes anos e compartilham de mais um momento como membros da banca examinadora, Fábio Da Costa Henry e Jonhny Maia Junior;

Aos meus coorientadores, Ricardo Lopes e Renato Beltrame, pela amizade, apoio e ajuda constante no desenvolvimento do projeto;

À minha esposa, Luciana. Quem ouviu, consolou, riu e chorou junto comigo em todos esses anos, sem você nada seria possível;

Aos meus pais, Adolfo e Arlete, por todo amor e apoio, nessa e em todas as fases da minha vida;

Aos meus familiares, por sempre acreditarem em mim, e por tolerar minha ausência em tantas ocasiões;

Aos amigos de laboratório, Carol, Wilder, Junior, Miguel, Ary, Ana, Thiago e Júlia, por todos os momentos de estudo, trabalho e risadas;

À professora, Fernanda Antunes e toda à equipe da UEA, pela ajuda durante o projeto;

À UENF, pela oportunidade, à pós-graduação, em especial, à Jovana, pelo trabalho impecável, nos dando todo suporte e tranquilidade. A todos os professores e funcionários que estiveram sempre à disposição, engajados no crescimento e desenvolvimento da pesquisa. Ao governo brasileiro e seus órgãos de fomento, CAPES e CNPq, por fornecerem o suporte financeiro durante meu doutorado.

EPIGRAFE

“A coisa mais bela que o homem pode experimentar é o mistério. É essa emoção fundamental que está na raiz de toda ciência e toda arte. O homem que desconhece esse encanto, incapaz de sentir admiração e estupefação, esse já está, por assim dizer, morto e tem os olhos extintos”

(Albert Einstein)

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar as características *in vivo* de carcaça através da tomografia computadorizada e ultrassonografia em ovinos da raça Santa Inês, criados em regime extensivo. Foram estudados machos (n=21) e fêmeas (n=17), com peso médio inicial de $24,35 \pm 3,74$ kg e $23,46 \pm 3,74$ kg, respectivamente. As análises tomográficas foram realizadas aos 90, 120, 180 e 300 dias de idade. Foi utilizado o método de avaliação pelos pontos de referência na oitava vértebra torácica, quinta vértebra lombar e um corte na região do ísquio. A partir do método “Cavalieri” foram geradas fórmulas de regressão para estimativas do peso e proporções totais de osso, músculo e gordura. Ao completarem 12 meses de idade, 7 animais machos com peso médio de $26,87 \pm 4,6$ kg foram utilizados para estudar as correlações das medidas ultrassonográficas com os componentes físico-químicos da carcaça, medidas de rendimento e cortes cárneos. Foi realizada a avaliação ultrassonográfica de carcaça para medição de área de olho de lombo (USaol), profundidade do lombo (USprof), comprimento do lombo (UScomp) e espessura de gordura subcutânea (USeg). Após o abate, os cortes cárneos foram pesados e calculado o rendimento de carcaça (%RC). A 12^a costela dos animais, do lado esquerdo, foi separada da carcaça e dissecada, em seguida, foram separados e pesados separadamente os ossos (%O), músculo (%M) e gordura (%G). Os componentes foram reagrupados, moídos e submetidos à avaliação centesimal. Foram estipuladas as proporções de proteína (PT), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e umidade (UMI). Na avaliação por tomografia computadorizada foram encontrados maior proporção e pesos de gordura nas fêmeas ($13,56 \pm 3,82$ % e $2,19 \pm 0,92$ kg, respectivamente), em relação aos machos ($10,73 \pm 3,86$ % e $1,77 \pm 0,86$ kg, respectivamente). As proporções de ossos e músculo foram maiores nos machos ($9,53 \pm 1,82$ % e $79,73 \pm 4,02$ %, respectivamente) do que em fêmeas ($9,12 \pm 2,45$ % e $77,30 \pm 4,39$ %, respectivamente). Nos animais submetidos à análise ultrassonográfica seguida do abate a avaliação de carcaça, foram encontradas correlações significativas e favoráveis de alta amplitude ($P < 0,05$) entre as medidas de ultrassom (USaol, USprof, USeg) e os pesos dos cortes cárneos. Foram encontradas correlações favoráveis ($P < 0,05$) entre M% e as medidas de USprof (0,83), USaol (0,81) e USeg (0,89). A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a

tomografia computadorizada e a ultrassonografia de carcaça são tecnologias eficientes e acuradas na avaliação de carcaça de ovinos.

.

Palavras chave: Área de olho de lombo, ovinos, tomografia computadorizada.

.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the characteristic of a carcass in vivo through computed tomography and ultrasonography in sheep of the Santa Ines breed, bred in an extensive diet. Males (n=21) and females (n=17), with initial weight of $24,35 \pm 3,74$ kg and $23,46 \pm 3,74$ kg respectively, were analyzed. The tomography analysis was realized at 90 days, 120 days, 180 and at 300 days old. The evaluation method was used for the reference points, the eighth thoracic vertebra, the fifth lumbar vertebra and a cut in the ischial region. From the Cavaleri method, it was generated regression formulas to estimate the weight and proportions of bones muscles and fat. At the age of 12 months, 7 males with the average weight of $26,87 \pm 4,6$ kg were utilized to investigate the correlation of the ultrasonographic measurements with the physicochemical components, yield measurements, and meat sections. Ultrasound evaluation of carcass for analysis of loin eye area (USaol), loin depth (USprof), loin length (UScomp) and subcutaneous fat thickness (USeg) was performed. After slaughter, the meat sections were weighed, and the carcass yield (%RC) was calculated. The 12th rib of the animals on the left side was separated from the carcass and dissected, then the bones (%O), muscle (%M) and fat (%G) were separated and weighed individually. The components were regrouped, milled and subjected to centesimal evaluation. The proportions of protein (PT), ethereal extract (EE), mineral matter (MM) and humidity (UMIN) were determined by computed tomography. A greater proportion and fat weights were found in females ($13.56 \pm 3.82\%$ and $2, 19 \pm 0.92$ kg, respectively) in relation to males ($10.73 \pm 3.86\%$ and 1.77 ± 0.86 kg, respectively). The proportions of bones and muscle were higher in males ($9.53 \pm 1.82\%$ and $79.73 \pm 4.02\%$, respectively) than in females ($9.12 \pm 2.45\%$ and $77.30 \pm 4, 39\%$, respectively). In the animals submitted to ultrasonographic analysis followed by slaughter the carcass evaluation, significant and favorable correlations of high amplitude ($P < 0.05$) between the ultrasound measurements (USaol, USprof, USeg) and the weight of the meat cuts were found. Favorable correlations ($P < 0.05$) between M% and measurements of USprof (0.83), USaol (0.81) and USeg (0.89) were found. From the results obtained, it is concluded that computed tomography and carcass ultrasonography are efficient and accurate technologies for sheep carcass evaluation.

Key-Words: Computed tomography, rib eye area, sheep.

Lista de abreviaturas e siglas

PV (kg)	Peso Vivo
G ^{PT} (kg)	Peso total de gordura
%G ^T	Proporção total de gordura
M ^{PT} (kg)	Peso total de músculo
%M ^T	Proporção total de músculo
O ^{PT} (kg)	Peso total de osso
%O ^T (cm ²)	Proporção total de osso
VT8G (cm ²)	Área de gordura na VT8
VL5G (cm ²)	Área de gordura na VL5
ISQG (cm ²)	Área de gordura no ISQ
VT8M(cm ²)	Área de músculo na VT8
VL5M (cm ²)	Área de músculo na VL5
ISQM (cm ²)	Área de músculo no ISQ
VT8O (cm ²)	Área de osso na VT8
VL5O (cm ²)	Área de osso na VL5
ISQO (cm ²)	Área de osso no ISQ
USaol	Área-de-olho de lombo medida por ultrassonografia
USprof	Profundidade medida por ultrassonografia
UScomp	Comprimento medido por ultrassonografia
USeg	Espessura de gordura medida por ultrassonografia
PQC	Peso de carcaça quente

PQF	Peso de carcaça fria
%RC	Rendimento de carcaça
CG	Cobertura de gordura
AOL	Área-de-olho da carcaça
COMP	Comprimento do músculo na carcaça
PROF	Profundidade do músculo na carcaça
EG	Espessura de gordura na carcaça
%M	Proporção de músculo na 12a costela
%G	Proporção de gordura na 12a costela
%O	Proporção de ossos na 12a costela
PB%	Proporção de proteína bruta na 12a costela
EE%	Proporção de extrato etéreo na 12a costela
MM%	Proporção de matéria mineral na 12a costela

Sumário

1 Introdução.....	15
2 Objetivo Geral.....	16
2.1 Objetivos Específicos.....	16
3 CAPITULO 1. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 Mercado da Carne Ovina.....	17
3.2 Clima e produção extensiva.....	18
3.3 A raça Santa Inês.....	19
3.4 Crescimento animal.....	21
3.5 Características da carcaça ovina.....	24
3.6 Dissecação de carcaça.....	27
4 Métodos de avaliação” in vivo”da carcaça.....	28
4.1 Peso.....	28
4.2 Condição corporal.....	30
4.3 Ultrassonografia.....	31
5 Tomografia computadorizada.....	34
5.1 Método de análise da tomografia computadorizada.....	35
5.2 Método Cavalieri.....	36
5.3 Análise pelos Pontos de referencia.....	36
5.4 Tomografia computadorizada para predição de composição da carcaça.....	37
5.5 Predição de gordura pela Tomografia Computadorizada.....	38
5.6 Comprimento de coluna vertebral e fêmur.....	40
5.7 Análise do crescimento através da TC.....	40
5.8 Tomografia Computadorizada para avaliação de carcaças ovinas no Brasil.....	41
Referencias.....	44
6 CAPITULO 2. Análise do desenvolvimento dos tecidos de carcaça de ovinos com a utilização da Tomografia Computadorizada.....	55
Resumo.....	55

Abstract.....	56
Introdução.....	57
Material e Métodos.....	58
Local e Animais.....	58
Clima.....	58
Tomografia Computadorizada (TC).....	59
Pré-processamento e Leitura das Imagens.....	60
Estimativa de volume pelo método Cavalieri.....	61
Análise através dos Pontos de Referência.....	62
Análise de Regressão.....	64
Análise Estatística.....	64
Resultados.....	65
Discussão.....	70
Conclusão.....	76
Referencias.....	76

7 CAPITULO 3. Estimativa das correlações de medidas ultrassonográficas de carcaça e componentes físico-químicos de ovinos Santa Inês.....80

Resumo.....	80
Abstract.....	81
Introdução.....	82
Material e Métodos.....	83
Animais e Instalações.....	83
Avaliação de Carcaça.....	83
Avaliação Físico-Química.....	84
Análise Estatística.....	85
Resultados.....	85
Discussão.....	92
Conclusão.....	95
Referências.....	95

8 CONCLUSÃO.....98

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido ao aumento do mercado consumidor de carne ovina e do maior número de produtores, a ovinocultura se destaca como uma atividade em expansão na maioria dos estados brasileiros (VIANA, 2008). De acordo com o IBGE (2013), o Brasil detém de um rebanho de ovinos em torno de 16,789 milhões de animais, podendo o rebanho ovino chegar a 3,0 bilhões em 2050. As maiores participações do efetivo de rebanho ocorreram no nordeste do país.

A avaliação da carcaça por predição *in vivo* pode garantir a economicidade do processo produtivo, o que possibilita determinar o grau de terminação e de desenvolvimento muscular dos animais, geralmente, essa avaliação é feita por observação visual e palpação (TAROUCO et al., 2005).

A ultrassonografia (US) é uma opção interessante para avaliação de carcaças ovinas *in vivo*, sendo uma técnica relativamente barata e rápida, que permite avaliar e/ou acompanhar o crescimento do músculo *Longissimus dorsi* através das medidas de comprimento, profundidade e área do músculo (área do olho de lombo), além da avaliação da gordura de cobertura do *Longissimus dorsi*, com objetivo de detectar o melhor momento para o abate (SUGUISAWA, 2002). No entanto, a US ainda é uma análise sujeita a erros, dependendo em grande parte da habilidade do técnico e qualidade do equipamento utilizado, o que torna difícil a comparação entre resultados científicos (BUENO et al., 2000).

O uso da tomografia computadorizada (TC) para avaliação de carcaças ainda está em desenvolvimento no mundo, mas é uma ferramenta mais sofisticada e altamente precisa para avaliação do crescimento animal e dos componentes de carcaça de ovinos. Por ser uma análise não invasiva e extremamente acurada (CLELLAND et al., 2014), pode apresentar uma importante ferramenta para o melhoramento genético de ovinos.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características *in vivo* da carcaça de ovinos através da tomografia computadorizada e ultrassonografia.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as correlações entre o exame ultrassonográfico de carcaça e a composição da 12^a costela de ovinos;

Avaliar as correlações entre o exame ultrassonográfico e o peso de carcaça e de cortes de ovinos;

Avaliar as correlações entre o exame ultrassonográfico e a composição química da 12^a costela de ovinos;

Avaliar por tomografia computadorizada a dinâmica de crescimento de ossos, músculo e gordura durante o crescimento de ovinos da raça Santa Inês.

3 CAPITULO 1. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Mercado da Carne Ovina

O Brasil é um grande produtor mundial de proteína animal e tem no mercado interno o principal destino de sua produção. De acordo com dados do Ministério da Agricultura em 2010, 75% da produção brasileira de carnes suína, de aves e bovina, foram consumidas internamente no país, o que equivale a aproximadamente 18,38 milhões de toneladas. As carnes ovina e caprina, assim como a produção de leite e seus derivados, são consumidas majoritariamente no mercado interno brasileiro. Do mesmo modo, a produção de carne proveniente da ovino/caprinocultura, assim como seus produtos derivados, é consumida em sua maioria no mercado interno (MAPA, 2016).

A ovinocultura está presente em praticamente todos os continentes, isto se deve, principalmente, a versatilidade dos animais a diferentes climas, relevos e vegetações. No Brasil é uma atividade regular em todo território brasileiro, sendo destinada tanto à exploração econômica (carne, leite e lã) como à subsistência das famílias de zonas rurais, principalmente no Nordeste brasileiro (Viana, 2008).

O consumo *per capita* de carne ovina do Brasil é apenas de 400 gramas, em países onde existem sistemas de produção bem estabelecidos, como a Austrália e Nova Zelândia, o consumo é dez vezes maior (OECD, 2016). Ao longo dos anos, esses países desenvolveram técnicas modernas de produção fortemente ligadas ao melhoramento genético animal, o que propiciou o desenvolvimento de raças especializadas com grande desempenho e produção de carne de qualidade. Conseqüentemente, esses países passaram a controlar o mercado mundial de carne ovina (COLBY e CONSULTANT, 2016).

No Brasil, o rebanho possuía mais de 16,0 milhões de animais em 2006, passando para mais de 17,6 milhões em 2014. Em 2014, o Rio Grande do Sul (4.223.266 animais), Bahia (2.815.438 animais), Ceará (2.229.327 animais), Pernambuco (1.924.342 animais) e Piauí (1.210.967 animais) foram os estados com maior rebanho de ovinos no país.

Entre as regiões do país, o nordeste possui destaque na produção de ovinos, sendo o detentor do maior efetivo de cabeças, com mais de 10.126.799 de animais

em 2014, seguido das regiões Sul (5.166.225 animais), Centro Oeste (982.434 animais) Sudeste (704.831 animais) e Norte (634.165 animais) (ANUALPEC, 2016).

O Brasil ainda está longe de ser considerado um dos principais países produtores de carne ovina no mundo (SOUZA et al., 2012), em razão dos sérios desafios que a cadeia produtiva enfrenta e que precisam ser minimizados.

O principal desafio do setor produtivo residiria na sua capacidade de criar oferta de produtos cárneos ovinos para diferentes mercados, desde nichos altamente especializados, tais como a alta gastronomia, e mercados de amplo consumo, como a classe média brasileira (Viana et al., 2012), objetivando a produção de carne segura e com qualidade (Ramos et al., 2014).

Portanto, a qualidade do produto gerado é um grande empecilho para o aumento da aceitação e, concomitantemente, o aumento do consumo da carne ovina no país. Nesse cenário, a implantação de técnicas racionais de criação, uso de suplementação alimentar, diminuição da idade ao abate e a seleção de animais com características superiores, visando à obtenção de carcaças e carne de melhor qualidade para o mercado consumidor, são ferramentas que podem ser utilizadas para incrementar a produção de carne no Brasil (LOPES et al., 2012).

3.2 Clima e produção extensiva

O clima exerce grande efeito sobre a produção animal. Em países de clima predominantemente tropical, como o Brasil, as condições climáticas e nutricionais são determinantes. A quantidade e a qualidade reduzida dos alimentos durante o período seco do ano modulam o desenvolvimento dos animais tornando-o mais lento e reduzindo os índices de produtividade (Garcia et al., 1987; Freneau, 1991; Guimarães, 1993).

Dessa forma, as variáveis meteorológicas afetam os organismos dos animais direta e indiretamente, através de sua influência sobre o ambiente físico, o que inclui os ambientes nutricionais e bióticos. Com relação à produção animal, o complexo climático tem larga influência na regulação da composição do solo, na produção e qualidade de gramíneas e leguminosas, bem como no desempenho produtivo dos animais (Fahimuddin, 1975).

A produção extensiva é característica da produção animal Brasileira, tendo a maioria do seu rebanho criado neste sistema (FERRAZ; FELÍCIO, 2010) que se constitui na forma mais barata e prática de produzir e oferecer alimentos para os animais. Segundo Felicio (2010) em decorrência dessa vocação da pecuária brasileira, principalmente devido as características climáticas e da extensão territorial do país, o Brasil tem um dos menores custos de produção de carne do mundo.

Enquanto em alguns países onde o sistema de confinamento é a base da produção de carne, o processo de oferta do alimento para os animais requer o uso intensivo de mão de obra, máquinas, equipamentos e combustível fóssil, no Brasil, essa colheita é feita predominantemente pelo próprio animal, por meio do pastejo (DIAS-FILHO, 2011).

O manejo extensivo é utilizado na maioria das produções de ovinos naturalizados no Brasil, e é caracterizado por pastagens de baixa qualidade com baixo teor proteico e energético. Esse tipo de criação utiliza pouca tecnologia de produção e baixos custos. Geralmente, neste sistemas os animais apresentam baixo desempenho, baixo ganho de peso e, conseqüentemente carcaças magras e de baixa qualidade e muitas vezes o produto gerado não atende aos padrões de qualidade do mercado.

Estes desafios exigem que sejam utilizados animais resistentes as doenças e que sejam adaptados as condições climáticas. A raça Santa Inês é naturalmente adaptada ao clima do Brasil, e vem sendo muito utilizada por apresentar aptidões e características importantes, tais como rusticidade, prolificidade, habilidade materna e adaptabilidade em diversas condições ambientais (DAVID et al., 2012, PEDROSA et al., 2010)

3.3A raça Santa Inês

Das raças criadas no Brasil, a que alcança maior representatividade é a raça Santa Inês (MACMANUS et al., 2013). Ela é considerada uma raça naturalizada brasileira e tem origem incerta. Siqueira et al. (1990) afirmam que a raça é proveniente de sucessivos cruzamentos entre animais da raça Bergamácia (origem italiana e destinada à produção de leite) e Morada Nova. No entanto, segundo Barros

et al. (2005), a raça Santa Inês possivelmente é um produto obtido do cruzamento de raças africanas e europeias introduzidas no Brasil na época da colonização.

Esta raça foi desenvolvida principalmente para a produção de carne. Como características morfológicas, os indivíduos são desprovidos de lã e chifres, são animais de elevada estatura, pernas compridas, orelhas longas, bom desenvolvimento ponderal, excelente qualidade de pele e rústicos, precoces e adaptáveis a vários sistemas de criação. São animais com cor de pelagem variada, sendo encontrados indivíduos nos tons vermelho, preto, castanho e suas combinações (ARCO, 2017).

A raça destaca-se pela prolificidade, rusticidade, habilidade materna e produção leiteira considerável, e é uma raça utilizada principalmente para produção de carne (OLIVEIRA et al., 2010). Desse modo, a raça Santa Inês é de grande importância nacional, principalmente devido à sua resistência e capacidade de adaptação às condições adversas de clima (BEZERRA et al., 2011).

Os ovinos da raça Santa Inês são encontrados em todo o território brasileiro, devido à sua boa adaptabilidade, rusticidade e eficiência reprodutiva. Esta raça é poliéstrica não estacional, possibilitando até três parições em dois anos, conseqüentemente, possibilitando um maior número de cordeiros nascidos ao ano (MEXIA et al., 2004). Adicionalmente, possui baixa susceptibilidade a endo e ectoparasitos, o que permite a redução de uso de medicamentos (MADRUGA et al., 2005).

Os ovinos da raça Santa Inês apresentam maiores velocidades de crescimento em relação às outras raças de ovinos deslançados nacionais (SIQUEIRA, 1990). A raça é muito promissora para a produção de carne, no entanto, ainda possui características produtivas abaixo do desejável e baixo rendimento e qualidade de carcaça, quando comparada às raças já melhoradas para a produção de carne, com menor proporção do traseiro, carcaça menos compacta e menor perímetro de perna. (SOUZA et al., 2016).

A seleção de animais no país é realizada basicamente pelo peso vivo. Santana, Costa e Fonseca (2001) avaliaram ovinos Santa Inês em sistema extensivo de criação e observaram média de peso vivo de 14,00 ± 2,69 kg aos 84 dias e 18,00 ± 3,27 kg aos 112 dias. Quesada et al. (2002) observaram em ovinos Santa Inês, criados extensivamente, média de peso vivo de 20,10 Kg aos 120 dias e 29,84 aos

210 dias de idade. Malhado *et al.* (2009) observaram média de peso vivo de 16,21 kg, 21,01 kg e 24,65 kg, aos 120, 180 e 300 dias, respectivamente.

A seleção e melhoramento genético da raça já vêm ocorrendo no país, mas ainda é necessário estudos que forneçam meios mais eficientes para seleção de animais com características superiores de carcaça e crescimento (NETO *et al.*, 2017, QUIRINO *et al.*, 2016).

3.4 Crescimento animal

O crescimento é definido como decorrência do aumento relativo da massa orgânica total, procedente de um incremento de tamanho dos tecidos e órgãos individuais (PAULINO *et al.*, 2009). O crescimento consiste em um incremento do tamanho do ser vivo pelo aumento do volume e do número de suas células.

O crescimento e o desenvolvimento corporal são fatores básicos para a produção de carne e estão bem relacionados. O crescimento quantitativo ou ponderal está baseado na multiplicação celular e no aumento de peso, enquanto o desenvolvimento (crescimento diferencial ou proporcional) é descrito como mudanças na forma e proporções corporais associadas ao crescimento (SELAIVE-VILARROEL e OSÓRIO, 2014)

O crescimento é um processo que ocorre naturalmente, ocasionando aumento do tamanho até que o animal alcance a maturidade. A maior velocidade de crescimento ocorre do nascimento à fase de puberdade, diminui entre a puberdade e maturidade, e depois tende a entrar em um platô, quando o animal atinge seu peso adulto, tendo, a partir daí, pouca variação. Fatores como peso vivo (GOIS *et al.*, 2018), raça (SOUZA *et al.*, 2016), nutrição (BRITO *et al.*, 2016), e as interações entre eles, interferem na velocidade e na intensidade dessas alterações (FORREST *et al.*, 1979) (Figura 1).

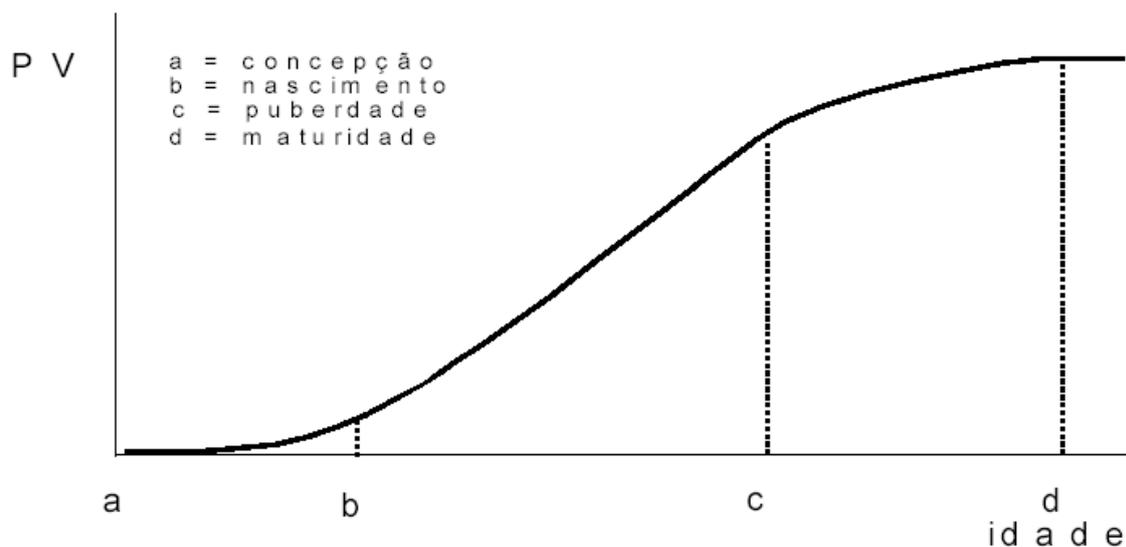


Figura 1. Curva de crescimento Animal. Fonte:OWENS et al. (1993)

O fenômeno de crescimento envolve uma grande quantidade de alterações nos tecidos e órgãos à medida que os animais crescem. O conhecimento da dinâmica de crescimento e deposição tecidual permite tomar decisões de grande importância e impacto econômico dentro dos diferentes sistemas de produção, podendo ser programadas através deste, a melhor época de monta, melhor momento para o abate etc. (PAULINO et al., 2009).

O crescimento dos tecidos da carcaça apresenta características alométricas (Figura 2), ou seja, os tecidos possuem taxas de crescimento diferentes, as quais se alteram em fases distintas da vida do animal. Dentre os principais componentes da carcaça, o tecido ósseo se desenvolve mais precocemente, seguido do muscular e, finalmente, do tecido adiposo (BERG e BUTTERFIELD, 1976).

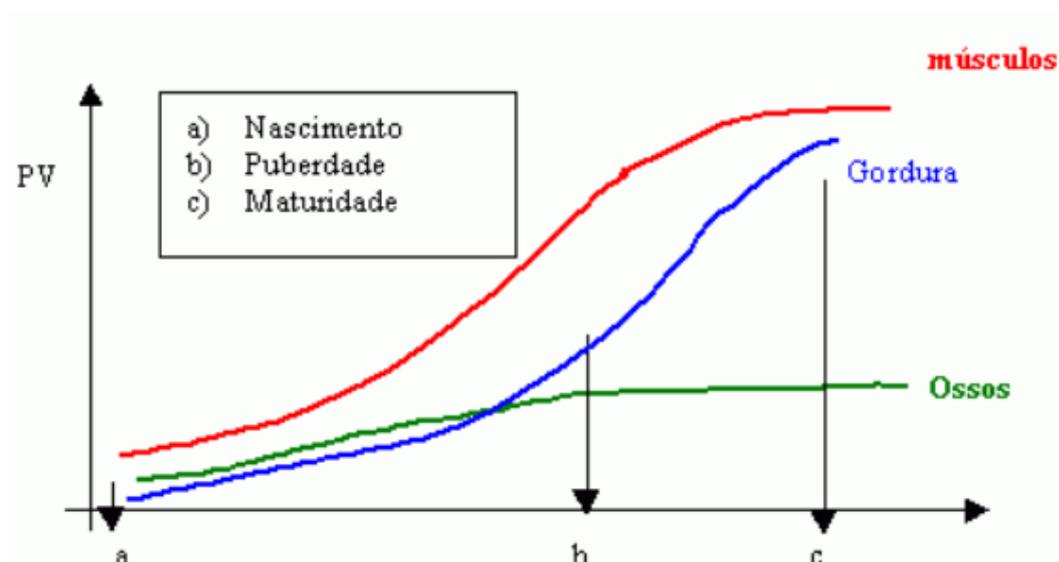


Figura 2. Curva de crescimento dos músculos, gordura e ossos. Fonte: Luchiari Filho (2000)

O crescimento muscular ocorre até o momento do nascimento pelo aumento do número de células musculares e, após o nascimento, o crescimento ocorre pela hipertrofia dessas células.

A dinâmica do crescimento muscular varia de acordo com a fase de desenvolvimento do organismo do animal. Na fase pré-natal, os músculos estão estimulados pela tensão passiva, motivados pelo crescimento do esqueleto. Na fase pós-natal ocorre grande mudança no peso relativo da musculatura, que está, em parte, influenciada pelas funções do músculo. Na fase pré-puberal e puberdade, os músculos crescem a uma velocidade uniforme e ocorre grande aumento em tamanho, mas com pouca mudança no peso relativo. Na fase de terminação existe menos crescimento muscular, e maior deposição de gordura (BERG e BUTTERFIELD, 1976).

O tecido adiposo é depositado por último, e serve como indicador da maturidade fisiológica do animal. Na maturidade, o crescimento muscular atinge o ponto máximo, o animal começa a cessar seu crescimento e o ganho de peso deste ponto para frente é composto principalmente no ganho em gordura (OWENS et al., 1995). A gordura é o componente tecidual com maior variação nos animais, tanto do ponto de vista quantitativo, quanto sua distribuição e função biológica fundamental de reserva energética, para períodos de restrição alimentar. Carcaças de boa

qualidade devem apresentar elevadas proporções de músculo, baixa proporção de ossos e adequadas proporções de gordura, a fim de garantir a suculência e a maciez da carne, assim como boa quantidade de gordura subcutânea, que impeça uma perda excessiva de umidade durante o processo de resfriamento (HASHIMOTO et al., 2012).

3.5 Características da carcaça ovina

Entende-se por carcaça o corpo do animal após o abate e realização da sangria, depois de retirada a pele e vísceras, das gorduras perirrenal e inguinal, cabeça e porções distais das extremidades das patas dianteiras e traseiras, glândula mamária, testículos e pênis, podendo ocorrer algumas variações entre países, de acordo com o uso e costumes locais (CARVALHO et al., 2007).

A carcaça é o elemento mais importante do animal produtor de carne, pois representa a maior porção comestível do corpo e, dessa forma, a porção mais rentável. Por esse motivo, suas características devem ser estudadas, de modo que seja possível identificar as diferenças existentes entre os diferentes animais, apontando os superiores. Desse modo, devem-se buscar animais que apresentem carcaças com boa deposição de tecidos comestíveis, o que beneficiará os setores de comercialização (VIANA, 2008).

A composição corporal, do ponto de vista econômico, pode contribuir para determinar com maior precisão o peso mais adequado de abate, em cada grupo genético e favorecer a máxima valorização do produto. O peso corporal é a soma total das partes que compõem o animal (FLAMANT & BOCCARD, 1966).

Basicamente, os constituintes da carcaça são representados por músculos, ossos e gordura. Cada tecido terá maior desenvolvimento em uma fase diferente da vida do animal. Conforme os animais alcançam a maturidade, ocorrem alterações fisiológicas com relação à deposição de tecidos na carcaça. Como regra geral, a sequência de crescimento dos diferentes tecidos ocorre inicialmente no tecido nervoso, seguido do ósseo, muscular e adiposo (SAINZ et al., 2000). A avaliação dos tecidos da carcaça baseia-se no estudo dos três principais tipos de tecidos: muscular, adiposo e ósseo (CEZAR E SOUSA, 2007). O seu conhecimento permite

estabelecer um balanço preciso da aptidão do animal, valorizar os tipos genéticos e controlar os sistemas de produção além de detectar as diferenças entre peso vivo, sexo, tipo de nutrição e suas interações (SEN et al., 2004). Na maioria das vezes, o fator que causa maiores problemas sobre a comercialização da carne ovina é a quantidade de gordura. Com o aumento do peso da carcaça pode ocorrer aumento de seu rendimento, no entanto, rendimentos altos podem estar associados a excessivo grau de gordura (FURUSHO-GARCIA et al., 2004). Estes altos teores de gordura podem depreciar o valor comercial das carcaças (ALVES et al., 2013). Assim, é necessário certo teor de tecido adiposo como determinante das boas características sensoriais da carne e, também, para reduzir as perdas de água no resfriamento (SILVA SOBRINHO et al., 2005), porém, não em excesso.

Em ovinos, com avanço da idade, a deposição de gordura é maior, o que torna importante, portanto, considerar a idade de abate, que deve coincidir com o ponto em que a gordura está na proporção desejável, sendo que a duração dessa fase varia, principalmente, de acordo com a raça e a nutrição empregada (OLIVEIRA et al., 2002).

Quando a terminação dos animais acontece em confinamento, a base de rações com alto teor energético, os animais que possuem característica de maturidade precoce atingem rapidamente a etapa de crescimento, onde maior proporção de energia é depositada como tecido adiposo. Estes animais devem ser abatidos mais precocemente, com objetivo de gerar carcaças com a quantidade de gordura adequada, evitando problemas decorrentes de excesso e, conseqüentemente, perda de qualidade (SUSIN e MENDES, 2007). Em experimento realizado por Santos et al. (2001) com ovinos da raça Santa Inês, avaliou-se o desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo da carcaça. Os autores concluíram que à medida que aumenta o peso de abate, eleva-se a quantidade de gordura na carcaça e, por intermédio de determinados cortes efetuados, é possível verificar, de forma mais acentuada, o aumento de deposição do tecido adiposo. Azeredo et al. (2005) utilizaram 57 ovinos Corriedale, abatidos em diferentes idades (120, 210, e 360 dias) com o objetivo de avaliar as características *in vivo* da carcaça. Os autores concluíram que a idade ao abate influenciou a deposição de gordura na carcaça, e que os animais com 120 dias de idade apresentaram carcaças com maiores proporções de gordura. Assim como a gordura,

a dinâmica do crescimento muscular varia de acordo com a fase de desenvolvimento do organismo do animal. Após o nascimento do animal, ocorre grande mudança no peso relativo à musculatura, que está sendo influenciada pelas funções do músculo.

Com relação às diferenças entre o sexo, as fêmeas apresentam carcaças fisiologicamente mais maduras; machos castrados situam-se em uma condição intermediária; e os machos não castrados apresentam carcaças mais tardias, fisiologicamente. Dessa maneira, a proporção de gordura é maior nas fêmeas, intermediária nos machos castrados e menores nos não castrados, contrariamente à proporção de músculo na carcaça (CEZAR E SOUSA, 2007). Carcaças de boa qualidade devem apresentar elevada proporção de músculos, baixa proporção de ossos e quantidade adequada de gordura intramuscular para garantir a suculência e o sabor da carne (EIRAS et al., 2014).

Para a maioria dos mercados consumidores, o cordeiro é a categoria animal que oferece carne de maior aceitabilidade, caracterizada por ser mais macia e rosada, textura lisa, consistência firme e quantidade de gordura adequada. A carne do borrego ainda é macia, mas a cor já é mais forte e avermelhada. A carne de animais mais velhos (ovelhas e carneiros) já não é atraente em virtude de menor maciez, gordura amarelada e sabor mais acentuado (OSÓRIO et al., 2009), mas estas características dependem do mercado alvo.

A conformação de carcaça expressa o desenvolvimento das massas musculares, sendo um parâmetro obtido pela verificação dos perfis musculares (os quais definem anatomicamente as regiões de uma carcaça (SAINZ, 2000). Uma conformação superior indica elevada proporção músculo/osso, com maior distribuição nos cortes nobres. Visualmente busca-se uma carcaça convexa, particularmente no traseiro, já que essa parte da carcaça tende a ter menor gordura de cobertura e elevada relação músculo/osso. Uma carcaça intermediária é avaliada como retilínea, ao passo que uma carcaça inferior é avaliada como côncava, apresentando um desenvolvimento muscular precário e mal distribuído.

A meta em ovinos de corte é a obtenção de animais capazes de direcionar grandes quantidades de nutrientes para a produção de músculos, uma vez que o acúmulo desse tecido é desejável e reflete a maior parte da porção comestível de uma carcaça (SANTOS et al., 2001).

3.6 Dissecação de carcaça

O método que pode ser considerado mais preciso para a estimativa da composição tecidual é a dissecação de toda a carcaça em três principais grupos de tecidos (ósseo, muscular e adiposo) e a determinação de suas proporções (GERALDO et al., 2015). Todavia, a dissecação de apenas um dos lados ou de um corte representativo da carcaça também pode ser utilizada com sucesso para essa determinação (CEZAR e SOUSA, 2007). A paleta, a perna e a costela são os cortes mais utilizados para prever a composição tecidual da carcaça, sendo considerados indicadores confiáveis da sua proporção tecidual. No entanto, Silva et al. (2000) avaliaram características de carcaça de cordeiros abatidos com diferentes idades e suas correlações com as proporções de tecidos através da dissecação de vários cortes, constatando que a costela é o corte que melhor expressa a proporção de osso, músculo e gordura da carcaça. Apesar das vantagens conferidas pela técnica de dissecação, esta é considerada onerosa e demorada, além de exigir geralmente o descarte das carnes provenientes dos animais dissecados. Além disso, as diferenças no treinamento dos técnicos que realizam a análise levam a uma grande variação dos resultados obtidos (CEZAR E SOUSA, 2007).

Hankins & Howe (1946) desenvolveram um método de avaliação através da dissecação e análise físico-química da porção entre a 9^o à 11^o costelas; este método, além de ser não destrutivo, ainda apresenta altas correlações entre os teores de proteína, gordura e cinza do corte (0,83; 0,91 e 0,53, respectivamente) e a composição do corpo, além de produzir equações de predição acuradas para avaliação da proporção desses componentes em toda a carcaça do animal.

Outro método utilizado para avaliação dos componentes da carcaça utilizado para evitar a dissecação de toda a carcaça é uma adaptação ao método proposto por Hankins & Howe. Neste método, apenas a dissecação da 12^o costela é utilizada que, além de reduzir os custos com análises laboratoriais, como o método da seção 9-11, proporciona agilidade no processamento das amostras, devido à menor demanda de tecidos para avaliação (LOUVANDINI et al., 2006, MENEZES et al., 2008, MENEZES et al., 2015).

Resultados de pesquisas têm comprovado que a análise dos componentes da 12^a costela e da área de olho-de-lombo são bons indicadores da composição corporal e possibilitam a comparação entre diferentes animais, grupos genéticos e manejos adotados (LOUVANDINI et al., 2006).

4 Métodos de avaliação *in vivo* da carcaça

4.1 Peso

O peso ideal para o abate é aquele em que a proporção de músculos na carcaça é máxima e a gordura é suficiente para conferir propriedades sensoriais adequadas que atendam as preferências do mercado consumidor (AZEREDO et al., 2005). Com o incremento do peso corporal ocorre aumento no peso e rendimento de carcaça, aumento na área de olho de lombo e o teor de gordura, o que melhora a conformação e a compacidade da carcaça. Como aspecto produtivo, deve-se considerar, também, a eficiência de conversão alimentar do cordeiro, que piora à medida que o peso vivo aumenta (LEMES & ROLL, 2013).

A carcaça ovina pode representar de 40% a 50% ou mais do peso vivo, e pode variar em função de fatores relacionados à individualidade de cada animal, como: idade, sexo, genética, morfologia, peso ao nascimento e peso ao abate e, também, por fatores ambientais, alimentação e manejo. Fatores relacionados com a própria carcaça, tais como: peso, comprimento, compacidade, conformação e acabamento, também influem no rendimento (SELAIVE-VILLARROEL & OSÓRIO (2014).

Segundo Martins et al. (2000), para cada 1 kg de peso vivo ao abate, ocorre aumento de 008 kg/cm na compacidade da carcaça e 0,26 cm² na área de olho de lombo. Demonstrando que o peso vivo pode ser um indicador de rendimento de carcaça.

O aumento do peso vivo também determina as modificações nas proporções e composições dos tecidos da carcaça e, conseqüentemente, o crescimento das diferentes regiões que compõem a carcaça (OSÓRIO et al., 2013)

A comercialização em base ao peso vivo e de carcaça, em função do seu rendimento não é a forma mais adequada por não considerar a qualidade do animal como um todo. Para que se determine a qualidade total, há necessidade de se estudar os componentes do peso vivo. Dentre estes, a carcaça é o de maior valor comercial, mas não é o único (AZEREDO et al., 2005).

Os demais componentes que não fazem parte da carcaça, conhecidos por não componentes da carcaça (ou componentes de não-carcaça), são formados pelo trato gastrointestinal e seu conteúdo, pele, cabeça, patas, pulmões com traqueia, fígado, coração, rins, baço, pâncreas, gordura interna e pélvica, testículos e cauda. Esses componentes podem apresentar até 40% do peso vivo total dos ovinos e, também, podem ser influenciados por fatores como genética, idade, peso corporal, sexo, tipo de nascimento e, especialmente, alimentação (SILVA SOBRINHO et al., 2014). (Figura 3)

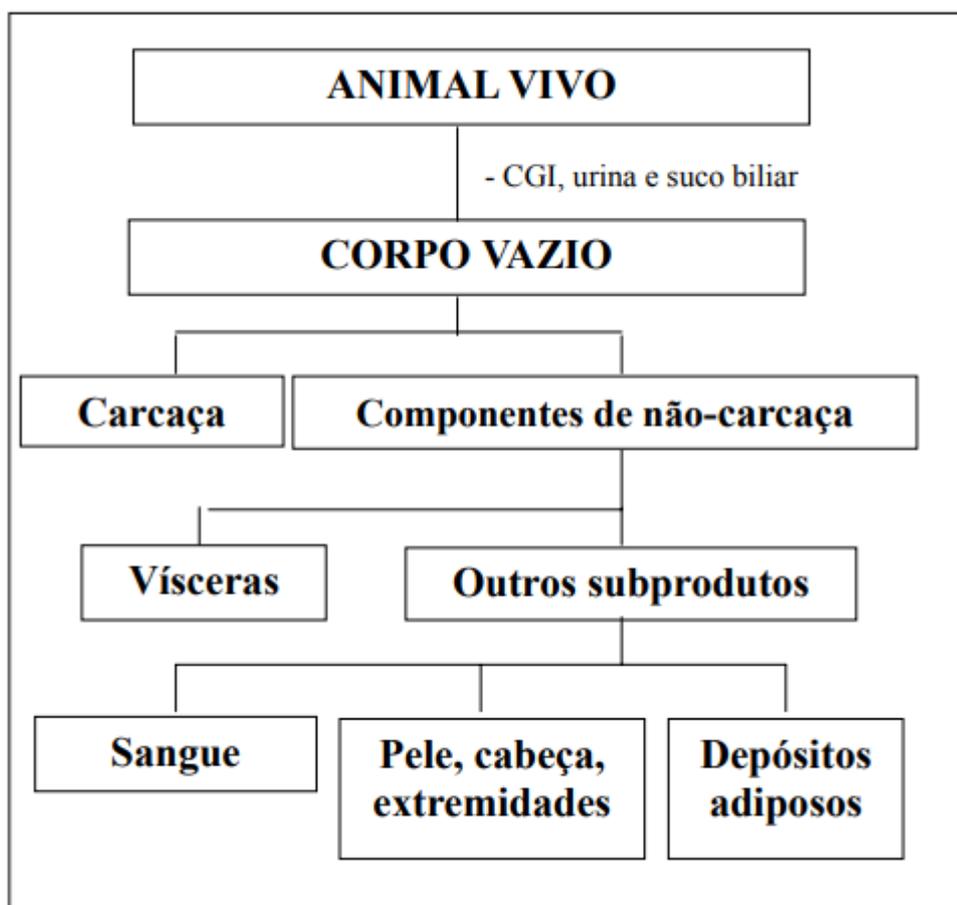


Figura 3. Esquema de divisão dos componentes do peso vivo. Fonte: Adaptado de Silva Sobrinho (2001).

4.2 Condição corporal

O peso ideal para o abate é aquele em que a proporção de músculos na carcaça é máxima e a gordura é suficiente para conferir propriedades sensoriais adequadas que atendam as preferências do mercado consumidor (AZEREDO et al., 2005). Com o incremento do peso corporal ocorre aumento no peso e rendimento de carcaça, aumento na área de olho de lombo e o teor de gordura, o que melhora a conformação e a compacidade da carcaça. Como aspecto produtivo, deve-se considerar, também, a eficiência de conversão alimentar do cordeiro, que piora à medida que o peso vivo aumenta (LEMES & ROLL, 2013).

A carcaça ovina pode representar de 40% a 50% ou mais do peso vivo, e pode variar em função de fatores relacionados à individualidade de cada animal, como: idade, sexo, genética, morfologia, peso ao nascimento e peso ao abate e, também, por fatores ambientais, alimentação e manejo. Fatores relacionados com a própria carcaça, tais como: peso, comprimento, compacidade, conformação e acabamento, também influem no rendimento (SELAIVE-VILLARROEL & OSÓRIO (2014).

Segundo Martins et al. (2000), para cada 1 kg de peso vivo ao abate, ocorre aumento de 0,08 kg/cm na compacidade da carcaça e 0,26 cm² na área de olho de lombo. Demonstrando que o peso vivo pode ser um indicador de rendimento de carcaça.

O aumento do peso vivo também determina as modificações nas proporções e composições dos tecidos da carcaça e, conseqüentemente, o crescimento das diferentes regiões que compõem a carcaça (OSÓRIO et al., 2013)

A comercialização em base ao peso vivo e de carcaça, em função do seu rendimento não é a forma mais adequada por não considerar a qualidade do animal como um todo. Para que se determine a qualidade total, há necessidade de se estudar os componentes do peso vivo. Dentre estes, a carcaça é o de maior valor comercial, mas não é o único (AZEREDO et al., 2005).

Os demais componentes que não fazem parte da carcaça, conhecidos por não componentes da carcaça (ou componentes de não-carcaça), são formados pelo trato gastrointestinal e seu conteúdo, pele, cabeça, patas, pulmões com traqueia, fígado, coração, rins, baço, pâncreas, gordura interna e pélvica, testículos e cauda.

Esses componentes podem apresentar até 40% do peso vivo total dos ovinos e, também, podem ser influenciados por fatores como genética, idade, peso corporal, sexo, tipo de nascimento e, especialmente, alimentação (SILVA SOBRINHO et al., 2014). (Figura 3)

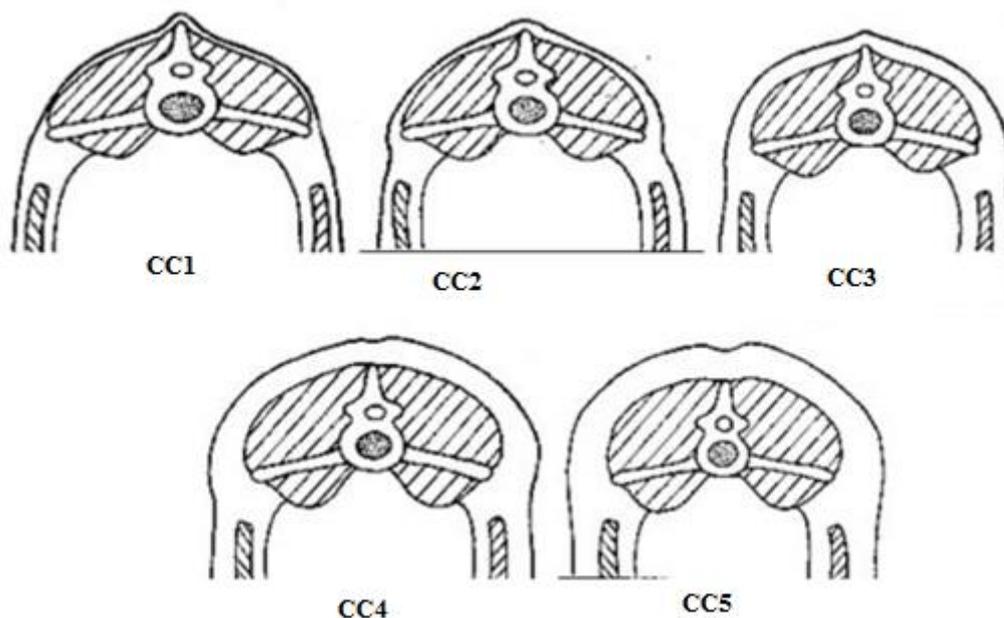


Figura 4. Classificação de score corporal (adaptado de Sá& Otto de Sá, 2001).

4.3 Ultrassonografia

A ultrassonografia em tempo real (UTR) é uma importante ferramenta para avaliação *in vivo* da carcaça de animais destinados ao abate, podendo ser realizada momentos antes do abate para selecionar os animais que tenham as características de carcaças mais adequadas ao mercado alvo. A ultrassonografia em tempo real é uma das tecnologias que tem sido extensivamente estudada e utilizada para avaliação de características de carcaça de bovinos de corte (VALERO et al., 2014), suínos (PRADOS ET al., 2015), ovinos (GRILL et al., 2015) e caprinos (McGREGOR et al., 2017). Resultados indicam que quando são obtidas por técnicos qualificados, as correlações entre as medidas por ultrassom e, posteriormente, na carcaça, são altas (GREINER et al., 2003, SILVA et al., 2003). A tecnologia também tem sido

utilizada na prática como uma ferramenta para auxiliar os produtores na classificação de animais em grupos homogêneos para abate.

Fenômeno físico de ocorrência natural, o som é um dos mais importantes eventos que fazem parte do conjunto da percepção sensitiva do ser humano e pode ser definido como a propagação de uma vibração em um meio elástico (sólidos, líquidos e gasosos). As propagações de alta frequência ou ultrassom têm servido ao homem no âmbito das ciências médicas, ocupando posição importante entre os mais eficazes métodos modernos de diagnósticos não invasivos. O desenvolvimento desta técnica se tornou importante na produção animal para a avaliação da composição e da qualidade da carcaça em animais vivos e tem mobilizado consideráveis recursos em pesquisas.

Segundo Augusto & Pachaly (2000), a qualidade da imagem gerada pelo ultrassom e sua correta interpretação dependem do conhecimento das interações entre as ondas e os tecidos ou órgãos que se deseja avaliar. O aparelho de ultrassom basicamente mede a reflexão das ondas de alta frequência que ocorrem quando estas passam através dos tecidos. Após o transdutor ter sido colocado em contato com o animal, o aparelho converte pulsos elétricos em ondas de alta frequência, que ao encontrar diferentes tecidos corpóreos dentro do animal promove uma reflexão parcial (eco) em tecidos menos densos, ou total em tecidos de alta densidade como os ossos (YOKOO et al., 2009). Mesmo após a ocorrência do eco, as ondas de alta frequência continuam a se propagar pelo corpo do animal e o conjunto de informações enviadas pelas reflexões transmitidas ao transdutor é projetado em uma tela como imagem, onde as mensurações são realizadas (AUGUSTO & PACHALY, 2000).

A avaliação por ultrassonografia de carcaça em ovinos, caprinos e bovinos, geralmente, é realizada no músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e 13^a costelas, onde são tomadas medidas de altura do músculo, comprimento, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea.

Também existe a possibilidade da medição da gordura intramuscular (marmoreio), que pode ser realizada no mesmo corte, com auxílio de programas específicos ou de uma escala de pontuação. Inicialmente, deve-se realizar a tricotomia do local com apropriada contenção dos animais (TEIXEIRA et al., 2008). A sonda deve ser posicionada sob uma pressão suficiente para que se assegure um

bom contato acústico, evitando a deformação dos tecidos e, conseqüentemente, subestimar as medidas (EIRAS et al., 2014).

Emenheiser et al. (2010) afirmam que as utilizações do equipamento por técnicos treinados podem prever a qualidade da carne de cordeiros comerciais com grande precisão. Sugere, ainda, estudos adicionais para avaliar as estimativas de espessura da gordura subcutânea como método de obter o rendimento de carcaça magra, corroborando Leeds et al. (2008) que encontraram correlação entre os valores obtidos pela ultrassonografia e os valores encontrados diretamente na carcaça de cordeiros em terminação. Orman et al. (2008), avaliando características de carcaça de cordeiros Awassi com diferentes pesos e sexos pela técnica de US, concluíram alta relação entre as avaliações *in vivo* e as carcaças de cordeiros, independente do sexo.

Os autores ainda ressaltam que a utilização do peso corporal associado às medidas de ultrassom aumentou a confiabilidade da leitura. De outra forma, Ferreira et al. (2012), avaliando a correlação entre dados obtidos por US associada com um *software* de determinação digital de áreas e medidas de área de olho de lombo encontradas diretamente na carcaça, observaram altas correlações entre a técnica de imagem digital com as medidas na carcaça ($r = 0,89$; $0,97$ e $0,98$, respectivamente), recomendando a utilização da US associada ao *software* devido à facilidade de execução, agilidade e ao baixo custo operacional.

Lambe et al. (2010) encontraram alta correlação na quantidade e proporção de gordura subcutânea nos quartos dianteiro e traseiro ($r = 0,80$) com moderada precisão para o peso dos músculos ($r = 0,50$ a $0,60$) e baixos índices para as proporções musculares ($r = 0,23$ a $0,49$) ao utilizar a técnica para avaliar a composição corporal *in vivo* pré-abate de bovinos jovens. Ressaltaram que realizar a US no final da terminação dos animais, associada com o peso corporal, possibilitou estimar a conformação e o estado de acabamento dos animais com moderada exatidão ($r = 0,40$ e $0,6$, respectivamente).

5 Tomografia computadorizada

A tomografia computadorizada (TC) é uma tecnologia utilizada na clínica médica como forma de diagnóstico desde 1970; a partir de 1980 a tecnologia começou a ser utilizada na Europa como forma de predição da composição de carcaça e crescimento animal (STANDAL, 1984). No início, os trabalhos foram realizados com suínos, em seguida com ovinos, em carcaças e animais vivos (SONESSON et al., 1998, JONES et al., 1999). A técnica não foi amplamente difundida na época, provavelmente por fatores como pouco acesso ao equipamento e alto custo de execução (RIVERO et al., 2005).

Atualmente, com a maior disponibilidade do equipamento e evolução do uso da técnica, a TC já tem uma vasta gama de uso em animais, em especial nas análises de animais vivos, para fins de seleção e avaliação de carcaça *post-mortem*, processos que já são considerados de rotina em alguns países (BÜNGER et al., 2011).

A TC é uma tecnologia sofisticada, que pode oferecer informações objetivas e confiáveis. Esta análise é feita através do uso de raios-x que geram imagens bidimensionais transversais do corpo, obtidas pela rotação de um tubo de raio-x de 360° em torno do corpo do animal. Após a digitalização da imagem, o objeto (corpo) é dividido em várias seções consecutivas, paralelas e os dados são somados para produzir estimativas totais dos diferentes tecidos da carcaça (BÜNGER et al., 2011). As imagens geradas são descritas em vários tons de cinza, criando uma imagem espacial do objeto digitalizado (WEGENER, 1992).

Vários estudos foram realizados com a utilização da TC em ovinos e suínos no mundo, tendo a dissecação manual como referência, (DOBROWOLSKI et al., 2004, JONES et al., 2002, JOHANSEN et al., 2007, NAVAJAS et al., 2007). No entanto, segundo Nissen et al. (2006), podem ocorrer diferenças nos resultados entre os estudos dependendo da experiência dos técnicos utilizados para realizar a dissecação das carcaças

A técnica já foi estudada em vários países, com menor erro padrão com relação às estimativas realizadas por ultrassonografia, técnica amplamente utilizada na avaliação de carcaça até hoje (ANDERSON et al., 2015), sendo que a predição de composição de carcaça de ovinos usando TC foi incluída nos programas de

reprodução e melhoramento genético do Reino Unido, Noruega e Nova Zelândia (NICOLL et al., 2002, KVAME et al., 2006, MACFARLANE et al., 2006).

5.1 Método de análise da tomografia computadorizada

A TC fornece previsões precisas de pesos dos tecidos de carcaça devido à relação entre atenuação de raios X e densidade tecidual. A técnica consiste na utilização de *softwares*, para extrair e quantificar as áreas dos diferentes tecidos nas imagens transversais.

A primeira etapa de análise é a remoção dos componentes de não carcaça das imagens transversais, seguida da mensuração de áreas dos diferentes tecidos através da contagem dos pixels referentes a cada tecido.

A complexidade de remover os órgãos internos e identificar os limites dos tecidos torna a segmentação desafiadora e demorada, se feita manualmente. Procedimentos automáticos foram desenvolvidos (GLASBEY & YOUNG, 2002; NAVAJAS et al., 2006) usando o *software* STAR (MANN et al., 2008), onde ambas as etapas podem ser realizadas automaticamente e, portanto, mais rapidamente.

Os pixels contados nas imagens transversais são agrupados para cada tecido dependendo de sua coloração, para esse fim é utilizada a escala *Houndsfield*, que varia da coloração -1000 (totalmente preto) a +1000 (totalmente branco). Anderson et al. (2015) definiram através do programa IMAGEJ os limites para cada tecido através da escala, sendo: -253 a 2,3 para gordura, 2,4 a 164,3 para músculo e acima de 164,3 para osso.

Para o estudo da composição corporal através da tomografia computadorizada são utilizadas duas técnicas distintas: o método Cavalieri e a análise pelos pontos de referência.

5.2 Método Cavalieri

O método Cavalieri utiliza 15 a 20 imagens transversais contínuas uniformemente distribuídas ao longo da carcaça, desse modo, o volume de cada tecido é calculado a partir da área total em cada corte transversal, as áreas são somadas e multiplicadas pela distância entre as verificações, que podem variar de 10 a 40 mm (ROBERTS et al., 1993).

Esta metodologia é muito utilizada por não ser específica para diferentes raças ou idades, não sendo necessárias adaptações ou mudanças ao longo do tempo. No entanto, é uma metodologia extremamente demorada por ser necessária a avaliação de um grande número de imagens. Desse modo, se forem disponíveis métodos automáticos de avaliação, geralmente o método Cavalieri é preferido ao método de avaliação pelos pontos de referência.

5.3 Análise pelos Pontos de referência

O método de avaliação pelos pontos de referência também é utilizado para avaliação de carcaça a partir do exame tomográfico. Nesta metodologia, são utilizados dados de dissecações, aos quais são submetidas as estimativas de regressão e formadas equações de predições, que utilizam apenas os pontos de referências para avaliação da carcaça, essa avaliação permite as mensurações das áreas dos tecidos, e através de equações, estimativas da composição de carcaça dos animais.

O corte transversal em três locais identificados a partir da varredura topográfica (5ª vértebra lombar (VL5), 8ª vértebra torácica (VT8) e ísquio (ISQ) (Figura 5) fornecem imagens adequadas para medições da área muscular, gordura e ossos, além de prever, com boa precisão, o peso dos componentes (ANDERSON et al., 2015). Este modo de análise foi desenvolvido com intenção de maximizar a precisão da leitura, além de proceder à análise no menor tempo possível, para minimizar as implicações ao bem-estar dos animais (BÜNGER et al., 2011).

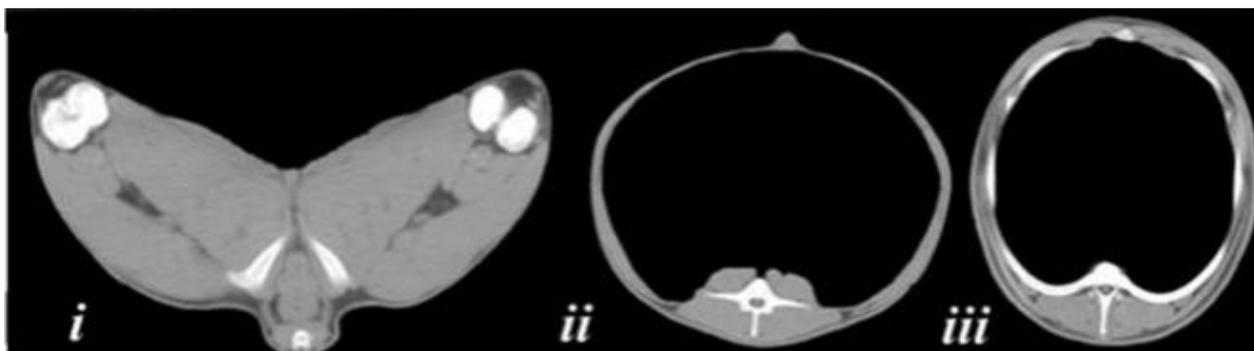


Figura 5. Cortes longitudinais de ovinos por tomografia computadorizada. *i* - Ísquio, *ii* - 5ª vértebra lombar, *iii* - 8ª vértebra torácica. Adaptado de Clelland et al. (2014).

Tanto o método Cavalieri como o método de avaliação pelos pontos de referência mostram precisão similar em ovelhas, mas exigem tempos muito diferentes (economicamente importante) para geração das imagens e no tempo de análise. Dessa forma, o método de varredura topográfica, utilizando os 3 locais de referência, (VL5, VT8 e ISQ) é geralmente preferido (JONES et al., 2004).

5.4 Tomografia computadorizada para predição de composição da carcaça

O entendimento da composição tecidual é de grande importância, não só para ciência, mas também para o setor industrial. Muitas vezes a análise de composição em ovinos é realizada através da dissecação manual, que além de ser um método caro, também é demorado. No entanto, a TC representa uma alternativa para realização da predição dos componentes corporais (JONES et al., 2004).

Junkuszew e Ringdorfer (2005) avaliaram a predição da composição tecidual em ovinos através da tomografia computadorizada e ultrassonografia. Foram utilizados 41 cordeiros machos (19 Merinos, 14 Suffolk e 8 Texel). Após as análises, os animais foram abatidos e a meia carcaça direita foi dissecada. A quantidade total de gordura na carcaça dos animais variou de 8,8 a 28,5%, enquanto a quantidade de músculos variou de 49,5 a 67,4%. As correlações entre a dissecação para gordura foram de 0,88 e 0,72 para tomografia e ultrassonografia, respectivamente, e

para os músculos, as correlações foram de 0,68 e 0,48 para tomografia e ultrassonografia, respectivamente. Os autores concluíram que ambas as técnicas de predição são eficazes, sendo que a tomografia é um método mais acurado, em contraponto, a ultrassonografia é mais barata e com maior disponibilidade de utilização a campo.

Kongsro et al. (2008) realizaram um trabalho na Noruega, onde avaliaram as correlações entre as proporções dos tecidos de carcaça obtidos pela tomografia computadorizada e por dissecação manual, além da avaliação do escaneamento em diferentes distâncias entre os cortes (40, 80, 160 e 320 mm). As carcaças foram escaneadas e dissecadas manualmente por técnicos treinados. As correlações entre as duas técnicas foram maiores para peso de carcaça e peso de tecidos musculares e menores para ossos e gordura. Os autores concluíram que a melhor distância para estimar os tecidos de carcaça foi de 40 mm.

Kvame e Vangen (2006) avaliaram através da tomografia computadorizada a carcaça de ovinos de duas linhagens genéticas da raça *Norwegian White Sheep*, uma melhorada geneticamente para produção de carne e outra controle. Os pesquisadores constataram que os animais melhorados possuíam maiores proporções de músculo nas regiões analisadas, além de menor proporção de ossos, mostrando a eficiência da tomografia na identificação de animais com melhores características de carcaça.

5.5 Predição de gordura pela Tomografia Computadorizada

A gordura intramuscular (marmoreio) tem um papel de extrema importância do ponto de vista de qualidade da carne, pois influencia em larga escala características organolépticas do produto, principalmente a textura e sabor. Desse modo, a predição dessa gordura na carcaça de ovinos é de grande importância para a cadeia produtiva, pois permite a classificação do produto e seu direcionamento para diferentes mercados, que procuram por qualidade diferenciada do produto (BUENO et al., 2000).

A análise da gordura intramuscular pode ser realizada pela US, geralmente por uma análise subjetiva, pontuando de 1 (ausência de marmoreio) a 5 (excesso de marmoreio) as imagens ultrassonográficas dos músculos de animais vivos. O músculo mais utilizado nesse tipo de análise é o *Longissimus dorsi*, na região intervertebral entre a 12ª e 13ª costelas (SUGUISAWA, 2002). No entanto, a tomografia computadorizada pode ser utilizada com mais precisão do que a US, identificando a quantidade total de gordura (kg) através da escala *Houndsfield* (CLELLAND et al., 2014).

A gordura interna também é de grande importância para a produção animal. Muitas espécies possuem grande quantidade dessa gordura em sua carcaça, podendo trazer várias consequências negativas para a produção de forma geral (BUENO et al., 2000). O acúmulo de gordura exige grande gasto energético, o que diminui a eficiência alimentar dos animais, pois existe grande demanda energética para a deposição de gordura e baixa demanda na deposição de tecido muscular. Além disso, quanto maior a quantidade de gordura interna, menores serão os rendimentos de carcaça obtidos. Na maioria das vezes, a gordura interna não é utilizada para alimentação e nem pela indústria, e dessa forma, acaba sendo descartada (BUENO et al., 2000). Nesse sentido, a tomografia computadorizada pode ser utilizada para a medição das quantidades de gordura em animais vivos, podendo contribuir na seleção de animais que tenham como característica baixa deposição de gordura abdominal.

Lambe et al. (2006) mediram a quantidade de gordura interna pela tomografia computadorizada em 427 cordeiros *Scottish Blackface*, com objetivo de estimar a correlação entre os diferentes tecidos da carcaça e comparar os valores obtidos com os resultados da dissecação manual. Para o estudo foram tomadas 5 diferentes medidas, sendo as imagens retiradas da área do ísquio, perna, VL5, VL2 e VT8. Como resultado, a gordura interna apresentou correlação positiva com a gordura de carcaça (0,58), com tecido muscular (0,36) e com os ossos (0,32). A correlação entre os valores obtidos pela tomografia computadorizada e dissecação manual foi de 0,81, mostrando que a tecnologia tem grande potencial para ser utilizada na medição de gordura interna de animais vivos.

5.6 Comprimento de coluna vertebral e fêmur

Navajas et al. (2006), pelo método de avaliação proposto por Jones et al. (2002), utilizaram a TC para medição do fêmur e da coluna vertebral, em associação com a musculabilidade destas regiões em ovinos *Texel* e *Scottish Blackface*. Para a análise de comprimento da coluna foram medidas separadamente (pelas imagens topográficas), a coluna torácica (primeiro disco intervertebral até a última costela) e a coluna lombar (primeiro disco caudal até a última costela). Para medição de fêmur foi utilizado um novo método, que permite a visualização do fêmur em 3 diferentes planos simultaneamente, permitindo a visão longitudinal, lateral e transversal. O comprimento do fêmur foi medido do intercôndilo à fossa trocântérica. Os resultados mostraram que as medidas do fêmur e da coluna obtiveram moderadas e altas precisões quando comparadas às medidas realizadas na carcaça após o abate.

5.7 Análise do crescimento através da TC

Lambe et al. (2006) pesquisaram as mudanças corporais em função do crescimento em cordeiros das raças *Texel* e *Scottish Blackface*. Já que o objetivo dos autores era avaliar os animais durante o crescimento, não foram realizados abates e dissecações dos animais para composição das fórmulas de predição. Os autores utilizaram a dissecação virtual através do método Cavalieri e através dos resultados estimaram as fórmulas de predição, que utilizaram os pontos de referência (VT8, VL5 e ISQ). Os valores de R^2 encontrados por estes autores foram 0,98 para gordura, 0,97 músculo e 0,85 para osso, em ovinos da raça *Texel*. Para os animais da raça *Scottish Blackface* os valores foram 0,98 para gordura, 0,96 para músculo e 0,87 para ossos. Segundo os autores, os autos valores de R^2 encontrados permitiram avaliar de maneira satisfatória a composição de carcaça dos ovinos.

Através das medidas tomográficas, os autores concluíram que os cordeiros *Texel* acumulam pouca quantidade de gordura e grande quantidade muscular na região da perna e lombo, podendo, dessa forma, serem abatidos com mais peso. No

entanto, os cordeiros *Scottish Blackface* acumulam gordura muito precocemente, mas apresentam deposição muscular baixa, o que sugere que esses animais teriam melhor aproveitamento de carcaça quando sujeitos ao abate precoce.

5.8 Tomografia Computadorizada para avaliação de carcaças ovinas no Brasil

O grupo de pesquisa do Laboratório de Melhoramento Genético Animal (LRMGA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) vem trabalhando desde 2013 com avaliação de carcaça ovina através da tomografia computadorizada. O tomógrafo utilizado é um *Lightspeed Helicoidal Multislice GE®* localizado na Unidade de Experimentação Animal (UEA) do Hospital Veterinário da UENF. (Figura 6)



Figura 6. Tomógrafo *Lightspeed Helicoidal Multislice GE®* - Universidade Estadual do Norte Fluminense

Geraldo et al. (2015) compararam medidas do músculo *Longissimus dorsi* obtidas por tomografia computadorizada e ultrassonografia, na região entre a 12^a e 13^a costelas de ovinos. Os autores não encontraram diferenças entre as avaliações pelas duas técnicas nas medições de profundidade do músculo e espessura de gordura subcutânea, mas houve diferença nas medidas do comprimento.

Quirino et al. (2016) avaliaram as características de carcaça de ovinos da raça Santa Inês, machos e fêmeas, pela tomografia computadorizada em diferentes regiões anatômicas. Foram utilizados machos (n = 8) e fêmeas (n = 7) da raça Santa

Inês com 150 dias de idade. Para o exame tomográfico, os animais foram submetidos à sedação leve com utilização de cetamina e xilazina, acomodados em maca (decúbito dorsal) e escaneados, sendo retiradas imagens de cortes transversais do músculo *Longissimus dorsi*, correspondentes à quinta vértebra torácica (VT5), oitava vértebra lombar (VL8), décima terceira vértebra lombar (VL13) e uma imagem do ísquio (ISQ). As imagens foram processadas e analisadas com o software *K-pacs®*, sendo realizadas as medidas de comprimento (Comp), profundidade (Prof) e espessura de gordura subcutânea (EGS) no músculo *Longissimus dorsi*, e para o corte do ísquio as medidas de comprimento e espessura muscular (cm), além de espessura de gordura intermuscular (mm).

Ainda, neste trabalho, os autores verificaram que não houve diferença entre sexos para Comp ($6,4 \pm 0,5$ cm), Prof ($2,1 \pm 0,4$ cm) e EGS ($1,2 \pm 0,4$ mm) no corte de VT5. No corte VL8, as medidas de Comp e de EGS foram diferentes entre sexos, sendo superiores nos machos ($4,67 \pm 0,22$ cm e $3,27 \pm 0,77$ mm) em relação às fêmeas ($4,26 \pm 0,33$ cm e $1,71 \pm 0,71$ mm). Nesta região não houve diferença entre sexo em Prof ($2 \pm 0,3$ cm). O corte transversal tomado na VL13 não apresentou diferença entre os sexos para as medidas, sendo para Comp $5,6 \pm 0,5$ cm, para Prof $2,6 \pm 0,3$ cm e para EGS $1,7 \pm 0,5$ mm.

O corte do ISQ também não apresentou diferenças entre os sexos e as médias foram de $14,8 \pm 2,4$ cm para Comp, de $7,91 \pm 1,3$ cm para Prof e de 5 ± 33 mm para EGS. O peso dos animais também não foi diferente entre os sexos (média de $28 \pm 4,4$ kg). As correlações foram baixas entre as medidas VT5, VL8, VL13 e ISQ. Os autores concluíram que, das regiões anatômicas avaliadas, a medida na VL8 foi a mais eficiente para detectar as variações do comprimento do músculo *Longissimus dorsi* e deposição de gordura decorrentes do sexo.

Geraldo et al. (2016) avaliaram características de carcaça de ovinos da raça Santa Inês machos e fêmeas através de ultrassonografia (US) e tomografia computadorizada (TC), além da correlação entre os dois métodos (Figura 7). Foram utilizados 17 cordeiros da raça Santa Inês (9 machos e 8 fêmeas) com idade de 5 meses (5M), e 7 machos adultos com 22 meses (22M). As medidas foram realizadas no músculo *Longissimus dorsi*, na região entre a 12^a e 13^a costela, onde foram tomadas as medidas de comprimento, profundidade e espessura de gordura subcutânea.

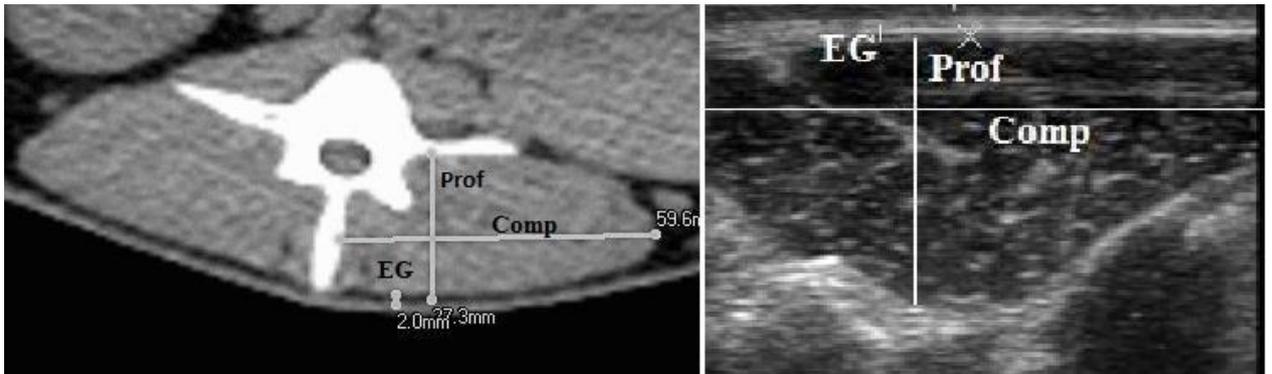


Figura 7. Medidas realizadas por tomografia computadorizada (A) e ultrassom (B).

Foi encontrada diferença na análise tomográfica entre sexos, sendo de $5,0 \pm 0,7$ cm para comprimento, $2,5 \pm 0,6$ cm para profundidade e $2,0 \pm 0,5$ mm para espessura de gordura nos machos. Nas fêmeas, as médias foram de $4,4 \pm 0,5$ cm para comprimento, $2,1 \pm 0,3$ cm para profundidade e $1,8 \pm 0,4$ espessura de gordura. Nas medidas tomográficas, a única que apresentou diferença com relação ao sexo foi comprimento do músculo, sendo maior em machos ($6,1 \pm 0,6$ cm) em relação às fêmeas ($5,4 \pm 0,6$ cm). Todas as características foram superiores para os animais do grupo de 22M de idade. As correlações obtidas entre as medidas ultrassonográficas e tomográficas foram médias e altas, variando entre 0,35 a 0,88. Os autores concluíram que as médias e altas correlações entre as medidas indicam que ambas as técnicas são semelhantes para as avaliações do músculo *Longissimus dorsi* em ovinos, no entanto, a ultrassonografia tem maior potencial para uso a campo, sendo mais barata e rápida.

9 REFERÊNCIAS

ALLEN, P. & LEYMASTER, K. A. 1985. Machine error in X-ray computer tomography and its relevance to prediction of in vivo body composition. *Livestock Production Science*, 13, 383-398.

ALVES, L. G. C. 2013. Composição regional e tecidual de cordeiros terminados com dietas contendo grão de soja *in natura* ou desativado. Universidade Federal da Grande Dourados.

ANDERSON, F., WILLIAMS, A., PANNIER, L., PETHICK, D. W. & GARDNER, G. E. 2015. Sire carcass breeding values affect body composition in lambs—1. Effects on lean weight and its distribution within the carcass as measured by computed tomography. *Meat science*, 108, 145-154.

ANDERSON, F., WILLIAMS, A., PANNIER, L., PETHICK, D. W. & GARDNER, G. E. 2015. Sire carcass breeding values affect body composition in lambs—1. Effects on lean weight and its distribution within the carcass as measured by computed tomography. *Meat science*, 108, 145-154.

AUGUSTO, A. Q. & PACHALY, J. R. 2000. Princípios físicos da ultra-sonografia- Revisão bibliográfica. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 3, 61-65.

AZEREDO, D. M., OSÓRIO, M. T. M., OSÓRIO, J. C. S., MENDONÇA, G., BARBOSA, J. & ESTEVES, R. 2005. Crescimento e desenvolvimento de ovinos Corriedale não castrados, castrados e criptorquidas abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Agrociências*, 11, 339-345.

BERG, E. P., FORREST, J. C. & FISHER, J. E. 1994. Electromagnetic scanning of pork carcasses in an on-line industrial configuration. *Journal of Animal Science*, 72, 2642-2652.

BERG, E. P., NEARY, M. K., FORREST, J. C., THOMAS, D. L. & KAUFFMAN, R. G. 1997. Evaluation of electronic technology to assess lamb carcass composition. *Journal of Animal Science*, 75,

BONACINA, M., OSÓRIO, J. C. D. S., OSÓRIO, M. T. M., ESTEVES, R. M. G., JARDIM, R. D., Mendonça, G. & Oliveira, M. M. 2007. Otimização da avaliação in vivo e da carcaça em cordeiros. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, 14, 273-286.

BRONDANI, I. L., SAMPAIO, A. A. M., RESTLE, J., ALVES FILHO, D. C., FREITAS, L. D. S., AMARAL, G. A., SILVEIRA, M. F. & CEZIMBRA, I. M. 2006. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 2034-2042.

BUENO, M. S., CUNHA, E., SANTOS, L., RODA, D. S. & LEINZ, F. F. 2000. Características de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 1803-1810.

BÜNGER, L., GLASBEY, C. A., SIMM, G., CONINGTON, J., MACFARLANE, J. M., MCLEAN, K. A., MOORE, K. & LAMBE, N. R. 2011. Use of X-ray computed tomography (CT) in UK sheep production and breeding. *CT Scanning-Techniques Applied*, 1, 329-348.

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, 1490-1495.

CARTAXO, F. Q., SOUSA, W., COSTA, R. G., CEZAR, M. F., PEREIRA FILHO, J. & CUNHA, M. D. G. G. 2011. Características quantitativas da carcaça de cordeiros de diferentes genótipos submetidos a duas dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2220-2227.

CEZAR, M. & SOUSA, W. 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. *Uberaba: Editora Agropecuária Tropical*, 147.

CLELLAND, N., BUNGER, L., MCLEAN, K. A., CONINGTON, J., MALTIN, C., KNOTT, S. & LAMBE, N. R. 2014. Prediction of intramuscular fat levels in Texel lamb loins using X-ray computed tomography scanning. *Meat Science*, 98, 263-271.

CROSS, H. R., GILLILAND, D. A., DURLAND, P. R. & SEIDEMAN, S. 1983. Beef carcass evaluation by use of a video image analysis system. *Journal of Animal Science*, 57, 908-917.
Digital, 9, 110-116.

DOBROWOLSKI, A., BRANSCHIED, W., ROMVARI, R., HORN, P. & ALLEN, P. 2004. X-ray computed tomography as possible reference for the pig carcass evaluation. *Fleischwirtschaft*, 84, 109-112.

EIRAS, C. E., ARAÚJO MARQUES, J., NOVAIS, D. L., MOTTIN, C., MAGGIONI, D. & PRADO, I. N. 2014. Ultrassonografia na avaliação da composição corporal de ruminantes: Revisão. *Campo Digital*, 9, 110-116.

EIRAS, C. E., ORNAGHI, M. G., VALERO, M. V., RIVAROLI, D. C., GUERRERO, A. & PRADO, I. N. 2016. How does the dietary cottonseed hull affect the carcass characteristics and meat quality of young bulls finished in a highconcentrate diet? *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38, 301-310.

EMENHEISER, J. C., GREINER, S. P., LEWIS, R. M. & NOTTER, D. R. 2010. Validation of live animal ultrasonic measurements of body composition in market lambs. *Journal of Animal Science*, 88, 2932-2939.

FELÍCIO, P. E. 2005. Classificação e tipificação de carcaças bovinas. *I Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carne*. São Pedro, São Paulo.

FERREIRA, O. G. L., ROSSI, F. D., COELHO, R. A. T., FUCILINI, V. F. & BENEDETTI, M. 2012. Measurement of rib-eye area by the method of digital images. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 811-814.~

FILHO, D. C. A., CALLEGARO, A. M. & WEISE, M. 2011. Características dos componentes não integrantes da carcaça de novilhos superjovens da raça Devon, terminados em diferentes sistemas de alimentação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e zootecnia*, 63, 372- 381.

FURUSHO-GARCIA, I. F., PEREZ, J. R. O., BONAGURIO, S., LIMA, A. L. & QUINTÃO, F. A. 2004. Estudo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês puros e cruzas Santa Inês com Texel, Ile de France e Bergamácia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 453-462.

GERALDO, A. T., QUIRINO, C. R., ANTUNES, F., MENDES, L. R. & OLIVEIRA, A. L. A. 2015. Comparion of the ultrasound and computed tomography to evaluate the *Longissimus dorsi* muscle in rams. *Boletim da Indústria Animal*, 1, Anais.

GERALDO, A. T., QUIRINO, C. R., BELTRAME, R. T. & COSTA, R. L. D. 2017. Avaliação de carcaça ovina por tomografia computadorizada: Estado da Arte no Brasil e no mundo. *PUBVET:Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 11, 91-102.

GERALDO, A. T., QUIRINO, C. R., BELTRAME, R. T., COSTA, R. L. D., ANTUNES, F., FREITAS, A. C. B. & VIEIRA, G. S. 2016. Avaliação das caratcerísticas de carcaça de ovinos Santa Inês com auxílio da ultrassonografia e tomografia computadorizada. *Actas Iberoamericanas*, 7, 37-43.

GLASBEY, C. A. & YOUNG, M. J. 2002. Maximum a posteriori estimation of image boundaries by dynamic programming. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C*, 51, 209-221.

GREINER, S. P., ROUSE, G. H., WILSON, D. E., CUNDIFF, L. V. & WHEELER, T. L. 2003. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat

thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 81, 676-682.

IBGE. 2013. Contas nacionais trimestrais. Jul.-set. 2013. 20th ed. Available in: www.ibge.gov.br, Rio de Janeiro, BR.

JEFFERIES, B. C. 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*, 32, 19-21.

JOHANSEN, J., EGELANDSDAL, B., RØE, M., KVAAL, K. & AASTVEIT, A. H. 2007. Calibration models for lamb carcass composition analysis using Computerized Tomography (CT) imaging. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 87, 303-311.

JONES, H. E., LEWIS, R. M., YOUNG, M. J. & SIMM, G. 2004. Genetic parameters for carcass composition and muscularity in sheep measured by X-ray computer tomography, ultrasound and dissection. *Livestock Production Science*, 90, 167-179

JONES, H. E., LEWIS, R. M., YOUNG, M. J. & WOLF, B. T. 2002. The use of X-ray computer tomography for measuring the muscularity of live sheep. *Animal Science*, 75, 387-399. .

JONES, H. E., SIMM, G., DINGWALL, W. S. & LEWIS, R. M. 1999. Genetic relationships between visual and objective measures of carcass composition in crossbred lambs. *Animal Science*, 69, 553-561.

JUCÁ, A. F., FAVERI, J. C., MELO FILHO, G. M., RIBEIRO FILHO, A. L., AZEVEDO, H. C., MUNIZ, E. N., PEDROSA, V. B. & PINTO, L. F. B. 2016. Effects of birth type and family on the variation of carcass and meat traits in Santa Ines sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 435-443.

JUNKUSZEW, A. & RINGDORFER, F. 2005. Computer tomography and ultrasound measurement as methods for the prediction of the body composition of lambs. *Small Ruminant Research*, 56, 121-125.

KONGSRO, J., RØE, M., AASTVEIT, A. H., KVAAL, K. & EGELANDSDAL, B. 2008. Virtual dissection of lamb carcasses using computer tomography (CT) and its correlation to manual dissection. *Journal of Food Engineering*, 88, 86-93.

KVAME, T. & VANGEN, O. 2006. In-vivo composition of carcass regions in lambs of two genetic lines, and selection of CT positions for estimation of each region. *Small Ruminant Research*, 66, 201-208.

KVAME, T., BRENØE, U. T. & VANGEN, O. 2006. Body tissue development in lambs of two genetic lines analysed by X-ray computer tomography. *Small Ruminant Research*, 65, 242-250.

LAMBE, N. R., CONINGTON, J., MCLEAN, K. A., NAVAJAS, E. A., FISHER, A. V. & BÜNGER, L. 2006. In vivo prediction of internal fat weight in Scottish Blackface lambs, using computer tomography. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 123, 105-113.

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

LEEDS, T. D., MOUSEL, M. R., NOTTER, D. R., ZERBY, H. N., MOFFET, C. A. & LEWIS, G. S. 2008. Bmode, real-time ultrasound for estimating carcass measures in live sheep: Accuracy of ultrasound measures and their relationships with carcass yield and value. *Journal of Animal Science*, 86, 3203-3214.

LUCHIARI FILHO, A. 2000. *PECUÁRIA DA CARNE BOVINA*, 1 EDN. LINBIFE, SÃO PAULO.

MACFARLANE, J. M., LEWIS, R. M., EMMANS, G. C., YOUNG, M. J. & SIMM, G. 2006. Predicting carcass composition of terminal sire sheep using X-ray computed tomography. *Animal Science*, 82, 289-300.

MCCURDY, M. P., HORN, G. W., WAGNER, J. J., LANCASTER, P. A. & KREHBIEL, C. R. 2010. Effects of winter growing programs on subsequent feedlot performance, carcass characteristics, body composition, and energy requirements of beef steers. *Journal of Animal Science*, 88, 1564-1576.

meat yield in lamb carcasses. *Canadian Journal of Animal Science*, 76, 49-53.

MÜLLER, L. 1987. Normas para avaliação de carcaça e concurso de carcaça de novilhos. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

NAVAJAS, E. A., GLASBEY, C. A., MCLEAN, K. A., FISHER, A. V., CHARTERIS, A. J. L., LAMBE, N. R., BÜNGER, L. & SIMM, G. 2006. In vivo measurements of muscle volume by automatic image analysis of spiral computed tomography scans. *Animal Science*, 82, 545-553.

NAVAJAS, E. A., LAMBE, N. R., MCLEAN, K. A., GLASBEY, C. A., FISHER, A. V., CHARTERIS, A. J. L., BÜNGER, L. & SIMM, G. 2007. Accuracy of in vivo muscularity indices measured by computed tomography and their association with carcass quality in lambs. *Meat Science*, 75, 533-542.

.

NICOLL, G. B., JOPSON, N. B. & MCEWAN, J. C. 2002. Contribution of CT scanning to genetic improvement in a terminal sire sheep breeding programme. *Genetic Applied Livestock Production*, 31, 439-442.

NISSSEN, P. M., BUSK, H., OKSAMA, M., SEYNAEVE, M., GISPERT, M., WALSTRA, P., HANSSON, I. & OLSEN, E. 2006. The estimated accuracy of the EU reference dissection method for pig carcass classification. *Meat Science*, 73, 22-28.

OLIVEIRA, M. V. M., PÉREZ, J. R. O., ALVES, E. L., MARTINS, A. R. V. & LANA, R. 2002. Avaliação da composição de cortes comerciais, componentes corporais e órgãos internos de cordeiros confinados e alimentados com dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 1459-1468.

OLIVEIRA, M. V. M., PÉREZ, J. R. O., ALVES, E. L., MARTINS, A. R. V. & LANA, R. D. P. 2002. Rendimento de carcaça, mensurações e peso de cortes comerciais de cordeiros Santa Inês e Bergamácia alimentados com dejetos de suínos em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 1451-1458.

ORMAN, A., ÇALIŞKAN, G. Ü., DIKMEN, S., ÜSTÜNER, H., OGAN, M. M. & ÇALIŞKAN, Ç. 2008. The assessment of carcass composition of Awassimale lambs by real-time ultrasound at two different live weights. *Meat Science*, 80, 1031-1036.

OSÓRIO, J. C. S., OSÓRIO, M. T. M. & SAÑUDO, C. 2009. Características sensoriais da carne ovina. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 292-300.

OSÓRIO, J., OSÓRIO, M., OLIVEIRA, N. & SIEWERDT, L. 2002. *Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças*, Pelotas. Owens, F. N., Dubeski, P. & Hanson, C. F. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71, 3138-3150.

PÉREZ, J. R. O. & CARVALHO, P. A. 2002. Considerações sobre carcaças ovinas. *Boletim Agropecuário*, 1, 122-144.

QUIRINO, C. R., GERALDO, A. T., ANTUNES, F., VIEIRA, G. S., RUA, M. A. S., FREITAS, A. C. B., DAVID, C. M. & BARTHOLAZZI JÚNIOR, A. 2016. Avaliação de carcaça de ovinos através da tomografia computadorizada. In: ALPA (ed.) *XXV Congresso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. ALPA, Recife.

RIVERO, M. A., RAMIREZ, J. A., VAZQUEZ, J. M., GIL, F., RAMIREZ, G. & ARENCIBIA, A. 2005. Normal anatomical imaging of the thorax in three dogs: computed tomography and macroscopic cross sections with vascular injection. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 34, 215-219.

RIVERO, M. A., RAMIREZ, J. A., VAZQUEZ, J. M., GIL, F., RAMIREZ, G. & ARENCIBIA, A. 2005. Normal anatomical imaging of the thorax in three dogs:

computed tomography and macroscopic cross sections with vascular injection. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 34, 215-219.

ROBERTS, N., CRUZ-ORIVE, L. M., REID, N. M. K., BRODIE, D. A., BOURNE, M. & EDWARDS, R. H. T. 1993. Unbiased estimation of human body composition by the Cavalieri method using magnetic resonance imaging. *Journal of Microscopy*, 171, 239-253.

SAINZ, R. D. & ARAUJO, F. R. C. 2001. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. *Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia de Carne*. Campinas, São Paulo.

SAINZ, R. D. 2000. Avaliação de carcaças e cortes comerciais de carne caprina e ovina. *Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte*, 1, 237-250.

SANTOS, C. L., Pérez, J. R. O., Muniz, J. A., Geraseev, L. C. & Siqueira, E. R. 2001. Desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 487-492.

SAÑUDO, C., MACIE, E. S., OLLETA, J. L., VILLARROEL, M., PANEA, B. & ALBERTÍ, P. 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 66, 925-932.

SEHESTED, E. 1986. In-vivo prediction of lamb carcass composition by computerized tomography. *Department of Animal Science*. Agricultural University of Norway.

SILVA SOBRINHO, A. & SILVA, A. 2000. Produção de carne ovina. *Revista Nacional da carne*, 24, 32-

Silva Sobrinho, A. G., Purchas, R. W., Kadim, I. T. & Yamamoto, S. M. 2005. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1070-1078.

SILVA, L. F., PIRES, C. C. & SILVA, J. H. S. 2000. Crescimento de cordeiros abatidos com diferentes pesos. Osso, músculo e gordura da carcaça e de seus cortes. *Ciência Rural*, 30, 671-675.

SILVA, S. L., LEME, P. R., PEREIRA, A. S. C. & PUTRINO, S. M. 2003. Correlações entre características de carcaça avaliadas por ultrassom e pós-abate em novilhos Nelore, alimentados com altas proporções de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1236-1242.

SILVA, S. R., GOMES, M. J., DIAS, A. S., GIL, L. F. & AZEVEDO, J. T. 2005. Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *Journal of Animal Science*, 83, 350-357.

SONESSON, A. K., DE GREEF, K. H. & MEUWISSEN, T. H. E. 1998. Genetic parameters and trends of meat quality, carcass composition and performance traits in two selected lines of Large White pigs. *Livestock Production Science*, 57, 23-32.

STANDAL, N. 1984. Establishment of CT facility for farm animals. *In vivo* measurement of body composition in meat animals. *Elsevier Applied Science Publishers, London*, 1, 43-51.

STANFORD, K., JONES, S. D. M. & PRICE, M. A. 1998. Methods of predicting lamb carcass composition: A review. *Small Ruminant Research*, 29, 241-254.

SUGISAWA, L. & SOARES, W. R. M. 2006. Ultrasonografia para predição da composição da carcaça de bovinos jovens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 177-185.

SUGISAWA, L. 2002. Ultra-sonografia para predição das características e composição da carcaça de bovinos. Universidade de São Paulo.

TEIXEIRA, A., JOY, M. & DELFA, R. 2008. *In vivo* estimation of goat carcass composition and body fat partition by real-time ultrasonography. *Journal of Animal Science*, 86, 2369-2376.

VALERO, M. V., PRADO, R. M., ZAWADZKI, F., EIRAS, C. E., MADRONA, G. S. & PRADO, I. N. 2014. Propolis and essential oils additives in the diets improved animal performance and feed efficiency of bulls finished in feedlot. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36, 419-426.

VIANA, J. G. A; REVILLION, J. P. P; e SILVEIRA, V. C. P. 2013. Alternativa de estruturação da cadeia de valor da ovinocultura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 187-210.

Capítulo 2. Análise do desenvolvimento dos tecidos de carcaça de ovinos com a utilização da Tomografia Computadorizada

Resumo

O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica do desenvolvimento dos tecidos da carcaça e a composição de carcaça de ovinos machos e fêmeas da raça Santa Inês “*in vivo*”, criados em regime extensivo com auxílio da tomografia computadorizada. Durante os anos de 2015 a 2017 (n=38), foram estudados machos (n=21) e fêmeas (n=17), com pesos médios inicial de $24,35 \pm 3,74$ kg e $23,46 \pm 3,74$ kg, respectivamente. A análise de avaliação de carcaça por tomografia computadorizada foi realizada após o desmame aos 90, 120, 180 e 300 dias de idade. Foi utilizado o método de avaliação pelos pontos de referência, na oitava vértebra torácica, quinta vértebra lombar e um corte na região do ísquio. A partir do método Cavalieri foram geradas fórmulas de regressão para estimativas do peso e proporções totais de osso, músculo e gordura. As fórmulas de regressão estimadas através do método Cavalieri obtiveram altos valores de R^2 para gordura (0,90), músculo (0,81) e osso (0,81). A média do peso de gordura total foi maior aos 300 dias ($2,74 \pm 0,99$ kg) e menor aos 90 ($1,88 \pm 0,88$ kg) e 120 dias ($1,91 \pm 0,83$ kg). A média da área de gordura aumentou em todos os pontos avaliados. As fêmeas acumularam maiores áreas de gordura em todos os pontos avaliados. As proporções de ossos e músculo foram maiores nos machos. O peso total de músculo na carcaça apresentou altas correlações com o peso total de gordura (0,51) e correlação média com o peso total de ossos (-0,40). Em conclusão, a tomografia computadorizada permitiu a avaliação dos pesos e proporções dos tecidos de carcaça de ovinos Santa Inês vivos, e foi eficiente em detectar as mudanças que ocorrem no corpo dos animais durante a fase de crescimento, além de detectar as diferenças na composição tecidual da carcaça de machos e fêmeas. A utilização dessa tecnologia é eficiente na avaliação de ovinos vivos, mas a pouca disponibilidade de equipamentos e alto custo de análise tornam a utilização da tomografia computadorizada um desafio.

Palavras chave: Avaliação de carcaça, ovinos, tomografia computadorizada.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the dynamics of body tissue development and composition of male and female Santa Inês sheep *in vivo*, bred in an extensive grazing system, using computerized tomography. In the period from 2015 to 2017, 38 sheep were studied (21 males and 17 females), with initial weights of 24.35 ± 3.74 kg and 23.46 ± 3.74 kg, respectively. The body tissue evaluation by computerized tomography was performed after weaning, at ages of 90, 120, 180 and 300 days. The reference point method was used, at the eighth thoracic vertebra, fifth lumbar vertebra and a cross-section of the ischium region. Based on the Cavalieri method, regression equations were generated for estimates of total weight and proportions of bone, muscle and fat. These regression equations obtained high R^2 values for fat (0.90), muscle (0.81) and bone (0.81). The mean fat weight was highest at 300 days (2.74 ± 0.99 kg) and lowest at 90 (1.88 ± 0.88 kg) and 120 days (1.91 ± 0.83 kg). The mean fat area increased with age at all the points evaluated. The females accumulated more fat than the males at all the points. The proportions of bone and muscle were higher in the males. The total muscle weight was highly correlated with the total fat weight (0.51) and moderately correlated with total bone weight (-0.40). In conclusion, computerized tomography allowed the evaluation of the weights and proportions of the body tissues of live Santa Inês sheep, and was efficient to detect the changes that occur in the body during the growth phase, besides revealing differences in tissue composition between males and females. The use of computerized tomography is efficient to assess these aspects of live sheep, but the high cost and scarce availability of equipment make the use of this technology a challenge for most breeders.

Keywords: Carcass evaluation, computerized tomography, sheep

Introdução

A avaliação dos animais produtores de carne, através de suas características de carcaça “*in vivo*”, pode ser utilizada tanto para identificação e seleção de animais que possuam melhores características produtivas, quanto para a destinação e comercialização de animais de abate. Das tecnologias usualmente utilizadas para esta avaliação, a que possui maior alcance é a ultrassonografia de carcaça em tempo real (EIRIKSSON; SIGURDSSON, 2017), entretanto, essa avaliação ainda apresenta falta de padronização devido a fatores, como: tipo de aparelho, treinamento do técnico e idade do animal (GERALDO et al., 2016)

Dentre as tecnologias emergentes, a que tem obtido resultados mais eficazes em vários países (ANDERSON et al., 2015; BÜNGER et al., 2011; KONGSRO et al., 2009; KVAME; VANGEN, 2007) é a tomografia computadorizada. Esta avaliação pode fornecer dados importantes em relação ao crescimento e deposição dos componentes de carcaça em animais, com ótima acurácia e de forma não invasiva. (MACFARLANE et al., 2006; NAVAJAS et al., 2007)

De acordo com Olsen; Christensen; Nielsen, (2017), o uso desse método para estudo de animais de produção é muito promissor e tem sido utilizado em animais vivos para programas de seleção de espécies, como a ovina (NAVAJAS et al., 2007) e suína (CLELLAND et al., 2014; DAUMAS; MONZIOLS, 2011), além de seu uso na avaliação de carcaças de ovinos (ANDERSON et al., 2015) suínos (GANGSEI; KONGSRO, 2016) e de cortes da carcaça de bovinos (NAVAJAS et al., 2010).

Apesar da tomografia computadorizada já ter sido utilizada na Escócia como método de avaliação de carcaça de ovinos lanados durante as fases de crescimento (LAMBE et al., 2007), essa tecnologia ainda não foi utilizada para a avaliação do crescimento e composição de carcaça em ovinos naturalizados do Brasil criados em regime extensivo.

Nesse cenário é importante entender a dinâmica de crescimento tecidual e a composição de carcaça nas diferentes idades e sexos, afim de auxiliar nos programas de seleção da espécie, e na avaliação de animais destinados ao abate.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica do desenvolvimento dos tecidos da carcaça e a composição de carcaça de ovinos machos e fêmeas da raça

Santa Inês “*in vivo*”, criados em regime extensivo com auxílio da tomografia computadorizada.

Material e métodos

O experimento foi conduzido de acordo com as normas da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório e Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (SBCAL/COBEA), e aprovado pelo comitê de ética do uso de animais em experimentos CEUA-UENF (Protocolo n.º. 317/2015)

Local e animais

O estudo foi conduzido no Setor de Reprodutores Ovinos (SRO) do Departamento de Reprodução Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizado na cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil, 21°45'23" de latitude sul e 41°19'40" de longitude oeste e 14 metros em relação ao nível do mar.

Durante os anos de 2015 a 2017, animais da raça Santa Inês (n=38), machos (n=21) e fêmeas (n=17), com pesos médios inicial de 24,35±3,74 kg e 23,46±3,74 kg, respectivamente, foram estudados.

Os cordeiros receberam suplementação com ração concentrada em *creepfeeding* até o desmame. Após o desmame, ocorrido aos 90 dias de idade, os cordeiros foram encaminhados aos piquetes, sendo mantidos em regime de produção extensiva, baseada em pastagem de *Coastcross* (*Cynodondactylon* (L.) Pers), com acesso *ad libitum* água e sal mineral. Os animais permaneceram nesse sistema de criação e foram avaliados até os 300 dias de idade.

Clima

O clima da região onde os animais do estudo eram criados é classificado como tropical com inverno seco (Aw) de acordo com a classificação de Köppen.

Apresenta uma estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e uma estação seca no inverno de maio a outubro.

As variáveis ambientais de precipitação total, temperatura média máxima, temperatura média mínima e umidade relativa do ar, referentes ao local do experimento e durante os anos de experimento, foram obtidas dos dados históricos do *National Meteorological Institute* (INMET, n.d.) (Tabela 1).

Tabela 1. Precipitação total (PT), médias e desvio-padrão de temperatura máxima (TempMax), temperatura compensada (TempC) temperatura mínima (TempMin), umidade relativa (UR), nos anos de 2015 a 2017, na cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

Ano	PT (mm)	TempMax (°C)	TempC (°C)	TempMin (°C)	UR (%)
2015	809,4	30,85±2,84	25,26±2,31	21,60±2,22	74,60±4,42
2016	858,6	30,49±2,65	24,93±2,35	21,23±2,48	73,32±2,83
2017	844,32	30,42±2,22	24,9±2,12	20,84±2,58	72,65±2,71

Tomografia computadorizada (TC)

Em função da necessidade de procedimento anestésico para realização da TC, jejum sólido de 12 horas foi requerido. Os animais foram anestesiados, com utilização de cetamina (*Cetamin 10%*, *Syntec*[®]) na dose de 3 mg/kg e xilazina (*Xilazin 2%*, *Syntec*[®]) na dose de 0,1 mg/kg por via endovenosa. Após contenção e posicionamento dos animais em decúbito dorsal, realizou-se o escaneamento com um tomógrafo *LightsSpeed Helicoidal Multislice GE (GE LightSpeed, GE Medical Systems, Illinois, EUA. CT)*, os parâmetros do tomógrafo foram kV 100, mA 15, e foram realizados cortes a cada 4 mm. Cada exame tomográfico teve duração em torno de 10 minutos, do começo ao fim do escaneamento completo do corpo do animal.

Os escaneamentos e as pesagens (Balança Móvel para ovinos ITC mod. 602SM) foram realizados em quatro momentos de avaliação sendo: 90, 120, 180 e 300 dias de idade. As imagens foram estocadas em mídia externa para posterior processamento e análise.

Pré-processamento e leitura das imagens

O pré-processamento das imagens (Figura 1) foi realizado para retirada dos componentes de não carcaça. Em sequência, as imagens foram particionadas em ossos, músculo e gordura com a utilização do programa *ImageJ*[®] (version 1.37v, *National Institutes of Health*, Bethesda, MD, USA). Os pontos de discriminação da escala *Hounsfield* para os pixels foram: -253 a 2,3 para gordura, 2,4 a 164,3 para músculo e acima de 164,3 para osso (ANDERSON et al., 2015).

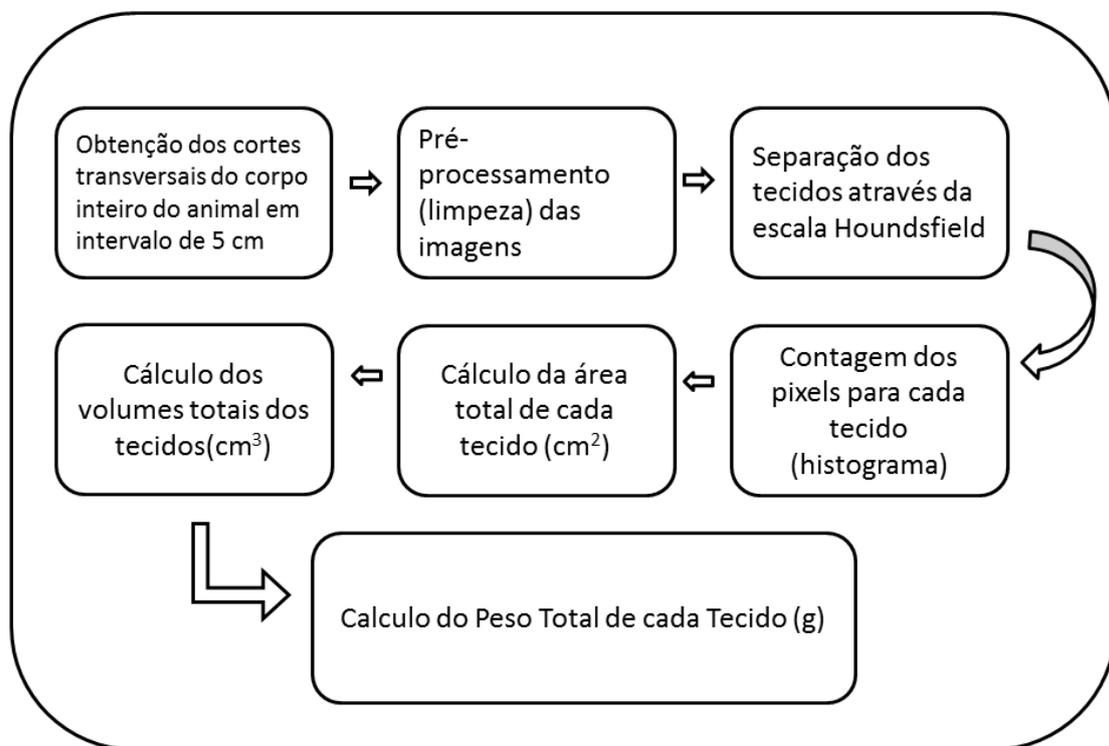


Figura 1. Fluxograma da análise tomográfica de carcaça

Estimativa de volume pelo método Cavalieri

Alternativamente à dissecação manual (Lambe *et al.*, 2007; Roberts *et al.*, 1993), realizou-se uma estimativa de volume do corpo total de uma parcela representativa dos animais (25%), através do método Cavalieri (GUNDERSEN et al.,

1988). Este método utiliza, aproximadamente, 20 a 25 imagens de cada animal (Figura 2) (dependendo do tamanho do animal) bi-dimensionais paralelas, tomadas entre 40 mm em todo o comprimento do corpo do animal, possibilitando um ótimo modelo para estimar a quantidade total dos tecidos do corpo (JOPSON et al., 1971).

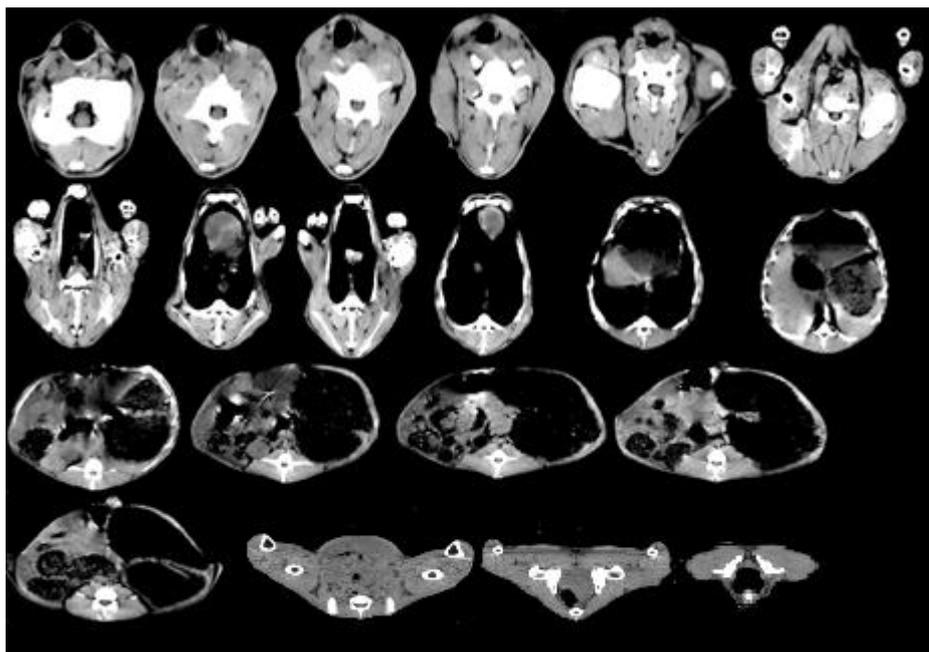


Figura 2. Cortes transversais com intervalos de 5 mm ao longo do corpo utilizado para avaliação através do método Cavalieri.

Para obtenção das áreas de cada tecido foi utilizada a contagem dos pixels caracterizados para cada corte, sendo determinada em centímetros quadrados. Os volumes totais de cada tecido (ossos, músculo e gordura) foram calculados através da multiplicação da área encontrada para cada tecido (cm^2), pela distância entre os cortes transversais (mm) (Equação 1, GUNDERSEN *et al.*, 1988).

Equação 1.

$$\text{volume (cm}^3\text{)} = \text{área total do tecido na carcaça (cm}^2\text{)} \times \text{distancia entre secções (cm)}$$

A partir do volume de cada componente, foi calculado o peso total, através da equação (Equação 2) proposta por Roberts *et al.*, (1993).

Equação 2.

$$massa(g) = \text{Volumedotecido (cm}^3) \times \text{mediadensidadedotecido (g/cm}^2)$$

O volume total foi transformado em peso (g) utilizando a densidade média de cada tecido (ROBERTS et al., 1993). A densidade de cada tecido foi calculada para todos os animais em cada região anatômica, em cada evento de avaliação (Equação 3).

Equação 3.

$$\text{Densidade} = HU \times 0,00106 + 1,0062$$

Os dados obtidos foram utilizados para compor as fórmulas de regressão para predição da composição corporal através do método de análise dos pontos de referência (Figura 3).

Análise através dos pontos de referência

Duas posições topográficas foram obtidas de todos os animais em cada exame tomográfico para identificação dos pontos de referência, separando-se as imagens da região torácica, lombar e do pernil. (Figura 3).

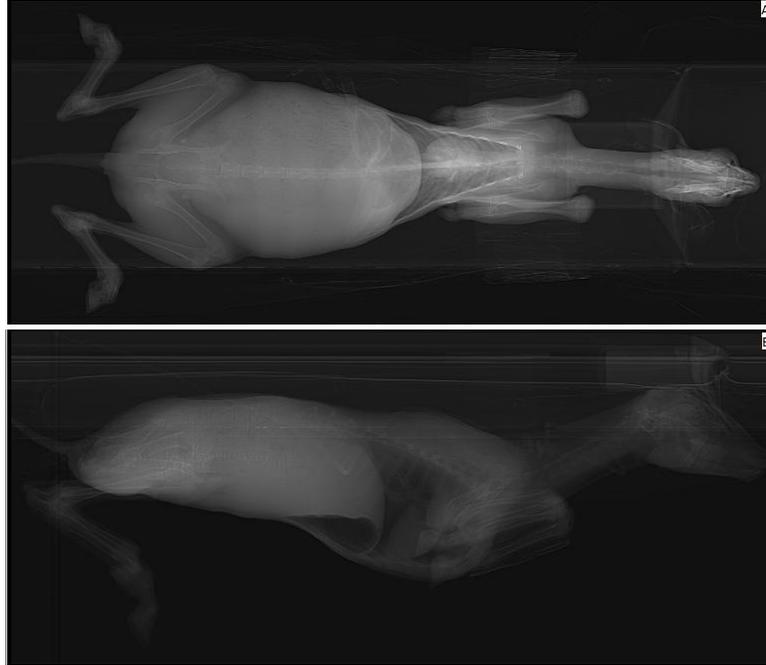


Figura 3. Topografias ventro-dorsal (A) e latero-lateral (B) de ovinos Santa Inês utilizados para identificação dos pontos de referência.

Os pontos de referência escolhidos foram a oitava vértebra torácica (VT8), a quinta vértebra lombar (VL5) e o final do osso do ísquio (ISQ) (Figura 4). Cada imagem foi processada para retirada dos componentes de não carcaça e artefatos, separando-se os pixels referentes a cada componente (gordura, ossos e músculo). Foram calculadas as densidades referentes aos diferentes componentes do corpo em cada exame. Nos mesmos pontos de referência foram tomadas medidas lineares do músculo e da gordura de cobertura. Os pontos de referência foram escolhidos por apresentarem bons resultados para predição dos pesos dos componentes corporais (CLELLAND et al., 2014; LAMBE et al., 2007; MATIKA et al., 2016).

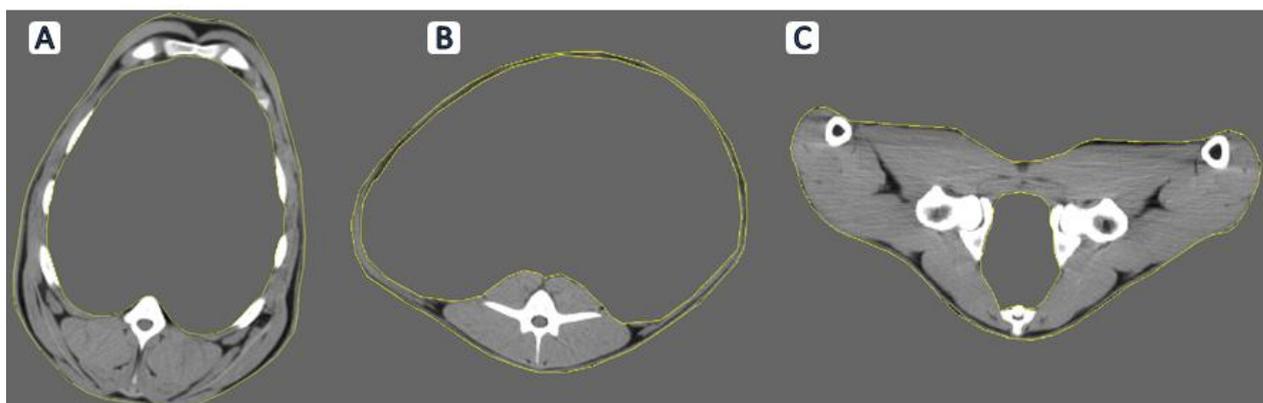


Figura 4. Pontos de referência para avaliação topográfica de ovinos por tomografia computadorizada. A: VT8 (oitava vértebra torácica); B: VL5 (quinta vértebra lombar); C: ISQ (ísqio).

Análise de regressão

A partir dos resultados obtidos pelo método Cavalieri foram sugeridas fórmulas de predição para o peso total de gordura (GPT), músculo (MPT) e osso (OPT). As equações de predição foram estudadas por intermédio de análises de regressão linear múltipla. A análise foi realizada através do método de máxima verossimilhança restrita (REML). As características medidas por tomografia foram incluídas nas equações até o ponto em que estas alcançassem o máximo valor de R^2 .

A partir dos resultados obtidos foram calculadas as proporções para gordura total da carcaça (%GT), proporção total de músculo na carcaça (%MT), proporção total do tecido ósseo na carcaça (%OT) e o peso total de carcaça medido por tomografia (PTC).

Análise estatística

Foi realizada a consistência análise de normalidade dos dados (PROC UNIVARIAT) e a estatística descritiva (PROC MEANS) e (médias, desvio-padrão e valor mínimo e máximo) de cada característica. Foi realizada a análise de variância (PROC GLM) para verificar o efeito do sexo e idade dos animais, além de interação simples entre os efeitos (SAS 9,2 *Institute, Carry, NC, USA*). Como não foi

encontrada interação de sexo por idade o modelo final inclui somente os efeitos fixos.

Resultados

Fórmulas de regressão estimadas pelo Método Cavalieri

Dentro de cada tecido, apenas áreas e densidades relacionadas a esse tecido, em cada local de exame, foram testadas quanto à significância na predição do peso total do tecido, a fim de manter as previsões independentes de cada tecido. Coeficientes de determinação (R^2) foram usados para comparar modelos e foram exibidos junto às equações, como um guia para julgar o ajuste da regressão aos dados (Tabela 2).

Tabela 2. Fórmulas de predição para o peso total de gordura, músculo e osso a partir dos resultados obtidos pelo método Cavalieri.

Tecido	Modelo	R²
Gordura	$G^{PT} = 1774,79 + (7,18 \cdot PV) + (74,74 \cdot T8_{AG}) + (-31,79 \cdot L5_{AG}) + (12,58 \cdot ISQ_{AG}) + (-1492,92 \cdot T8_{DG})$	0,90
Músculo	$M^{PT} = -7229,89 + (3,41 \cdot PV) + (-16,01 \cdot T8_{AM}) + (252,22 \cdot L5_{AM}) + (32,49 \cdot ISQ_{AM}) + (586,01 \cdot ISQ_{DM})$	0,81
Ossos	$O^{PT} = 11876 + (-2,31 \cdot PV) + (72,97 \cdot T8_{AO}) + (-48,38 \cdot L5_{AO}) + (11,27 \cdot L5_{AO}) + (11322 \cdot ISQ_{DO})$	0,81

PV= peso vivo, AG= área de gordura, DG = densidade de gordura, AM = área de músculo, DM = densidade de músculo, AO = área de osso, DO = densidade de osso. VT8- oitava vertebra torácica, VL5- quinta vertebra lombar, ISQ- isquio.

Peso e proporções estimados dos tecidos em função da idade

Como resultado da análise de variância foram encontradas diferenças devido a sexo e idade nas características estudadas ($p < 0,05$).

As médias e desvio-padrão das variáveis de osso, músculo e gordura medidos através da tomografia computadorizada e peso vivo em função da idade são mostrados na Tabela 3. Os animais mais jovens apresentaram as menores

médias de peso vivo ($24,05 \pm 3,6$ kg). Nas idades de 120 e 180 dias os pesos não diferiram entre si, e as maiores médias foram encontradas aos 300 dias ($33,11 \pm 5,40$ kg). A média de G^{PT} foi maior ($p < 0,05$) aos 300 dias ($2,74 \pm 0,99$ kg), e pesos mais baixos foram encontrados aos 90 ($1,88 \pm 0,88$ kg) e 120 dias ($1,91 \pm 0,83$ kg). No entanto não foi encontrada diferença para $\%G^T$ entre as idades avaliadas. As variáveis de peso e proporção do músculo não apresentaram diferenças entre as idades.

Tabela 3. Médias e desvio-padrão das variáveis de osso, músculo e gordura medidos através da tomografia computadorizada e peso vivo em função da idade.

Variável	90 dias	120 dias	180 dias	300 dias
PV (kg)	$24,05 \pm 3,6^C$	$26,58 \pm 4,09^B$	$28,88 \pm 4,46^B$	$33,11 \pm 5,40^A$
G^{PT} (kg)	$1,88 \pm 0,88^B$	$1,91 \pm 0,83^B$	$2,47 \pm 0,99^{BA}$	$2,74 \pm 0,99^A$
$\%G^T$	$12,08 \pm 4,02$	$11,87 \pm 4,2$	$13,85 \pm 4,07$	$14,24 \pm 3,89$
M^{PT} (kg)	$12,51 \pm 3,97$	$12,93 \pm 2,26$	$13,52 \pm 2,76$	$14,72 \pm 3,82$
$\%M^T$	$79,26 \pm 4,13$	$78,93 \pm 4,90$	$76,85 \pm 4,44$	$78,15 \pm 4,47$
O^{PT} (kg)	$1,30 \pm 0,35^B$	$1,47 \pm 0,20^{AB}$	$1,58 \pm 0,29^A$	$1,39 \pm 0,41^{AB}$
$\%O^T$ (cm ²)	$8,64 \pm 2,07$	$9,18 \pm 1,66$	$9,29 \pm 2,00$	$7,60 \pm 2,13$
$VT8^G$ (cm ²)	$16,05 \pm 12,26^C$	$20,17 \pm 15,58^{BC}$	$27,49 \pm 14,16^{AB}$	$32,99 \pm 14,60^A$
$VL5^G$ (cm ²)	$9,93 \pm 6,74^C$	$12,71 \pm 8,66^C$	$18,03 \pm 9,20^B$	$24,34 \pm 10,26^A$
ISQ^G (cm ²)	$45,71 \pm 20,25^{AB}$	$47,58 \pm 16,32^{AB}$	$55,12 \pm 17,96^{AB}$	$59,91 \pm 24,61^A$
$VT8^M$ (cm ²)	$60,15 \pm 13,18$	$61,21 \pm 12,12$	$62,86 \pm 8,66$	$65,63 \pm 8,56$
$VL5^M$ (cm ²)	$50,40 \pm 11,34$	$50,38 \pm 9,45$	$50,66 \pm 8,52$	$54,09 \pm 12,56$
ISQ^M (cm ²)	$190,34 \pm 46,06^B$	$201,25 \pm 37,54^{AB}$	$223,47 \pm 25,65^A$	$227,02 \pm 30,83^A$
$VT8^O$ (cm ²)	$16,73 \pm 4,71^B$	$18,24 \pm 2,77^{AB}$	$20,14 \pm 3,44^A$	$19,23 \pm 4,01^{AB}$
$VL5^O$ (cm ²)	$7,74 \pm 4,49$	$7,15 \pm 1,76$	$8,19 \pm 3,92$	$8,34 \pm 3,99$
ISQ^O (cm ²)	$28,67 \pm 8,18$	$28,74 \pm 8,65$	$29,00 \pm 6,53$	$23,74 \pm 8,38$

G^{PT} - Peso total de gordura, M^{PT} - Peso total de músculo, O^{PT} - Peso total de osso, $\%G^T$ - Proporção de gordura, $\%M^T$ - Proporção de músculo, $\%O^T$ - Proporção de ossos, PV- Peso vivo. VT8- oitava vértebra torácica, VL5- quinta vértebra lombar, ISQ- ísquio, ^O - ossos, ^M - músculo, ^G - gordura. Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha diferem, significativamente, no teste de Tuckey ($p < 0,05$).

Foi encontrada menor média de O^{PT} ($p > 0,05$) aos 90 dias ($1,30 \pm 0,35$ kg), e maiores valores aos 180 dias ($1,58 \pm 0,29$ kg). A média de $\%OT$ não apresentou diferença entre as idades.

A área de gordura aumentou de acordo com a idade em todos os pontos de referência avaliados. As médias encontradas para este tecido variaram de $16,05 \pm 12,26 \text{ cm}^2$ a $32,99 \pm 14,60 \text{ cm}^2$ na vt8, $9,93 \pm 6,74 \text{ cm}^2$ a $24,34 \pm 10,26 \text{ cm}^2$ na v15 e $45,71 \pm 20,25 \text{ cm}^2$ a $59,91 \pm 24,61 \text{ cm}^2$ no ISQ.

O único ponto de referência em que foi encontrada diferença na área do tecido muscular foi o ISQ, onde as médias variaram de $190,34 \pm 46,06 \text{ cm}^2$ aos 90 dias a $227,02 \pm 30,83 \text{ cm}^2$ aos 300 dias.

Peso e proporções estimados dos tecidos em função do sexo

Na Tabela 4 são mostradas as médias e desvio-padrão das variáveis de osso, músculo e gordura medidos através da tomografia computadorizada e peso vivo em função do sexo.

A média do PV foi superior nos machos ($27,26 \pm 5,59 \text{ kg}$) quando comparados às fêmeas ($24,56 \pm 4,69 \text{ kg}$). Nas fêmeas foi encontrada maior média de peso ($2,19 \pm 0,92 \text{ kg}$) e proporção ($13,56 \pm 3,82\%$) de gordura quando comparadas aos machos ($1,77 \pm 0,86 \text{ kg}$ e $10,73 \pm 3,86 \%$, respectivamente).

No entanto, as médias das proporções do tecido muscular e ósseo foram maiores nos machos, ($79,73 \pm 4,02\%$ e $9,53 \pm 1,82\%$, respectivamente) em relação às fêmeas ($77,30 \pm 4,39\%$ e $9,12 \pm 2,45\%$, respectivamente).

Foram encontradas maiores médias das áreas de gordura em fêmeas em todos os pontos de referência avaliados. Nos machos foram encontradas maiores médias para áreas de osso na VT8 ($18,92 \pm 3,95 \text{ cm}^2$) e ISQ ($30,85 \pm 7,42 \text{ cm}^2$). Não houve diferença entre as médias para as áreas de músculo em nenhum dos pontos avaliados.

Tabela 4. Médias e desvio-padrão das variáveis de osso, músculo e gordura medidos através da tomografia computadorizada e peso vivo em função do sexo.

Variável	Machos	Fêmeas
PV (kg)	27,26±5,59 ^A	24,56±4,69 ^B
G ^{PT} (kg)	1,77 ± 0,86 ^B	2,19 ± 0,92 ^A
%G ^T	10,73±3,86 ^B	13,56±3,82 ^A
M ^{PT} (kg)	13,05 ± 2,97	12,48 ± 3,37
%M ^T	79,73±4,02 ^A	77,30± 4,39 ^B
O ^{PT} (kg)	1,52 ± 0,298	1,39 ± 0,292
%O ^T	9,53 ± 1,82 ^A	9,12 ± 2,45 ^B
VT8 ^G (cm ²)	16,86±13,96 ^B	22,75±14,57 ^A
VL5 ^G (cm ²)	11,44±7,76 ^B	14,52±10,11 ^A
ISQ ^G (cm ²)	44,81±19,33 ^B	52,17±18,34 ^A
VT8 ^M (cm ²)	62,67±12,23	59,11±10,28
VL5 ^M (cm ²)	51,44±9,33	49,15±10,50
ISQ ^M (cm ²)	198,00±43,40	203,73±34,38
VT8 ^O (cm ²)	18,92±3,95 ^A	17,58±3,30 ^B
VL5 ^O (cm ²)	7,75±3,19	7,29±3,04
ISQ ^O (cm ²)	30,85±7,42 ^A	26,01±7,61 ^B

G^{PT}- Peso total de gordura, M^{PT}- Peso total de músculo, O^{PT}- Peso total de osso, %G^T- Proporção de gordura, %M^T- Proporção de músculo, %O^T- Proporção de ossos, PV- Peso vivo, VT8- oitava vértebra torácica, VL5- quinta vértebra lombar, ISQ- ísquio, ^O – ossos, ^M - músculo, ^G – gordura. Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem, significativamente, no teste de Tuckey (p<0,05)

Correlações

Em relação às correlações, foram encontradas magnitudes médias e altas entre os pesos e proporções de ossos, músculo e gordura (Tabela 5).

O peso do tecido muscular medido por tomografia obteve alta correlação com o peso total de carcaça (0,97), com o peso de gordura (0,51), e correlação média com a proporção de osso (-0,40).

As correlações entre o peso total da carcaça e o peso dos tecidos foram altas e significativas para GPT (0,68), MPT (0,97) e O^{PT} (0,44).

Tabela 5. Estimativa das correlações entre os pesos e proporções de ossos, músculo e gordura, medidos por tomografia computadorizada.

	G ^{PT}	M ^{PT}	O ^{PT}	PTC	%G ^T	%M ^T	%O ^T
G ^{PT}	-						
M ^{PT}	0,51**	-					
O ^{PT}	0,29*	0,36**	-				
PTC	0,68**	0,97**	0,44**	-			
%G ^T	0,84**	0,003 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,20*	-		
%M ^T	-0,56**	0,33**	-0,27*	0,11 ^{ns}	-0,86**	-	
%O ^T	-0,40**	-0,66**	0,39**	-0,60**	-0,09 ^{ns}	-0,41**	-

G^{PT}- Peso total de gordura, M^{PT}- Peso total de músculo, O^{PT}- Peso total de osso, %G^T- Proporção de gordura, %M^T- Proporção de músculo, %O^T- Proporção de ossos, PTC- Peso total de carcaça por tomografia computadorizada. ^{ns}: não significativo, * significativo (p<0,05), ** altamente significativo (p<0,001)

Na Tabela 6 são apresentados os coeficientes de correlações entre os pesos e proporções dos tecidos com o peso vivo em machos e fêmeas.

As correlações encontradas entre o peso vivo e os pesos de proporções de ossos, músculo e gordura foram médias e altas, e similares entre os sexos.

As correlações entre o PV e os tecidos de carcaça foram altas e significativas para G^{PT} (0,61 para machos e 0,73 para fêmeas) e M^{PT} (0,60 para machos e 0,70 para fêmeas).

As correlações entre o peso vivo e M^{PT} foram altas em machos e fêmeas, do mesmo modo, altas correlações foram encontradas entre o peso vivo e G^{PT}, para O^{PT} as correlações encontradas foram baixas.

Com relação às proporções dos tecidos, foram encontradas correlações de médias magnitude entre o PV e a %G^T e correlações altas e negativas entre o PV e a %O^T. A correlação entre o PV e %M^T não foi significativa, com valor próximo de zero.

Tabela 6. Estimativa das correlações entre os pesos e proporções dos tecidos e o peso vivo em machos e fêmeas.

	PV Machos	PV Fêmeas
G ^{PI}	0,61**	0,73**
%G ^I	0,41**	0,36*
M ^{PI}	0,60**	0,70**
%M ^I	-0,14 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
O ^{PI}	0,33*	0,23 ^{ns}
%O ^T	-0,52**	-0,50**
PTC	0,66**	0,77**

G^{PI}- Peso total de gordura, M^{PI}- Peso total de músculo, O^{PI}- Peso total de osso, %G^T- Proporção de gordura, %M^T- Proporção de músculo, %O^T- Proporção de ossos, PV- Peso vivo. PTC- Peso total de carcaça por tomografia computadorizada: ^{ns}: não significativo, * significativo (p<0,05), ** altamente significativo (p<0,001)

Discussão

A precipitação total na região durante os anos de experimento (Tabela 1) foi baixa, inferior às necessidades recomendadas para o *Cynodon dactylon*, essa forragem requer valores acima de 1000 mm/ano para se desenvolver satisfatoriamente (LUCCA et al., 2000). Os baixos índices pluviométricos podem levar ao baixo desenvolvimento da pastagem e, conseqüentemente, baixa produtividade.

O potencial adaptativo da raça Santa Inês ao sistema de produção extensivo é reconhecido e amplamente utilizado neste sistema (DAVID et al., 2012; ISSAKOWICZ et al., 2016; PEDROSA et al., 2010). Desse modo, a Santa Inês é de grande importância nacional, principalmente devido à sua resistência, capacidade de produção em condições adversas do clima (GARCIA et al., 2000), e seu potencial como linhagem materna para produção comercial (MALHADO et al., 2009).

Fórmulas de regressão estimadas pelo Método Cavalieri

O método Cavalieri foi utilizado como valor de referência para estimativa das equações de regressão, pois é uma metodologia que possui altas correlações com a dissecação manual, e permite a avaliação tomográfica de diferentes idades sem abater os animais (LAMBE et al., 2007).

As equações de predição estimadas (Tabela 2) para avaliar os pesos e proporções dos componentes de carcaça (osso, músculo e gordura) durante o crescimento dos animais alcançaram altos valores de R^2 , o que permitiu a avaliação do crescimento do animal utilizando a tomografia. Lambeet *al.*(2007), também, utilizaram o método Cavalieri como base para estimar os pesos dos componentes de carcaça de ovinos através de equações com os pontos de referência. Os autores estimaram as regressões para as raças *Texel* e *ScottishBlackface* e encontraram valores de R^2 superiores para todos os componentes, sendo 0,98 para gordura, 0,97 para músculo e 0,85 para osso na raça *Texel* e 0,98 para gordura, 0,96 para músculo e 0,87 para osso da raça *ScottishBlackface*.

O peso vivo foi a única variável externa à tomografia utilizada nas fórmulas de predição, pois ela tem o poder de aumentar o R^2 na predição dos componentes de carcaça (LAMBE et al., 2003).

Peso e proporções estimados dos tecidos em função da idade

Na avaliação do peso e proporções dos tecidos nas diferentes idades, foi observado em nosso estudo, nos ovinos Santa Inês, média de peso vivo que variou de 24,05 kg a 33,11 kg aos 90 e 300 dias, respectivamente (Tabela 3). Estes resultados foram superiores aos encontrados na literatura (MALHADO *et al.*, 2009; QUESADA *et al.*, 2002; SANTANA; COSTA; FONSECA, 2001), em ovinos da raça Santa Inês, criados no sistema extensivo e em regiões de clima semelhante.

A avaliação do volume dos tecidos corporais durante o crescimento pode ser realizada por várias técnicas, como ultrassonografia, pontuação subjetiva em animais vivos e dissecação em série de animais semelhantes, no entanto, em comparação com a tomografia computadorizada, esses métodos resultam em estimativas menos precisas da composição da carcaça (LAMBE ET AL., 2007).

A avaliação realizada através da tomografia computadorizada já é utilizada em alguns países em programas de seleção e produção de ovinos (ANDERSON et al., 2015; CLELLAND et al., 2014; KONGSRO et al., 2009), e pode fornecer previsões altamente precisas do peso dos tecidos da carcaça em ovinos, em terminação e crescimento (MACFARLANE et al., 2006, LAMBE et al., 2007), bem

como pesos e áreas de tecidos em diferentes partes da carcaça (KVAME et al., 2004).

Entretanto, este é o primeiro trabalho realizado no Brasil com tomografia computadorizada. Em nosso estudo, foram avaliados animais localmente adaptados e criados em sistema extensivo de produção. Além disso, estes são os primeiros resultados gerados de carcaça de ovinos Santa Inês por esta tecnologia.

Segundo CARABÚS et al. (2016), a avaliação do volume dos tecidos corporais pela tomografia computadorizada é a técnica mais precisa para avaliação da composição tecidual *in vivo* de ovinos, no entanto, o alto custo do aparelho de tomografia leva à baixa disponibilidade de equipamentos, o que dificulta a difusão desta tecnologia

Atualmente, no Brasil, ocorre pouco investimento em tecnologias que auxiliem o melhoramento genético de ovinos, por isso a baixa disponibilidade de aparelhos aliado ao alto investimento necessário para avaliação de carcaça através de tomografia inviabiliza a tecnologia para utilização comercial em programas de seleção. Além do custo com o aparelho e as instalações, ainda são necessários gastos com sedativos utilizados no momento do exame e utilização de técnicos treinados para avaliação tomográfica.

No entanto, o desenvolvimento desta tecnologia no país para fins científicos é importante, pois pode fornecer informações extraordinárias e acuradas sobre o desenvolvimento dos animais, e a comparação entre sexo, raça, e sistemas de produção, servindo como direcionamento para a cadeia produtiva.

A distribuição e deposição dos tecidos corporais é conhecida por mudar na medida em que ocorre o crescimento do animal (LAMBE et al., 2007). Deste modo, as mudanças corporais que ocorrem durante o crescimento foram estudadas através da avaliação da quantidade total dos tecidos da carcaça e, também, das alterações que ocorrem nas diferentes áreas do corpo, afim de fornecer informações sobre a dinâmica de crescimento. As áreas escolhidas representam um corte no quadril (Ísquio), um na região torácica (VT8) e um na região pélvica (VL5) para gerar informações em diferentes locais do corpo já que o crescimento dos tecidos ocorre de forma alométrica, e é influenciado por fatores genéticos, nutricionais e sexuais.

Nas medidas avaliadas por tomografia (Tabela 3) ocorreu aumento do peso total de gordura na carcaça e nas áreas de gordura em cada ponto de referência

concomitantemente com aumento da idade, corroborando o estudo realizado por LAMBE *et al.*, (2007). De acordo com Anderson *et al.* (2015), as diferenças encontradas nos exames tomográficos para a medição de gordura podem ocorrer devido aos fatores ambientais, nutricionais e de idade. As raças localmente adaptadas do Brasil apresentam baixa deposição de gordura na carcaça (MENEZES *et al.*, 2010), pois não foram submetidas a programas de melhoramento genético para esta característica (MCMANUS *et al.*, 2014).

Segundo MacFarlane *et al.* (2015), a tomografia computadorizada pode ser utilizada com precisão para avaliação da gordura corporal de ovinos, enquanto outras tecnologias como a ultrassonografia de carcaça medem apenas a gordura subcutânea, a tomografia pode ser utilizada para avaliação da gordura intermuscular, que geralmente ocorre em excesso na carcaça de ovinos, e diminui o valor da carcaça. Além disso, a tomografia permite a seleção de animais com menores proporções de gordura total no corpo, característica largamente buscada no mercado mundial (LEWIS E SIMM, 2002).

Não foi encontrada diferença no peso do músculo e da proporção de músculo entre as idades avaliadas, provavelmente pela transferência dos ovinos do *creepfeeding*, após o desmame, para o manejo extensivo, com baixa qualidade nutricional. O regime de produção extensiva geralmente resulta em animais com menor ganho de peso, menor peso ao abate e baixo crescimento muscular, quando comparado a sistemas de confinamento, com suplementação alimentar (OGINO *et al.*, 2015).

Apenas a área do músculo no corte do ísquio apresentou diferenças entre os 90 e 300 dias. Os tecidos corporais crescem de forma alométrica, sendo influenciados por uma gama de efeitos. Provavelmente, a única região em que foi visualizado crescimento muscular foi no quadril, devido ao desenvolvimento mais precoce desta região do corpo (LAMBE *et al.*, 2007).

A avaliação do tecido muscular através da tomografia computadorizada pode ser utilizada tanto para estimar o peso total do tecido, como para estimar o crescimento muscular nas diferentes partes do corpo. Segundo Bunger *et al.* (2011), estas informações têm potencial para serem utilizadas em programas de seleção para aumento de musculatura em regiões que representem cortes de alto valor comercial (traseiro e lombar).

Não foram encontradas diferenças entre o peso de osso e a proporção de osso nas idades avaliadas, provavelmente porque este tecido tem seu pico de crescimento durante a fase inicial do desenvolvimento dos animais, apresentando baixo crescimento após este período(ANDERSON et al., 2015).

A média da área do tecido ósseo observada no VL5 e no ISQ não apresentou diferenças, enquanto no VT8 apresentou diferença apenas entre os 90 e 180 dias. Segundo (KVAME et al., 2004), o tecido ósseo é o que menos varia na carcaça de ovinos em relação ao tecido muscular e de gordura, e dessa forma sofre mudanças sutis em função da idade. No entanto, no exame tomográfico, podem ocorrer algumas variações entre as avaliações do tecido ósseo, essa variação pode ocorrer devido ao posicionamento do animal no momento em que a imagem é registrada pelo tomógrafo, principalmente durante a avaliação pelo método Cavalieri (YOUNG et al., 1996). Devido à geração aleatória das imagens, algumas são retiradas em posições anatômicas exatamente em cima das vértebras, enquanto outras imagens podem ser registradas nos espaços entre as vértebras. Desse modo, a área de tecido ósseo pode sofrer variação dependendo da posição anatômica do animal, principalmente na região torácica, que possui grande proporção de ossos, e muitas vezes pode não haver uma associação óbvia entre idade e proporção de osso na carcaça (ANDERSON et al., 2015)

Peso e proporções estimados dos tecidos em função do sexo

Em relação às diferenças devido ao sexo (Tabela 4), o peso de gordura, a proporção de gordura e a área de gordura de todos os pontos de referência foram maiores nas fêmeas. A proporção de músculo, proporção de osso, área de osso no VT8 e no ISQ, e o peso vivo foram maiores nos machos. Não foram encontradas diferenças nas áreas do tecido muscular nos pontos de referência entre os sexos.

Os resultados corroboram os encontrados por Santos et al. (2015), que encontraram maiores proporções da gordura intramuscular (6,2%) e subcutânea (6,0%) em fêmeas quando comparadas a machos (4,4% e 4,22%, respectivamente). Em contrapartida foram encontradas maiores proporções de músculo em machos (62,7%) em relação as fêmeas (61,5%).

Como relatado em vários estudos, existem diferenças no crescimento e na deposição dos tecidos corporais em machos e fêmeas(JABOREK et al., 2018). Geralmente, quando comparados na mesma idade, animais machos têm como características maior velocidade de ganho de peso, produzem carcaças com menores proporções de gordura e maior proporção de músculo. As fêmeas são mais precoces na deposição de gordura corporal e possuem carcaças com menores proporções de músculos (WOLF; JONES; OWEN, 2017).

A maior proporção de ossos em machos também é uma característica fisiológica do crescimento, já que geralmente, nos machos ocorre maior crescimento ósseo do que nas fêmeas, principalmente em ossos longos(ROSA et al., 2002; SANTOS et al., 2015).

Nos animais machos do presente estudo foram encontradas maiores áreas ósseas na região torácica, esse resultado foi similar ao encontrado por Anderson et al. (2015), segundo os autores essa diferença provavelmente ocorre devido à necessidade de aumento ósseo na região anterior do corpo, pela necessidade de comportamento mais dominante nos machos

Correlações

O estudo das correlações entre as características de carcaça e o peso vivo, ou com peso de carcaça, é importante, pois, torna possível a avaliação dos componentes da carcaça (osso, músculo e gordura) sem a necessidade da utilização de análises mais difíceis e complexas. A partir dos dados de peso corporal ou da carcaça do animal é possível estimar a composição regional, tecidual e química da carcaça(ESTEVES et al., 2010). Geralmente, quando ocorre aumento do peso corporal, ocorre o incremento do peso muscular e de gordura, aumentando a área de olho de lombo, a conformação e compacidade de carcaça(OSÓRIO *et al.*, 2012). O peso do tecido muscular medido por tomografia obteve alta correlação com o peso total de carcaça (0,97), com o peso de gordura (0,51), e correlação média com a proporção de osso (-0,40), mostrando que esta medida pode ser utilizada para avaliar os tecidos e o peso total da carcaça (Tabela 5).

As correlações observadas foram inferiores às descritas por Lambe et al., 2007, que encontraram correlação de 0,73 entre peso de gordura e peso de

músculo, 0,73 entre peso de gordura e peso de ossos e 0,91 entre peso de músculo e peso de ossos.

A correlação alta e negativa encontrada entre o peso do tecido muscular e a proporção de osso, possivelmente ocorreu com o aumento do peso, durante a fase de crescimento a proporção de ossos tendem a diminuir, frente ao crescimento do tecido muscular (PAULINO et al., 2009).

As correlações médias e altas entre peso vivo com gordura, músculo e ossos, avaliados pela tomografia (Tabela 6), similares entre machos e fêmeas, indicam que para ambos os sexos o peso vivo pode ser utilizado para melhoria das características de carcaça.

Conclusão

Em conclusão, a tomografia computadorizada permitiu a avaliação dos pesos e proporções dos tecidos de carcaça de ovinos Santa Inês vivos, e foi eficiente em detectar as mudanças que ocorrem no corpo dos animais durante a fase de crescimento, além de detectar as diferenças na composição tecidual da carcaça de machos e fêmeas.

A utilização dessa tecnologia é eficiente na avaliação de ovinos vivos, mas a pouca disponibilidade de equipamentos e alto custo de análise tornam a utilização da tomografia computadorizada um desafio.

Referências

ANDERSON, F. et al. Sire carcass breeding values affect body composition in lambs - 1. Effects on lean weight and its distribution within the carcass as measured by computed tomography. **Meat Science**, v. 108, p. 145–154, 2015.

ANDERSON, F.; PETHICK, D. W.; GARDNER, G. E. The correlation of intramuscular fat content between muscles of the lamb carcass and the use of computed tomography to predict intramuscular fat percentage in lambs. **Animal**, v. FirstView, p. 1–11, 2015.

ANDERSON, N. Castration on calves. **Fact Sheet**, v. 29, n. 7, p. 420–426, 2007.

BÜNGER, L. et al. Use of X-Ray Computed Tomography (CT) in UK Sheep Production and Breeding. **CT Scanning-Techniques and Applications**, p. 329–348, 2011.

CLELLAND, N. et al. Prediction of intramuscular fat levels in Texel lamb loins using X-ray computed tomography scanning. **Meat Science**, v. 98, n. 2, p. 1–9, 2014.

CLELLAND, N. et al. Prediction of intramuscular fat content and shear force in Texel lamb loins using combinations of different X-ray computed tomography (CT) scanning techniques. **Meat Science**, v. 140, n. March 2017, p. 78–85, 2018.

COSTA, R. L. D. et al. Morphometric Indices in Santa Ines Sheep Morphometric Indices in Santa Ines Sheep. n. December, 2014.

DAUMAS, G.; MONZIOLS, M. An accurate and simple Computed Tomography approach for measuring the lean meat percentage of pig cuts. n. 1249, p. 2009–2012, 2011.

DAVID, C. M. G. et al. Padrão hematológico de cordeiros da raça santa inês criados sob manejo semi-extensivo na região oeste do estado de são paulo 1. **Boletim de Indústria Animal**, v. 15, n. 69, p. 79–84, 2012.

EIRIKSSON, J. H.; SIGURDSSON, Á. Sources of bias , genetic trend and changes in genetic correlation in carcass and ultrasound traits in the icelandic sheep population. v. 30, p. 3–12, 2017.

ESTEVES, R. M. G. et al. in vivo and carcass evaluation and determinant factors on the understanding of the lamb meat food chain. p. 101–108, 2010.

GANGSEI, L. E.; KONGSRO, J. Automatic segmentation of Computed Tomography (CT) images of domestic pig skeleton using a 3D expansion of Dijkstra ' s algorithm. **Computers and electronics in agriculture**, v. 121, p. 191–194, 2016.

GARCIA, I. F. F. et al. Desempenho de Cordeiros Texel x Bergamácia , Texel x Santa Inês e Santa Inês Puros , Terminados em Confinamento , Alimentados com Casca de Café como Parte da Dieta 1 Performance of Texel x Bergamácia , Texel x Santa Inês and Purebred Santa Inês Lambs , Fi. v. 29, n. 2, p. 564–572, 2000.

GERALDO, A. T. et al. Avaliação das características de carcaça de ovinos santa inês com auxílio de ultrassonografia e tomografia computadorizada. **Actas Iberoamericanas en Conservación Animal**, v. 7, p. 37–43, 2016.

GRILL, L. et al. Evaluation of ultrasound scanning to predict carcass composition of Austrian meat sheep. **Small Ruminant Research**, v. 123, n. 2, p. 260–268, 2015.

GUNDERSEN, G. et al. Some new , simple and efficient stereological methods and their use in pathological research and diagnosis. p. 379–394, 1988.

ISSAKOWICZ, J. et al. Parasitic infection, reproductive and productive performance from Santa Inês and Morada Nova ewes. **Small Ruminant Research**, v. 136, p. 96–103, 2016.

JABOREK, J. R. et al. Effect of energy source and level, and sex on growth, performance, and carcass characteristics of long-fed lambs. **Small Ruminant**

Research, v. 167, p. 61–69, 2018.

JOPSON, N. B. et al. Computed Tomography as an accurate and cost effective alternative to carcass dissection. **Proc. Amt. Assoc. Anim. Breed. Genet.**, v. 11, p. 503–509, 1971.

KONGSRO, J. et al. Prediction of fat, muscle and value in Norwegian lamb carcasses using EUROP classification, carcass shape and length measurements, visible light reflectance and computer tomography (CT). **Meat Science**, v. 81, n. 1, p. 102–107, 2009.

KVAME, T. et al. Economic benefits in selection for weight and composition of lamb cuts predicted by computer tomography. v. 90, p. 123–133, 2004.

KVAME, T.; VANGEN, O. Selection for lean weight based on ultrasound and CT in a meat line of sheep. **Livestock Science**, v. 106, n. 2–3, p. 232–242, 2007.

LAMBE, N. R. et al. Changes in carcass traits during growth in lambs of two contrasting breeds, measured using computer tomography. **Livestock Science**, v. 107, n. 1, p. 37–52, 2007.

LUCCA, L. S. et al. **desempenho de espécies forrageiras de estação quente (cynodons) no ciclo de produção 2015 – 2016**. XXIV Seminário de Iniciação Científica. **Anais...**2000

MACFARLANE, J. M. et al. Predicting carcass composition of terminal sire sheep using X-ray computed tomography. **Animal Science-Glasgow Then Penicuik-**, v. 82, n. 3, p. 289, 2006.

MALHADO, C. H. M. et al. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds , Morada Nova , Rabo Largo , and Santa Inês. v. 84, p. 16–21, 2009.

MATIKA, O. et al. Genome-wide association reveals QTL for growth, bone and in vivo carcass traits as assessed by computed tomography in Scottish Blackface lambs. **Genetics Selection Evolution**, v. 48, n. 1, p. 11, 2016.

MCMANUS, C. et al. Geographical distribution of sheep breeds in Brazil and their relationship with climatic and environmental factors as risk classification for conservation. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 1, n. 1, p. 3, 2014.

MENEZES, L. F. DE O. et al. performance of supplemented santa inês sheep in three grasses grazed during the dry season Menezes,. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 226, p. 299–302, 2010.

NAVAJAS, E. A. et al. Accuracy of in vivo muscularity indices measured by computed tomography and their association with carcass quality in lambs. **Meat Science**, v. 75, n. 3, p. 533–542, 2007.

NAVAJAS, E. A. et al. Assessing beef carcass tissue weights using computed tomography spirals of primal cuts. **Meat Science**, v. 84, n. 1, p. 30–38, 2010.

OGINO, A. et al. Environmental impacts of extensive and intensive beef production systems in 5 Thailand evaluated by life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, 2015.

OLSEN, E. V.; CHRISTENSEN, L. B.; NIELSEN, D. B. A review of computed tomography and manual dissection for calibration of devices for pig carcass classification - Evaluation of uncertainty. **Meat Science**, v. 123, p. 35–44, 2017.

OSÓRIO, J. C. DA S. et al. Critérios para abate do animal e a qualidade da carne. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 18, p. 433–443, 2012.

PEDROSA, V. B. et al. Population structure and inbreeding effects on growth traits of Santa Inês sheep in Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 93, n. 2–3, p. 135–139, 2010.

QUESADA, M. et al. Efeitos Genéticos e Fenotípicos sobre Características de Produção e Reprodução de Ovinos Deslanados no Distrito Federal Estimation of Genetic and Phenotypic Parameters for Brazilian Hair Sheep in Central Brazil. v. 2002, p. 342–349, 2002.

ROBERTS, N. et al. Unbiased estimation of human body composition by the Cavalieri method using magnetic resonance imaging. **Journal of Microscopy**, v. 171, n. 3, p. 239–253, 1993.

ROSA, G. T. DA et al. Composição tecidual da carcaça e de seus cortes e crescimento alométrico do osso , músculo e gordura da carcaça de cordeiros da raça texel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1107–1111, 2002.

SANTANA, A. F.; COSTA, G. B.; FONSECA, L. S. Correlations between body and measures weight in young sheep of breed Santa Inês. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 1, n. 3, p. 74–77, 2001.

SANTOS, V. A. C. et al. The effect of carcass weight and sex on carcass composition and meat quality of “Cordeiro Mirandês”-Protected designation of origin lambs. **Small Ruminant Research**, v. 130, p. 136–140, 2015.

SCHOLZ, A. M. et al. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review. **Animal**, v. 9, n. 7, p. 1250–1264, 2015.

WOLF, B. T.; JONES, D. A.; OWEN, M. G. Carcass composition , conformation and muscularity in Texel lambs of different breeding history , sex and leg shape score. **Animal Science**, n. May, p. 465–475, 2017.

Capítulo 3. Estimativa das correlações de medidas ultrassonográficas de carcaça e componentes físico-químicos da carne de cordeiros

Resumo

O objetivo desse trabalho foi estudar as correlações das medidas ultrassonográficas com os componentes físico-químicos da carcaça, medidas de rendimento e cortes cárneos de ovinos da raça Santa Inês com idade média de 12 meses. Foram utilizados 7 animais machos da raça Santa Inês, com peso médio $26,87 \pm 4,6$ kg. Foi realizada a avaliação ultrassonográfica de carcaça para medição de área de olho de lombo (USaol), profundidade do lombo (USprof), comprimento do lombo (UScomp) e espessura de gordura subcutânea (USeg). Após o abate, os cortes cárneos foram pesados, e foi calculado o rendimento de carcaça (%RC). A 12^a costela dos animais do lado esquerdo foi separada da carcaça e dissecada, em seguida foram separados e pesados separadamente os ossos (%O), músculo (%M) e gordura (%G). Os componentes foram reagrupados, moídos e submetidos à avaliação centesimal. Foram estipuladas as proporções de proteína (PT), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e umidade (UMI). Foram calculadas as médias e desvios-padrão das características e a correlação de Pearson. Correlações significativas e favoráveis de alta amplitude ($P < 0,05$) foram encontradas entre as medidas de ultrassom (USaol, USprof, USeg) e os pesos dos cortes cárneos. À medida que apresentou menor correlação com os cortes cárneos foi UScomp foram encontradas correlações favoráveis ($P < 0,05$) entre M% e as medidas de USprof (0,83), USaol (0,81) e USeg (0,89). A correlação ($P < 0,05$) entre %OS foi negativa e favorável entre USprof (-0,83) e USaol -(0,75). USeg apresentou correlação ($P < 0,05$) com %RC (0,84). As correlações favoráveis encontradas neste trabalho indicam que a ultrassonografia é uma técnica eficiente na avaliação dos componentes de carcaça de ovinos da raça Santa Inês.

Palavras chave: Carne, gordura, ossos, ovino, ultrassom.

Estimative of correlations of ultrasonograph carcass measurements and physical-chemical components of sheep meat

Abstract

The objective of this study was to study the correlations of ultrasound measurements with carcass physicochemical components, yield measurements and meat cuts of Santa Inês sheep with a mean age of 12 months. Seven Santa Inês male animals weighing 26.87 ± 4.6 kg were used. Ultrasound evaluation of carcass for measurement of loin eye area (USaol), Depth of loin (USprof), length of loin (UScomp) and subcutaneous fat thickness (USeg) was performed. After slaughter, the meat cuts were weighed, and the carcass yield (% RC) was calculated. The 12th rib of the animals on the left side was separated from the carcass and dissected, then the bones (% O) and fat (% G) were separated and weighed separately. The components were regrouped, milled and subjected to centesimal evaluation. The proportions of protein (PT), ethereal extract (EE), mineral matter (MM) and humidity (UMI) were stipulated. The means and standard deviation of the characteristics and the Pearson correlation were calculated. Significant and favorable high amplitude correlations ($P < 0.05$) were found between the ultrasound measurements (USaol, USprof, USeg) and the weight of the meat cuts as it presented the lowest correlation with the meat cuts was UScomp. Favorable correlations ($P < 0.05$) were found between M% and USprof (0.83), USaol (0.81) and USeg (0.89). The correlation ($P < 0.05$) between % OS was negative and favorable between USprof (-0.83) and USaol - (0.75). USeg presented correlation ($P < 0.05$) with % CR (0.84). The favorable correlations found in this study would indicate that ultrasonography is an efficient technique in the evaluation of carcass components of Santa Inês sheep.

Key-words: Bone, fat, meat, ultrasound, sheep.

Introdução

Como a carne é a principal fonte de proteína para alimentação humana, a avaliação da composição da carcaça dos animais pode gerar informações relevantes para comercialização da mesma, já que as variáveis estudadas podem estar relacionadas com a qualidade e o rendimento do produto final (SOUZA et al., 2007).

A tendência do mercado atual, voltado para carnes de melhor qualidade, e a presença de consumidores dispostos a pagar mais por qualidade, aumentam a necessidade de se utilizar tecnologias modernas para analisar as características qualitativas e sensoriais da carne (MACIEL et al., 2011). Várias características têm influência na qualidade da carne e da carcaça dos ovinos, entre elas sexo, peso, nutrição e idade.

Os tecidos básicos que compõem a carcaça (músculo, osso e gordura) são fundamentais para a determinação da qualidade da carcaça e dos seus cortes (OSÓRIO et al., 2012). Para avaliar a composição tecidual da carcaça, a técnica mais utilizada é a dissecação dos componentes básicos do corpo do animal, mas essa técnica é extremamente lenta e onerosa, além de ser necessário o descarte da carcaça. Um método alternativo para avaliação da composição tecidual para evitar a dissecação completa da carcaça é a dissecação e análise química da 12^a costela, que proporciona agilidade no processamento das amostras, devido à menor demanda de tecidos para avaliação, além de apresentar correlação com os componentes da carcaça (MENEZES et al., 2008).

No entanto, essas avaliações só podem ser realizadas após o abate dos animais. Por isso, a ultrassonografia em tempo real (UTR) é uma ferramenta largamente utilizada para avaliação *in vivo* da carcaça de animais destinados ao abate ou em programas de seleção, pois é uma tecnologia barata e rápida que representa bons resultados quando compara às mesmas medidas realizadas na carcaça (músculo *Longíssimos dorsi*) (GRILL et al., 2015).

A dissecação e análise físico química do músculo *Longíssimos dorsi* na 12^a costela já foi utilizada para predição da composição em ovinos da raça Texel (MENEZES et al., 2015) e análise de desempenho e características de carcaça em ovinos Santa Inês (LOUVANDINI et al., 2006). Entretanto, as correlações entre as

medidas ultrassonográficas, composição físico-química na 12^a costela e os componentes de carcaça ainda não foram estudadas em ovinos.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi estimar os coeficientes de correlação de Pearson das medidas ultrassonográficas na avaliação dos componentes físico-químicos da carcaça, suas medidas de rendimento e cortes cárneos de ovinos da raça Santa Inês.

Material e métodos

Animais e instalações

O experimento foi aprovado pela comissão de ética de uso de animais (CEUA-UENF), protocolo 317/2015.

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos Dos Goytacazes-RJ. Foram utilizados 7 machos da raça Santa Inês, com 12 meses de idade. Os animais foram criados em regime extensivo, sendo alimentados com pastagens de “*coast-cross*” (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), tendo acesso ilimitado à água e sal mineral.

Avaliação da carcaça

No dia anterior ao abate os animais passaram por exame ultrassonográfico de carcaça. Para tal foi realizada tricotomia na região entre a 12^a e 13^a costela, sobre o músculo *Longissimus dorsi*. Foram tomadas as medidas em centímetros da área-de-olho de lombo (USaol), comprimento do músculo (UScomp), profundidade do músculo (USprof) e espessura de gordura subcutânea (USeg).

Foi realizado jejum de 12 horas, e após esse período os animais foram pesados, e realizado o abate, seguindo os requisitos básicos de boas práticas e higiene. Ao final do abate as carcaças foram pesadas quentes (PCQ) estocadas em câmara fria para realização do *rigor mortis* e após 12 horas foi registrado o peso de carcaça fria (PCF).

As avaliações subjetivas de conformação e cobertura de gordura da carcaça foram realizadas através da metodologia proposta por Cunha et al. (2007), onde

notas de 1 a 5 foram atribuídas às características, sendo 1 carcaça pobre e desprovida de gordura e 5 carcaças excessivamente gordas.

Para a obtenção do peso dos cortes cárneos, a meia carcaça esquerda foi seccionada da seguinte forma: Pescoço (referente às sete vértebras cervicais, efetuando um corte oblíquo entre a sétima cervical e a primeira torácica); Carré (1ª divisão da costeleta, entre a 6ª e 13ª vértebra torácica e 2ª divisão da costeleta, entre a 1ª e 5ª vértebras torácicas); Paleta (compreende a região que tem como base anatômica a escápula, o úmero, a ulna, o rádio e o carpo); Costela (compreende a região localizada entre a 1ª e 12ª costelas, separadas dos carrés pela linha paralela à coluna vertebral, que tem como referência a articulação das costelas e externo); Fralda (região anatômica da parede abdominal); Lombo (corte entre a última vértebra torácica e a primeira lombar e outro entre a última lombar e a primeira sacral, que inclui o músculo *Longissimus dorsi*, *psoas* e as vértebras correspondentes); e Pernil (seccionado na última lombar).

O músculo *Longissimus thoracis et lumborum*, na altura da 12ª costela foi fotografado juntamente com escala e, posteriormente, foram realizadas as medidas em centímetros de área de olho de lombo (AOL), profundidade (PROF), comprimento (COMP) e espessura de gordura subcutânea (EG), com a utilização do programa Imagej®.

Análises físico-químicas

Para as análises físico-químicas foi retirada a secção da 12ª costela da carcaça onde foram dissecados e pesados os componentes (músculos, gorduras e ossos), e realizado o cálculo da porcentagem de músculos, gordura e ossos conforme equação 1 segundo a metodologia proposta por Menezes et al. (2008).

Equação 1. Cálculo dos componentes:

$$\text{Componentes (Músculo, gordura e osso) (\%)} = \left(\frac{\text{Kg do componente}}{\text{Kg 12ª costela}} \right) \times 100$$

Todos os constituintes foram re-agrupados e levados à estufa (65°C) durante 72 horas para análise dos teores de matéria seca (MS). Os componentes foram moídos e realizadas as análises dos teores de umidade (secagem direta em estufa a

105°C), cinzas (resíduo por incineração em mufla a 550°C), proteínas (Método de Kjeldahl clássico), lipídios (extração direta em Soxhlet) e o teor de extrato não nitrogenado determinado por diferença em relação aos demais parâmetros. As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata e segundo a metodologia descrita por Cecchi (1999) e Association of official Analytical Chemists – AOAC (2000).

Análise estatística

Foram calculadas as médias e desvios-padrão das características pelo procedimento PROC MEANS do SAS[®] 9,2 software (SAS Inst., INC; Cary, NC) e estimados os coeficientes de correlação de Pearson pelo procedimento PROC CORR do SAS[®] 9,2 software (SAS Inst., INC; Cary, NC) entre as medidas ultrassonográficas e medidas realizadas na carcaça, entre medidas ultrassonográficas e cortes cárneos, entre as medidas de ultrassonográficas, pesos e rendimento de carcaça e entre as medidas de ultrassonográficas e os componentes da análise físico-química da 12^o costela.

Resultados

As médias e desvio-padrão das medidas ultrassonográficas e do peso dos animais são apresentadas na Tabela 1. As medidas realizadas por ultrassonografia no músculo *Longissimus thoracis et lumborum*, apresentaram médias de 4,98±1,37cm para USaol, 1,66±0,31cm para USprof, 4,0±0,42cm para UScomp e 0,80± 0,22cm para USegs. A média do peso dos animais ao abate foi de 26,87±4,65 kg.

Tabela 1. Médias e desvio padrão médias e desvio-padrão das medidas ultrassonográficas e do peso de ovinos Santa Inês

Variável	Média
USaol (cm ²)	4,98±1,37
UScomp (cm)	4,00±0,42
USprof (cm)	1,66±0,31
USeg (cm)	0,80±0,22
Peso (kg)	26,87±4,65
PCQ (kg)	10,85±2,32

USaol: área de olho de lombo medida por ultrassom. UScomp: comprimento medido por ultrassom. USprof: profundidade medida por ultrassom. USeg: espessura de gordura subcutânea medida por ultrassom. PCQ: peso de carcaça quente.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e desvio padrão dos pesos dos cortes, da avaliação subjetiva de carcaça e rendimento. O peso obtido na carcaça fria obteve média de 10,81±2,32 kg e o rendimento de carcaça foi de 40,23% ± 3,26. As medições realizadas na carcaça obtiveram médias de 11,31±2,90 para AOL, 3,12±0,74 para PROF 4,53±0,74 para COMP e 1,02±0,68 para EG. Para avaliação subjetiva da carcaça foram encontradas médias de 1,42±0,35 para conformação e 1,29±0,39 para cobertura de gordura.

Tabela 2. Médias e desvio padrão para pesos dos cortes, avaliação subjetiva de carcaça e rendimento de carcaça de ovinos Santa Inês.

Variável	Média± Desvio padrão
PCF (kg)	10,81±2,32
RC (%)	40,23±3,26
Conformação	1,42±0,35
CG	1,29±0,39
Paleta (kg)	1,11±0,21
Pernil (kg)	1,83±0,35
Costela (kg)	0,54±0,12
Fralda (kg)	0,27±0,05
Pescoço (kg)	0,47±0,17
Lombo (kg)	0,34±0,09
Carré (kg)	0,82±0,31
File (kg)	0,09±0,12
AOL (cm ²)	11,31±2,9
COMP (cm)	4,53±2,04
PROF (cm)	3,12±0,74
EG (cm)	1,02±0,68

PCF: peso de carcaça fria. RC: rendimento de carcaça. CG: cobertura de gordura. AOL: Área de olho de Lombo. COMP: Comprimento do músculo. PROF: profundidade do músculo. EGS: Espessura de gordura subcutânea.

Na Tabela 3 são apresentadas as médias da dissecação e análise físico-química na 12^a costela. As médias da disseção na 12^a costela foram de 53,72±8,69 para músculo, 14,39±2,76 para gordura e 14,39 ± 8,82 para ossos. Na análise físico-química dos componentes na 12^a costela foram encontradas proporções de 65,98±4,24% para PB, 7,46±2,59% para lipídeos e 25,43 ± 4,36 % para MM.

Tabela 3. Médias e desvio padrão da dissecação e análise físico-química da 12^a costela de ovinos Santa Inês.

Variável	Média±Desvio padrão
%M	53,72±8,69
%OS	31,89±8,82
%G	14,39±2,76
PB%	65,98±4,24
EE%	7,46±2,59
MM%	25,43±4,36

%M: porcentagem de músculo na dissecação da 12^o costela. %OS: porcentagem de ossos na dissecação da 12^o costela. %G porcentagem de gordura na dissecação da 12^o costela. PB: proteína bruta. EE: extrato etéreo. MM: matéria mineral

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as medidas ultrassonográficas e medidas realizadas na caraça estão na Tabela 4.

Foram encontradas altas correlações entre USAol e AOL (0,56) e entre USAol PROF (90). Para a variável USprof as correlações também foram altas e favoráveis ($P < 0,05$) com USAol (0,95) e PROF (0,84).

Tabela 4. Correlações de Pearson entre as medidas ultrassonográficas e medidas realizadas na carcaça de ovinos Santa Inês.

	Peso	USprof	USaol	USeg	UScomp	PROF	AOL	COMP	EGS
Peso	-								
USprof	0,82	-							
USaol	0,77	0,95*	-						
USeg	0,49	0,74	0,66	-					
UScomp	0,50	0,72	0,85*	0,26	-				
PROF	0,62	0,84*	0,90*	0,52	0,89*	-			
AOL	0,57	0,63	0,56	0,45	0,53	0,63	-		
COMP	-0,07	-0,42	-0,47	-0,75*	-0,25	-0,46	0,01	-	
EGS	-0,39	-0,07	-0,24	0,24	-0,28	0,08	0,50	-0,19	-

* $P < 0,05$). USprof: profundidade do músculo medido por ultrassom. USaol: área de olho de lombo medida por ultrassom. USeg: Espessura de gordura medida por ultrassom. UScomp: comprimento medido por ultrassom. PROF: profundidade do músculo, AOL: área de olho de lombo, COMP: comprimento do músculo. EGS: espessura de gordura subcutânea, %RC: rendimento de carcaça.

As correlações de Pearson para as medidas de ultrassom e os cortes cárneos são mostrados na Tabela 5. As correlações entre as medidas ultrassonográficas e os cortes cárneos foram, em sua maioria, médias e altas, sendo que as maiores magnitudes foram encontradas para USaol e USprof. O corte do filé mignon foi o único a apresentar baixas correlações com as medidas ultrassonográficas.

Tabela 5. Coeficientes de Correlações de Pearson para as medidas ultrassonográficas e cortes cárneos de ovinos Santa Inês

	Paleta	Pernil	Costela	Fralda	Pescoço	Lombo	Carré	Filé
USprof	0,91*	0,95*	0,97*	0,85*	0,81*	0,99**	0,68*	0,00
USaol	0,87*	0,92*	0,95*	0,78*	0,77*	0,91*	0,62*	0,24
USeg	0,75*	0,81*	0,73*	0,53	0,37	0,81*	0,78*	-0,26
UScomp	0,57	0,63	0,70	0,74*	0,66	0,63	0,21	0,43

P<0,05. **P<0,001. USprof: profundidade do músculo medido por ultrassom. USaol: área de olho de lombo medida por ultrassom. USeg: Espessura de gordura medida por ultrassom. UScomp: comprimento medido por ultrassom.

As estimativas de correlações de Pearson entre as medidas de ultrassom, pesos e rendimento de carcaça são apresentadas na Tabela 6. As correlações de USaol e USprof com medidas de rendimento e pesos de carcaça foram todas de alta magnitude. As correlações entre as medidas ultrassonográficas (USaol, USprof, USeg e UScomp) e PCF e PCQ foram todas positivas e de alta magnitude. USeg foi a medida tomográfica que apresentou maior correlação com %RC (0,84).

Tabela 6. Correlações de Pearson entre as medidas de ultrassom, pesos e rendimento de carcaça de ovinos Santa Inês.

	USprof	USaol	USeg	UScomp	CQ	CF	%RC
USprof	-						
USaol	0,95*	-					
USeg	0,74	0,66	-				
UScomp	0,72	0,85*	0,26	-			
CQ	0,93*	0,90*	0,70	0,60	-		
CF	0,94*	0,92*	0,74*	0,62	0,99	-	
%RC	0,69	0,73	0,84*	0,55	0,56	0,62	-

*P<0,05. USprof: profundidade do músculo medido por ultrassom. USaol: área de olho de lombo medida por ultrassom. USeg: Espessura de gordura medida por

ultrassom. UScomp, CQ: Peso de carcaça quente, CF: Peso de carcaça fria. %RC: rendimento de carcaça.

Os coeficientes de correlações de Pearson entre os componentes da análise físico-química na 12° costela e medidas de ultrassom estão expressas na Tabela 7.

Para a variável %M foram encontradas as correlações favoráveis de alta magnitude ($P < 0,05$) com %OS (-0,95) e MM (-0,93). Para %OS a única correlação positiva foi com a MM (0,83).

As correlações entre MM e as medidas ultrassonográficas de USaol, USeg e USprof também foram favoráveis e de alta magnitude (-0,77, -0,90 e -0,84, respectivamente).

Tabela 7. Correlações de Pearson entre os componentes da análise físico-química da 12° costela e medidas de ultrassom.

	%M	%OS	%G	PB	EE	MM	USprof	USaol	USeg	UScomp
%M	-									
%OS	-0,95*	-								
%G	-0,11	-0,20	-							
PB	0,63	-0,48	-0,47	-						
EE	0,55	-0,42	-0,41	0,07	-					
MM	-0,93*	0,83*	0,26	-0,49	-0,80*	-				
USprof	0,83*	-0,78*	-0,12	0,33	0,58	-0,84*	-			
USaol	0,81*	-0,75*	-0,16	0,34	0,56	-0,77*	0,96	-		
USeg	0,89*	-0,84	-0,14	0,45	0,59	-0,90*	0,75	0,67	-	
UScomp	0,50	-0,52	0,09	0,12	0,15	-0,34	0,73	0,85	0,27	-

* $P < 0,05$. USprof: profundidade do músculo medido por ultrassom. USaol: área de olho de lombo medida por ultrassom. USeg: Espessura de gordura medida por ultrassom. UScomp: %M; porcentagem de músculo na dissecação, %OS porcentagem de ossos na dissecação, PB: Proteína Bruta, EE: Extrato Étéreo, MM: Matéria mineral.

Discussão

As proporções encontradas para os componentes de carcaça na dissecação foram contrastantes com aquelas encontradas na literatura. Louvandini et al. (2006) avaliaram a composição na 12^a costela em ovinos machos Santa Inês suplementados com fósforo, e encontraram valores médios de 66,2% para músculo, 20,9% para osso e 9,55% para gordura. Da mesma forma, Menezes et al. (2015) avaliaram a composição na 12^a costela de cordeiros da raça *Texel* e obtiveram valores de 40,6% de músculo, 19,3% de ossos e 39,9% de gordura. Estes resultados contrastantes ocorrem pois as proporções dos componentes de carcaça são altamente influenciados por características como a raça do animal, o sexo e a idade. Dentre todos os componentes o que mais pode variar é a gordura, sofrendo alta influência da genética e da nutrição (NRC, 1996). As raças deslanadas têm a característica de depositar menor quantidade de gordura na carcaça quando comparada às raças lanadas, ou melhoradas para a produção de carne (ARAÚJO FILHO et al., 2010).

As médias das análises físico-químicas na 12^a costela foram semelhantes àquelas encontradas por Menezes et al. (2008) em ovinos Santa Inês. Os autores encontraram médias de 60% de PB, 13% de EE e de 19% MM. Em contraste, avaliando a raça *Texel*, Menezes et al. (2015) encontraram valores de 30% PB e 58,5% de EE. Este resultado também pode ser explicado pelo fato de ovinos da raça Santa Inês terem como característica de desenvolvimento menor deposição de gordura na carcaça quando comparados às raças melhoradas para produção de carne (ARAÚJO FILHO et al., 2010).

O fato dos animais do presente estudo serem abatidos leves também pode explicar a menor quantidade de EE encontrado. Animais mais leves tendem a apresentar menores quantidades de gordura do que os mais pesados, pois a energia adquirida pela dieta preconiza primeiramente o crescimento muscular, e quando começam a ocorrer sobras energéticas, ocorre a deposição em maior escala do tecido adiposo, que passa a ser usado como reserva de energia (OSÓRIO et al., 2012).

As correlações similares e de alta magnitude que USaol e USprof obtiveram com AOL medida após o abate indicam que a ultrassonografia pode ser utilizada

para estimar as medidas musculares reais da carcaça. A medida de profundidade é uma das mais confiáveis e fáceis de se tomar no exame tomográfico, pois existe a delimitação clara entre os limites do músculo para esta medição (LANDIM ET AL., 2007). Dessa forma, a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* medida por ultrassom pode ser usada individualmente para predição da musculatura da carcaça, garantindo rapidez ao processo.

É importante salientar que devido ao processo de transformação do músculo em carne que ocorre após o abate, as medidas musculares se alteram. Assim, as medidas retiradas diretamente da carcaça após o *rigor mortis*, não serão iguais coletadas no animal vivo através da ultrassonografia (SUGSAWA et al., 2002).

A EGS apresentou baixa correlação com USeg, este resultado, provavelmente, foi visualizado pois a raça Santa Inês tem como característica baixa deposição de gordura subcutânea quando comparada às outras raças de corte (MALHADO et al., 2010), o que dificulta a mensuração do tecido através da ultrassom, podendo levar à diferença nas análises. Segundo Silva et al. (2004), pode-se dizer que quanto maior a espessura de gordura subcutânea, mais fácil a mensuração da medida e menores as probabilidades de erro.

Com relação aos cortes cárneos, as correlações foram, em geral, positivas e de alta magnitude com as medidas ultrassonográficas. Essas correlações indicam que a ultrassonografia pode ser uma metodologia eficiente para estimar o peso dos cortes em ovinos. Segundo Moreno et al. (2010), as medidas ultrassonográficas não podem, isoladamente, definir as características da carcaça, embora permitam prever algumas características produtivas como peso, e o rendimento dos cortes cárneos.

Dentre as medidas ultrassonográficas, a que alcançou as maiores correlações com os cortes cárneos foi a USprof, apresentando resultados superiores aos encontrados para USaol, que geralmente é a medida escolhida para avaliação de carcaça de ovinos. Este resultado se torna importante, pois a medida de profundidade do músculo é de fácil mensuração, além de ser mais rápida que a medida de área de olho de lombo e, portanto, representa uma boa alternativa para estimar os pesos dos cortes cárneos de ovinos.

O exame ultrassonográfico também foi eficiente para estimar os pesos de carcaça quente e fria e o rendimento de carcaça, sendo encontradas altas

correlações positivas para todas as medidas. A medida que obteve maior correlação com o rendimento da carcaça foi a USeg. Segundo Claffey et al. (2018), esse tipo de resultado é visualizado, pois quanto maior a quantidade de gordura depositada na carcaça, maior será o seu rendimento. O autor verificou que em animais mais velhos, que possuíam maiores quantidades de gordura subcutânea, os rendimentos foram superiores a animais mais jovens.

Já as medidas ultrassonográficas de área e profundidade do músculo foram as que obtiveram maiores correlações com o peso de carcaça quente e fria, provavelmente porque o tecido muscular é aquele que tem maior influência sobre o peso total da carcaça, e dessa forma, quanto maiores as proporções do tecido muscular, maiores os pesos da carcaça (OSÓRIO et al., 2012). Pelos resultados obtidos pode-se dizer que a medição de gordura através do ultrassom tem potencial para ser utilizado como preditor do rendimento de carcaça, e as medidas musculares podem servir como preditores do peso de carcaça quente e frio.

O estudo das correlações de Pearson mostrou que a única correlação significativa entre os componentes de carcaça foi entre a proporção de músculo e proporção de ossos. Geralmente, quanto maior a proporção muscular, menores serão as proporções de ossos na carcaça dos animais. Os ossos têm crescimento acelerado durante o desenvolvimento do animal, até que este se aproxime do tamanho adulto, após esse período o tecido ósseo tem desenvolvimento sutil, e varia pouco durante o restante da vida do animal (PAULINO et al., 2009). Em contrapartida, o crescimento muscular continua em desenvolvimento, e com o passar do tempo, a proporção entre o tecido muscular e ósseo tende a aumentar, principalmente em animais machos.

A alta correlação negativa encontrada entre a proporção de músculo e ossos reforça que quanto maiores as proporções de músculo na carcaça, menores proporções de ossos serão encontradas (PAULINO et al., 2009).

A alta correlação encontrada entre as medidas musculares realizadas por ultrassonografia e a %M sugere que a análise ultrassonográfica é uma metodologia eficiente para avaliar as proporções do tecido muscular da carcaça. Essa região anatômica (12ª costela) é escolhida por ser considerada de maturação tardia, e representar o desenvolvimento fiel da carcaça, possibilitando a análise das proporções de seus componentes (TAYLOR, 1985). Da mesma forma correlações

altas e negativas encontradas entre as medidas ultrassonográficas e a porcentagem de ossos indicam que quanto maiores as medidas musculares, menor será a proporção de ossos na carcaça.

A correlação entre a PB e %M na carcaça foi a maior relatada por Menezes et al. (2015), que encontraram correlação de 0,28. Segundo os autores, estas correlações positivas são esperadas, uma vez que a proteína bruta é um componente químico que aumenta proporcionalmente com o crescimento e deposição do tecido muscular. Pelo mesmo motivo também são esperadas correlações negativas entre a PB e a %O, já que quando ocorre aumento do peso muscular concomitantemente ocorre diminuição da proporção de ossos.

A correlação entre %G e PB (-0,47) foi inferior ao relatado por Menezes et al. (2015). Os autores encontraram correlação de -0,75. A correlação negativa é esperada, já que quando ocorre estabilização do crescimento de tecido muscular e aumento da deposição de tecido adiposo, a porcentagem de proteína corporal depositada diminui em relação ao contínuo crescimento do tecido adiposo.

Conclusão

A ultrassonografia é uma tecnologia eficiente para avaliação de carcaça de ovinos *in vivo*, além de fornecer informações importantes sobre a proporção dos tecidos no corpo do animal.

Sugere-se que a área de olho de lombo e a profundidade do músculo *longissimus dorsi*, medidos entre a 12° e 13° costelas, são medidas eficientes na avaliação de carcaça *in vivo* de ovinos Santa Inês, mas devido à facilidade e velocidade do exame, recomenda-se a utilização da medida de profundidade. No entanto, mais estudos são necessários para a avaliação da técnica em outras raças e sistemas de produção.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the AOAC International. Virginia. 115 p. 2000.

BARROS, N. N. et al. Influência do grupo genético e da alimentação sobre o

desempenho de cordeiros em confinamento. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 2003. v. 38, n. 9, p. 1111–1116.

BUENO, M. S. et al. Características de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2000. v. 29, n. 6, p. 1803–1810..

CTAYLOR, C.S. USE OF GENETIC SIZE-SCALING IN EVALUATION OF ANIMAL GROWTH. **Journal of Animal Science**, 2018. v. 6, n. July.

CARTAXO, F. Q. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e abatidos em diferentes condições corporais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009. v. 38, n. 4, p. 697–704.

CASTRO, D. P. V. et al. Influence of drinking water salinity on carcass characteristics and meat quality of Santa Inês lambs. **Tropical Animal Health and Production**, 2017. v. 49, n. 6, p. 1095–1100.

CLAFFEY, N. A. et al. Effect of breed and castration on production and carcass traits of male lambs following an intensive finishing period. **Translational Animal Science**, 2018. p. 1–21.

CUNHA, E. A. et al. Ovinocultura. São Paulo: [s.n.], 2007. p. 38–57.

FILHO, J. T. De A. et al. Desempenho e composição da carcaça de cordeiros deslanados terminados em confinamento com diferentes dietas José. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2010. v. 39, n. 1, p. 363–371.

GRILL, L. et al. Evaluation of ultrasound scanning to predict carcass composition of Austrian meat sheep. **Small Ruminant Research**, 2015. v. 123, n. 2, p. 260–268.

JUCÁ, A. De F. et al. Performance of the Santa Ines breed raised on pasture in semiarid tropical regions and factors that explain trait variation. **Tropical Animal Health and Production**, 2014. v. 46, n. 7, p. 1249–1256.

LOUVANDINI, H. et al. Evaluation of carcass traits, non-carcass components and 12th rib analysis of hair sheep supplemented with phosphorus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2006. v. 35, n. 2, p. 550–554.

Luchiari Filho, A. 2000. Pecuária da carne bovina. LinBife. São Paulo, 134 pp.

MARIA DE ALENCAR XAVIER BEZERRA, W. et al. **Comportamento fisiológico de diferentes grupos genéticos de ovinos criados no semiárido paraibano**. [S.l.]: [s.n.], 2011. V. 24.

MARQUES, A. V. M. D. S. et al. Rendimento, composição tecidual e musculabilidade da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de feno de flor-de-seda na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2007. v. 36, n. 3, p. 610–617.

MENEZES, B. B. De et al. Prediction of physical and chemical composition carcass of ewe lambs by 9-11 th ribs section or 12th rib. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, 2015. v. 11, p. 874–884.

MENEZES, L. F. D. O. et al. Carcass traits, non-carcass components and tissues and chemical composition the 12th rib of Santa Inês sheep finished on three different grasses during the dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2008. v. 37, n. 7, p. 1286–1292.

MORENO, G. M. B. et al. Características morfológicas “in vivo” e da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e suas correlações. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, 2010. v. 11, n. 3, p. 888–902.

NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

OSÓRIO, J. C. Da S. et al. Critérios para abate do animal e a qualidade da carne. **Revista Agrarian**, 2012. v. 5, n. 18, p. 433–443.

PAULINO, P. V. R. et al. Deposição de tecidos e componentes químicos corporais em bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2009. v. 38, n. 12, p. 2516–2524.

PERIPOLLI, V. et al. Componentes não-integrantes da carcaça de bovinos de três grupos genéticos terminados em confinamento ou pastejo rotacionado com suplementação. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, 2013. v. 14, n. 1, p. 209–223.

QUIRINO, C. R. et al. Identification of Polymorphisms in the Myostatin and Leptin Genes of Santa Inês Breed and Crossbreed Sheep and Association With Carcass Traits. **Biosci. J**, 2016. v. 32, n. 3, p. 699–704.

SILVA, S. Da L. E et al. Estimativa da Gordura de Cobertura ao Abate, por Ultra-Som, em Tourinhos Brangus e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2004. v. 33, n. 2, p. 511–517.

SOUSA, V. S. De et al. DESEMPENHO, características de carcaça e componentes corporais de ovinos deslanados alimentados com silagem de girassol e silagem de milho. **Ciência Animal Brasileira**, 2008. v. 9, n. 2, p. 284–291.

8 CONCLUSÃO

Os resultados relatados neste estudo evidenciam que as tecnologias de ultrassom e tomografia computadorizada são eficientes e podem ser aplicadas para a seleção de indivíduos com características de carcaça superiores

As medidas ultrassonográficas tem potencial para avaliar e estimar a composição química e física da 12^a costela, além de estimar o peso da carcaça e dos cortes cárneos de ovinos.

A tomografia computadorizada é uma tecnologia eficiente para avaliar as mudanças de peso e proporções de ossos, músculos e gordura durante o crescimento, além de detectar as diferenças nas composições das carcaças de machos e fêmeas.