UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUCAS ARANTES PEREIRA

ESTUDO COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DA
FORÇA DE CISALHAMENTO DE CARNES

Pirassununga SP
2012

LUCAS ARANTES PEREIRA

ESTUDO COMPARATIVO DE TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DA
FORÇA DE CISALHAMENTO DE CARNES

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo, como parte
dos requisitos para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Área de concentração: Ciências da
Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Paulo José do
Amaral Sobral

Pirassununga SP
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

P436e Pereira, Lucas Arantes
 Estudo comparativo de técnicas de determinação da
 força de cisalhamento de carnes / Lucas Arantes Pereira.
 -- Pirassununga, 2012.
 69f.
 Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
 Departamento de Engenharia de Alimentos.
 Área de Concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.
 Orientador: Prof. Dr. Paulo José do Amaral Sobral.

1. Warner-Bratzler 2. Texturômetro
3. Espessura 4. Lâmina 5. Microestrutura. I. Título.

*A Deus pela infinita misericórdia e presença onipotente
em todos os momentos da minha vida,*

Ofereço

Aos meus pais e à amiga Mirian Tavares Dias Cardozo,

Dedico

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, autor da criação e quem me deu inspiração por meio do Espírito Santo para realizar este trabalho.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos pela oportunidade e toda a infraestrutura disponibilizada para que o trabalho fosse realizado com a melhor qualidade possível. Também agradeço pelos professores e todo o conhecimento adquirido durante as disciplinas.

Ao meu orientador, professor Dr. Paulo José do Amaral Sobral, exemplo de presteza e profissionalismo, pela brilhante orientação, paciência, dedicação e companheirismo que certamente foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro pelo incentivo dado por meio da liberação para cursar o Mestrado e compreensão dos dirigentes e colegas de trabalho quando das minhas ausências.

Aos meus pais Carlos Humberto e Joana pelo apoio, paciência, educação e compreensão que se fizeram presentes não só no Mestrado, mas durante toda a minha vida escolar e acadêmica. Com certeza sem vocês tudo seria mais difícil ou quase impossível. Estendo também os agradecimentos a toda minha família pelo incentivo e admiração aos meus estudos.

A todos os meus amigos que de alguma forma me ajudaram, em especial aqueles que acompanharam de perto estes meus dois últimos anos: Mirian, Danielle, Dione, “Toninho”, Roberto Gil, Ronaldo, Alaíde, Mariana, Suelen, “Carol”, Daniel Franklin, Bruno, Sandro, Carlos Alvarenga, Sueli, Marlene, Paulo Campagnol, Estelamar, Juciane, Tássia, Marvile, Tomiko, Rose, Luiz Alberto, Márcio Santana... O apoio, amizade e cumplicidade de vocês foram essenciais para que tudo isso acontecesse. Minha vida é bem melhor por ter vocês!

Às minhas estagiárias no IFTM, Patrícia Vannucci e Lara Guimarães por terem segurado as pontas e me dado todo o apoio que precisei principalmente para me ausentar de Uberaba nesses últimos meses.

Aos amigos da FZEA: Thaysa, Hugo, Bárbara, Tiara, German, Adja, Volnei, Karen, Gisele, Flávia, Sheila, Samira, Paola, Fulvio, Noemi e Régis pela ajuda nos

experimentos, nas disciplinas, trabalhos, seminários, nos incansáveis estudos sobre “*Supply chain*”, estatística e avanços em físico-química dos alimentos, pesquisas, favores e momentos de descontração. Também agradeço às técnicas Ana Monica, Roseli e Rosilda pela ajuda durante a realização do experimento. Todos vocês foram fundamentais, principalmente por eu não ter me residido em Pirassununga durante esses quase dois anos, e, portanto não poder me dedicar somente ao Mestrado. Sem vocês certamente tudo seria muito mais difícil!

Aos integrantes da República Tequila que me acolheram com amizade, companheirismo e ajuda em tudo o que precisei. Muito obrigado pelas caronas, brincadeiras, festas, favores e tantos momentos felizes que passamos juntos. Nesta casa me tornei membro de uma família da qual certamente nunca me esquecerei. Uma vez Tequila, sempre Tequila!

Finalmente, a todos aqueles que Deus colocou em meu caminho e que de alguma forma foram importantes para mais esta etapa da minha vida, meu muito obrigado!

“O futuro tem muitos nomes: Para os fracos é o inalcançável. Para os temerosos, o desconhecido. Para os valentes é a oportunidade”.

A melhor maneira de prever o futuro é criá-lo!

“Quem tenta perscrutar com humildade e perseverança os segredos das coisas, ainda que disso não tome consciência, é como que conduzido pela mão de Deus, que sustenta todas as coisas, fazendo com que elas sejam o que são.”

(Catecismo da Igreja Católica)

RESUMO

PEREIRA, L.A. **Estudo comparativo de técnicas de determinação da força de cisalhamento de carnes**. 2012. 69f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

A textura tem posição de destaque na qualidade da carne, podendo ser considerada como a característica sensorial de maior influência na aceitação por parte dos consumidores. Nesse contexto, as técnicas de determinação da textura da carne são de extrema importância. Assim, o objetivo desta dissertação foi o estudo comparativo de três técnicas de determinação da força de cisalhamento de carnes, utilizando-se dois equipamentos diferentes: o Warner-Bratzler Shear com sua lâmina padrão e um Texturômetro modelo TAXT2i (SMS) com duas lâminas de espessuras diferentes (3,05 e 1,01 mm), com a intenção de se obter correlações entre as diferentes técnicas utilizadas. Foram determinadas as forças de cisalhamento em seis cortes cárneos (5 bovinos e 1 suíno) com a finalidade de se obter as correlações numa ampla faixa de força de cisalhamento. Outras análises (Composição química, Perdas de água por cozimento e Microestrutura) foram realizadas para complementar as informações dos efeitos das três técnicas utilizadas sobre as respectivas respostas. Os dados obtidos nos testes de cisalhamento foram submetidos a uma análise descritiva visando determinar as variações entre os resultados de cada corte. A composição química, a microestrutura e as perdas de água foram utilizadas para explicar possíveis causas das variações. Foram feitas análises de regressão, obtendo-se modelos de correlação entre os dados obtidos com o Warner-Bratzler Shear e o texturômetro com as duas lâminas estudadas. Os resultados obtidos com Texturômetro utilizando-se lâmina de 3 mm superestimaram os resultados, indicando menor maciez do que as outras técnicas. Não se observou relação entre a composição química e a perda de água por cozimento com a textura das carnes. Entretanto, os resultados das análises com microscopia eletrônica de varredura permitiram explicar a variabilidade dos resultados da força de cisalhamento.

Palavras-chave: *Warner-Bratzler*, Texturômetro, Espessura, Lâmina, Microestrutura.

ABSTRACT

PEREIRA, L.A. **Comparison study of techniques for determining the shear force of meat.** 2012. 69f. Dissertation (Master) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

Texture has a prominent position on the quality of meat, and it can be considered the most influential sensory characteristic on consumers' acceptance. In this sense, the techniques for texture determination of meat are very important. Thus, the aim of this dissertation was a comparative study of three techniques of determination of shear force of meat, using two different equipments: Warner-Bratzler Shear, with its standard blade; and the Texturometer TAXT2i, with two blades with different thicknesses (3.05 and 1.01 mm), for obtaining correlations between these different techniques. The shear forces were determined in six meat cuts (5 bovines and 1 swine) allowing correlations over a wide range of shear force. Other analyzes (chemical composition, water losses during cooking and microstructure) were performed to supplement the information of the effects of three techniques on shear force results. The data obtained in the shear tests were subjected to a descriptive statistical analysis in order to determine variations between the results for each cut. The chemical composition, microstructure and water losses were used to explain the possible causes of variations. Regression analyzes were performed and linear models of correlation between the data obtained with Warner-Bratzler Shear and the two blades texturometer were established. The results obtained with the 3 mm blade texturometer overestimated the results, suggesting lower softness than the other techniques. There was no relationship between the chemical composition and water loss during cooking with the meat texture. However, the results of analysis with scanning electron microscopy allowed explain the variability of the results of shear force.

Keywords: Warner-Bratzler, Texturometer, Thickness, Blade, Microstructure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tecido conjuntivo no músculo (Fonte: Trindade e Júnior, 2008).....	18
Figura 2 - Representação gráfica da fibra muscular (Fonte: Trindade e Júnior, 2008).	20
Figura 3 - Esquema da estrutura do músculo esquelético (Fonte: Trindade e Júnior, 2008).	22
Figura 4 - Princípio de compressão (Adaptada de Chaib, 1973).	28
Figura 5 - Princípio de resistência à ruptura (Adaptada de Chaib, 1973).	28
Figura 6 - Princípio de corte (Adaptada de Chaib, 1973).	28
Figura 7 - Princípio de cisalhamento (Adaptada de Chaib, 1973).	29
Figura 8 - Combinação dos princípios básicos de compressão e cisalhamento (Adaptada de Chaib, 1973).	29
Figura 9 – Exemplo de corte cárneo (Picanha) cortado em bifes.	31
Figura 10 – Exemplos de bifes (Lagarto) acondicionados em bandejas de alumínio.	32
Figura 11 – Exemplo de bife (Contra filé) após o processo de cozimento.....	32
Figura 12 - Exemplo de amostra retirada dos bifes assados para determinação da força de cisalhamento.	33
Figura 13 - Exemplo de bife <i>in atura</i> durante pesagem para controle da perda de água no cozimento.	34
Figura 14 - <i>Warner-Bratzler</i> Shear Force utilizado na determinação da força de cisalhamento	35
Figura 15 - Lâmina de cisalhamento do equipamento <i>Warner-Bratzler</i>	36

Figura 16 - Exemplo de amostra colocada na lâmina de cisalhamento do equipamento Warner-Bratzler.	37
Figura 17 – Texturômetro TAXT2i utilizado nos testes de cisalhamento.	38
Figura 18 - Lâmina <i>Warner-Bratzler</i> “V” de 1 mm utilizada nas análises.....	38
Figura 19 - Lâmina <i>Warner-Bratzler</i> “V” de 3 mm utilizada nas análises.....	39
Figura 20 – Exemplo de amostra colocada na célula de cisalhamento do Texturômetro TAXT2i.	40
Figura 21 - Percentuais de perda de água por cocção (médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).	48
Figura 22 - Exemplo de curvas geradas durante o teste de cisalhamento no Texturômetro (Maminha a) com lâmina de 1 mm b) com lâmina de 3mm)	52
Figura 23 - Micrografias da superfície cisalhada de Contra filé.....	54
Figura 24 - Micrografias da superfície cisalhada de Maminha.....	55
Figura 25 - Micrografias da superfície cisalhada de Lagarto.	56
Figura 26 - Micrografias da superfície cisalhada de Filé mignon.....	56
Figura 27 - Micrografias da superfície cisalhada de Picanha.	57
Figura 28 - Micrografias da superfície cisalhada de Lombo suíno.....	58
Figura 29 - Correlação entre as forças de cisalhamento obtidas em <i>Warner-Bratzler</i> e Texturômetro com lâmina de 1mm.....	61
Figura 30 - Correlação entre as forças de cisalhamento obtidas em <i>Warner-Bratzler</i> e Texturômetro com lâmina de 3 mm.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da caracterização inicial das amostras utilizadas no experimento.....	44
Tabela 2 – Composição química (g/100g de amostra úmida) dos cortes cárneos utilizados no experimento.....	45
Tabela 3 – Resultados da análise estatística descritiva dos resultados dos testes de cisalhamento.	50
Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos dados relativos aos diferentes cortes e equipamentos em estudo.	59
Tabela 5 – Desdobramento do efeito das diferentes técnicas em cada corte cárneo estudado.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Estrutura da carne	17
3.1.1 Tecido conjuntivo	17
3.1.2 Tecido adiposo	19
3.1.3 Tecido muscular	20
3.2 Textura de alimentos	23
3.3 Textura e maciez em carnes.....	25
3.4 Métodos objetivos de determinação de textura em carnes.....	27
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 Amostras.....	30
4.2 Preparo das amostras para os testes de cisalhamento	31
4.3 Cálculo da perda de água por cocção	33
4.4 Determinação da força de cisalhamento das carnes	34
4.4.1 Testes de cisalhamento usando um equipamento <i>Warner-Bratzler</i>	35
4.4.2 Testes de cisalhamento usando um Texturômetro TAXT2i com duas lâminas diferentes	37
4.5 Microestrutura dos cortes das amostras	40
4.6 Análises da composição centesimal das amostras de carne.....	40
4.6.1 Umidade.....	41
4.6.2 Proteínas.....	41
4.6.3 Lipídeos.....	41

4.6.4 Cinzas	41
4.7 Análise estatística	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1 Caracterização inicial dos cortes cárneos.....	44
5.2 Composição química dos cortes cozidos.....	45
5.3 Perda de água por cocção.....	47
5.4 Análise descritiva dos resultados dos testes de cisalhamento	49
5.5 Correlações entre as técnicas de determinação da força de cisalhamento	59
6 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1 INTRODUÇÃO

O controle da qualidade da carne é de grande importância para os produtores, indústria e rede varejista, pois somente dessa maneira serão correspondidas as expectativas dos consumidores em relação à carne (HADLICH et al., 2006). A maciez assume posição de destaque dentro da matriz de qualidade da carne, sendo considerada como a característica sensorial de maior influência na aceitação por parte dos consumidores (PAZ; LUCHIARI FILHO, 2000).

A maciez da carne pode ser medida por meio subjetivo ou objetivo. O método subjetivo utiliza painel sensorial em que um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação à maciez após ter provado as amostras, utilizando-se escalas arbitrárias e subjetivas, como gostar ou não gostar. Por outro lado, o método objetivo utiliza equipamentos, como o texturômetro, que mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne, expressando a maciez (ou dureza) em valores objetivos com unidades conhecidas como kg, kgf ou N (Newton) (ALVES et al., 2005).

Para que a avaliação instrumental da textura seja uma ferramenta efetiva nos estudos envolvendo a maciez da carne, é necessário minimizar as causas de variação envolvidas na análise, pois naturalmente a maciez varia não só entre carcaças, mas também entre os músculos e até dentro de um mesmo músculo (SILVA; CONTRERAS-CASTILLO; ORTEGA, 2007; PINTO; PONSANO; ALMEIDA, 2010).

Dentre os equipamentos utilizados para determinação da maciez de carnes, os mais utilizados são o *Warner-Bratzler Shear* e Texturômetros, com destaque para o modelo TAXT2 produzido pela *Stable Micro System*.

O *Warner-Bratzler* é, sem dúvida, o mais utilizado e aceito para determinação da maciez de carnes. O dispositivo é exclusivamente mecânico e composto por uma lâmina de aço com espessura de aproximadamente 1 mm e um orifício triangular no meio encaixada em uma esquadria que desliza a amostra através da lâmina.

Os texturômetros são equipamentos modernos e computadorizados utilizados para determinação dos mais diversos parâmetros de textura de alimentos e outros produtos. O modelo TAXT2, amplamente utilizado por pesquisadores especialistas em maciez da carne, pode ser equipado com lâminas de cisalhamento tipo *Warner-Bratzler*, com duas espessuras diferentes: 3 e 1 mm. Essa diferença de espessura da lâmina de cisalhamento pode ser causa de variação de medidas que deve ser controlada, e estudos sobre o assunto ainda são escassos. Teoricamente, não se poderia comparar resultados obtidos com essas duas lâminas.

2 OBJETIVOS

O objetivo desta dissertação foi o estudo comparativo de três técnicas de determinação da força de cisalhamento de carnes, utilizando-se dois equipamentos diferentes: o *Warner-Bratzler Shear* com sua lâmina padrão de 1mm de espessura e um Texturômetro modelo TAXT2i (SMS) com duas lâminas de espessuras diferentes (3 e 1 mm), com a intenção de se obter correlações entre as diferentes técnicas utilizadas. Isso pode permitir o cálculo da força de cisalhamento segundo uma técnica conhecendo-se o respectivo valor numa outra técnica.

Outras análises (Composição química, Perdas de água por cozimento e Microestrutura) foram realizadas para complementar as informações dos efeitos das três técnicas utilizadas sobre as respectivas respostas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Estrutura da carne

A carne é um produto resultado de diversas transformações bioquímicas sofridas pelo músculo após o abate, em virtude do abaixamento do pH, que provoca o *rigor mortis*. Ou seja, antes da instalação do *rigor mortis*, ela é chamada de músculo, e vai ser considerada como carne apenas após a resolução do *rigor mortis*. Por apresentar estrutura bastante complexa, o conhecimento dos constituintes básicos da carne e da bioquímica do músculo, é fundamental para a compreensão das propriedades funcionais deste alimento. Tal conhecimento tem grande importância para quem trabalha com este produto tanto *in natura* quanto com o processamento e a elaboração de subprodutos (LAWRIE, 2005; SARCINELLI et al. 2007; TRINDADE; JÚNIOR, 2008).

Dentre os tecidos que compõem as carnes, os que são encontrados em maior quantidade e exercem maior influência na qualidade do produto são o tecido conjuntivo e tecido muscular. As propriedades e as quantidades desses tecidos são responsáveis, em parte, pela qualidade e maciez da carne (PARDI, et al. 2006; TRINDADE; JÚNIOR, 2008).

3.1.1 Tecido conjuntivo

O tecido conjuntivo tem papel muito importante no músculo. Sua principal função é unir os músculos aos ossos, constituindo as membranas

musculares (Figura 1). Recobrando o músculo, existe uma bainha de tecido conjuntivo, denominada epimísio. Da superfície interna do epimísio partem septos do mesmo tecido para dentro do músculo, envolvendo os feixes de fibras musculares, normalmente chamados de perimísio. A partir do perimísio, forma-se uma fina rede de tecido conjuntivo que envolve cada fibra muscular individualmente, o chamado endomísio (LAWRIE, 2005; TRINDADE; JÚNIOR, 2008). Esse sistema de membranas se encontra nas extremidades dos músculos possibilitando sua conexão aos ossos.

Figura 1 - Tecido conjuntivo no músculo (Fonte: Trindade e Júnior, 2008).

Os mais importantes tecidos conjuntivos na carne são o colágeno e a elastina. O colágeno representa apenas 2% do total de proteínas do músculo, porém mesmo assim é responsável por muitas das mudanças que ocorrem na textura da carne durante o cozimento. Quando o animal é muito jovem, a proporção de colágeno é maior, porém é facilmente gelatinizado pela ação do calor úmido, contribuindo para uma textura tenra da carne. Já em animais adultos a proporção de colágeno é menor, porém com o tempo ocorre a formação de ligações cruzadas nas moléculas de colágeno, o que confere

termoestabilidade, não havendo gelatinização térmica, o que torna a carne menos macia (POWELL et al., 2000; MORAES, 2004).

As fibras de elastina são elásticas, distendendo-se com facilidade e voltando ao comprimento normal quando a tensão deixa de existir. A contribuição deste componente para a dureza de alguns cortes cárneos pode ser significativa, apesar de apresentar baixo percentual (apenas 0,2%). Com a cocção, a elastina intumescce e se alonga, porém não se dissolve (TRINDADE; JÚNIOR, 2008; MORAES, 2004).

3.1.2 Tecido adiposo

O tecido adiposo é constituído com predominância de células adiposas, que armazenam gorduras (triacilgliceróis). As células adiposas são organizadas em grupos, formando lóbulos, separados entre si por septos de tecido conjuntivo que os sustentam (TRINDADE; JÚNIOR, 2008). Sua presença na carne contribui para melhores características sensoriais, principalmente sabor, maciez e suculência (MORAES, 2004; SARCINELLI et al. 2007; TRINDADE; JÚNIOR, 2008). A gordura subcutânea e a intramuscular (de marmoreio) são as que exercem maior efeito sobre a textura da carne (PEREIRA, 2002; SARCINELLI et al. 2007).

A gordura de marmoreio favorece a mastigação pois diminui a densidade da carne, confere um efeito lubrificante e diminui a tensão entre as camadas de tecido conjuntivo. Além disso, a gordura possui capacidade de provocar maior salivagem (PEREIRA, 2002; ALVES et al., 2005). Apesar de exercer grande influência sobre a aceitabilidade da carne, algumas pesquisas mostraram que o

teor de gordura intramuscular contribuiu muito pouco para explicar as variações na maciez de carnes (CAMPION; CROUSE; DIKEMAN, 1975; JONES; TATUM, 1994).

Koohmaraie (1992) atribuiu 15% da variabilidade na maciez da carne bovina às diferenças em marmoreio e colágeno. Resultados similares foram obtidos por Campion et al. (1975), em que apenas 4 a 8% da variação na maciez foi explicada pela gordura de marmoreio.

3.1.3 Tecido muscular

A unidade estrutural do tecido muscular, ou seja, dos músculos, é a fibra muscular (Figura 2). As fibras musculares são células longas, estreitas e multinucleadas que podem se estender de uma ponta a outra do músculo, chegando a atingir o comprimento de 34 cm, porém possuindo apenas de 10 a 100 μm de diâmetro (LAWRIE, 2005).

Figura 2 - Representação gráfica da fibra muscular (Fonte: Trindade e Júnior, 2008).

As fibras musculares são constituídas de uma membrana externa (sarcolema), de um citoplasma diferenciado (sarcoplasma), que contém

mitocôndrias, enzimas, glicogênio, ATP, creatina e mioglobina, porém a maior parte do seu interior está praticamente tomada pelas miofibrilas. Um outro sistema de túbulos, chamado de túbulos transversos ou simplesmente túbulos T é posicionado perpendicularmente às miofibrilas (ALVES et al., 2005; TRINDADE; JÚNIOR, 2008).

No interior do sarcolema, estão as miofibrilas, as pequenas unidades paralelas das quais as fibras são principalmente compostas. Essas unidades possuem o mesmo diâmetro, independentemente do tamanho ou desenvolvimento do músculo (LAWRIE, 2005).

As miofibrilas são agrupadas de modo que algumas regiões (bandas ou estrias) fiquem sincronizadas, formando faixas claras (Bandas I) e escuras (Bandas A). A banda I é dividida ao meio por uma linha transversal escura, chamada linha Z. A unidade estrutural repetitiva da miofibrila onde ocorre o ciclo de contração e relaxamento do músculo é o sarcômero, que é definido como o segmento entre duas linhas Z consecutivas. No centro da banda A, existe uma região (Zona H), que por sua vez é atravessada por uma linha estreita e escura (Linha M). Dessa forma, um sarcômero inclui uma banda A e duas metades de bandas I, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Esquema da estrutura do músculo esquelético (Fonte: Trindade e Júnior, 2008).

A textura da carne é função do tamanho dos feixes de fibras que por sua vez é determinado não somente pelo número de fibras, mas também pelo tamanho das mesmas. Porém o tamanho dos feixes não é o único fator determinante da textura. A quantidade de perimísio envolvendo cada feixe também exerce grande influência (LAWRIE, 2005).

Segundo Lawrie (2005), o grau de maciez da carne pode ser relacionado com três classes de proteínas no músculo: proteínas do tecido conjuntivo como colágeno, elastina e reticulina; proteínas da miofibrila como actina, miosina e tropomiosina; e proteínas sarcoplasmáticas.

Esta divisão contribui para explicar resultados conflitantes encontrados na literatura sobre diferenças de maciez da carne e também porque certos trabalhos apresentam correlação entre quantidade de tecido conjuntivo e dureza, enquanto outros não encontraram boa correlação, já que os tecidos conjuntivos contribuem com apenas um dos fatores responsáveis pela dureza (SGARBIERI, 1996). Talvez por causa disso, alguns pesquisadores têm

evidenciado a importância e interferência da microestrutura na textura de carnes (GOLL et al., 1992; ALVES et al., 2005; ALVES; MANCIO, 2007; YOKOTA et al., 2008). Segundo Lawrie (2005), quanto maiores forem as fibras, menor será a maciez da carne.

Segundo Zapata (1994), o diâmetro das fibras musculares da carne ovina tende a aumentar levemente com a idade, o que por sua vez confere maior firmeza a essa carne.

3.2 Textura de alimentos

Segundo Szczesniak (2002), “textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectadas por meio dos sentidos de visão, tato e sinestésico”, sendo derivada da estrutura macroscópica, microscópica e molecular do alimento, podendo ser detectada por vários sentidos, sendo os mais importantes o tato e a pressão. Esse autor afirmou ainda que a textura é uma propriedade sensorial, e assim sendo, somente um ser humano é capaz de percebê-la e descrevê-la. Os instrumentos utilizados para analisá-la podem detectar e quantificar apenas alguns parâmetros físicos que são interpretados em termos de percepção sensorial.

O estudo da textura dos alimentos é dificultado pela grande variação deste atributo dentre os diversos tipos de alimentos e muitas vezes dentro de um mesmo tipo de produto. Embora seja uma propriedade sensorial, muitas vezes é medida por meios mecânicos, que implicam a aplicação de princípios de engenharia. Os equipamentos utilizados para determinação da textura de

alimentos respondem a propriedades mecânicas do alimento na boca, bem como a outros estímulos, tais como propriedades auditivas e táteis.

Para Bourne (2002), a importância da textura na aceitação global dos alimentos é bastante variável, dependendo principalmente do tipo de alimento. O autor divide os alimentos em três grandes categorias, de acordo com a importância da textura na aceitação dos mesmos:

a) Críticos: Alimentos em que a textura é a característica de qualidade dominante. Exemplos: carnes, batatas fritas, flocos de milho, entre outros;

b) Importantes: Alimentos em que a textura é importante, porém não exerce contribuição significativa na qualidade global, semelhante ao sabor e aparência. Exemplos: frutas, verduras, queijos, doces, pães e muitos outros alimentos à base de cereais se enquadram nesta categoria;

c) Inferiores: Alimentos em que a textura exerce contribuição insignificante na qualidade global. Exemplos: a maioria das bebidas e sopas finas.

A carne é considerada, portanto, um alimento crítico em termos da importância da textura para sua aceitação. Por isso, o estudo da textura da carne e produtos cárneos é de suma importância, geralmente envolvendo a correlação da textura instrumental com aquela obtida por testes subjetivos, ou seja, realizados por meio de análise sensorial. Martinez et al. (2004), ao avaliarem o efeito do uso de dois tipos de fumaça líquida no perfil de textura de lombo suíno defumado e bacon, descobriram que os dois tipos de flavorizantes utilizados causaram modificações no perfil de textura dos produtos avaliados.

Estudando o efeito da adição de aveia hidratada e tofu nas propriedades sensoriais e de textura de salsichas com baixo teor de gordura, Yang et al. (2007) concluíram que a adição dos ingredientes em quantidade superior a 15% provocou efeitos significativos nos parâmetros de dureza, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade medidos por meio de análise do perfil de textura (TPA) e nos parâmetros de suculência, maciez e aceitação global medidos por painel sensorial. Herrero et al. (2007) e Herrero et al. (2008) correlacionaram o perfil de textura com as propriedades de tração e resistência à ruptura de salsichas fermentadas e cozidas. Esses autores encontraram boas correlações, provando ser possível prever as propriedades de tração e resistência à ruptura dos produtos por meio do perfil de textura.

3.3 Textura e maciez em carnes

A qualidade da carne é ponto fundamental para a capacidade competitiva do setor produtivo frente às oportunidades de expansão do mercado. Desta forma, a maciez assume papel importante dentro dos atributos de qualidade, sendo considerada como a característica sensorial de maior influência na aceitação da carne por parte dos consumidores (PAZ; LUCHIARI FILHO, 2000). Mesmo assim, ainda há grande falta de compreensão das interações e complexidades da maciez da carne (MCKENNA, 20--).

A variabilidade na maciez tem sido o maior problema enfrentado pelos elos da cadeia produtiva da carne atualmente. A satisfação do consumidor em relação ao produto é embasada na interação entre maciez, suculência e sabor, sendo a maciez provavelmente o atributo mais importante. Fatores *ante-*

mortem como idade, sexo, nutrição, exercício, estresse antes do abate, presença de tecido conjuntivo, espessura e comprimento do sarcômero, e *post-mortem* como estimulação elétrica, *rigor-mortis*, esfriamento da carcaça, maturação, e pH final podem afetar a maciez (ROÇA, 2006; KOOHMARAIE et al., 2002). Observa-se variação de textura entre os diferentes cortes comerciais, uma vez que a localização anatômica dos mesmos define a quantidade e qualidade do colágeno que envolve as fibras musculares. Dentro de um mesmo corte, como o *Longissimus dorsi*, por exemplo, há esta variação, por motivos semelhantes (MONIN; OUALI, 1991; KLONT; EIKELENBROOM; BROCKS, 1998; VESTERGAARD et al., 2000).

Segundo Koohmaraie (1994), a maciez da carne depende principalmente das mudanças *post mortem* que afetam as proteínas miofibrilares e o tecido conjuntivo. Enzimas proteolíticas, como as catepsinas, estão envolvidas nas mudanças estruturais e bioquímicas durante a estocagem *post mortem*.

Em estudo visando classificar diferentes músculos bovinos por meio das características sensoriais e da força de cisalhamento medida utilizando-se *Warner-Bratzler*, Hildrum et al. (2009) concluíram que o padrão de associação entre os músculos foi altamente irregular, o que significa que o uso do músculo *Longissimus dorsi* como um indicador de qualidade de todos os músculos na carcaça é questionável.

Heinemann et al. (2003) estudaram os fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore medida com um texturômetro TAXT2. Esses autores descobriram que a carne dos novilhos cruzados apresenta maior maciez do que a dos novilhos Nelore, que a

maturação agiu positivamente na textura quando comparada à maciez de carne não maturada e que a textura final da carne foi influenciada pelo grupo genético e, principalmente, por fatores que determinaram a velocidade de resfriamento da carcaça. Por outro lado, Heinemann e Pinto (2003) estudaram o efeito da injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na textura e aceitabilidade de carne bovina maturada (*Longissimus dorsi*), avaliando o efeito da adição, na razão de 5% (v/p), de soluções 100, 200 e 300 mM de CaCl_2 , seguida de maturação por 14 dias. Os autores observaram que a força de cisalhamento diminuiu com o aumento da concentração salina. Os resultados obtidos nesse estudo demonstraram que a adição de solução de cloreto de cálcio, seguida de maturação, representa uma possibilidade tecnológica para melhoria de qualidade de carne bovina *in natura*.

Souza (2008) ao comparar os efeitos da temperatura de cocção na força de cisalhamento medida por meio de texturômetro em *Longissimus dorsi*, verificou diferença significativa na maciez de bifes assados em temperaturas de 71 e 74°C. Com base nos resultados dessa autora, pôde-se observar que uma pequena variação na temperatura já é suficiente para causar alterações na maciez da carne.

3.4 Métodos objetivos de determinação de textura em carnes

Diversos dispositivos mecânicos têm sido desenvolvidos com o objetivo de auxiliar na identificação das diferenças de maciez com precisão (MCKENNA, 20--). Segundo Chaib (1973), apenas quatro princípios básicos estão envolvidos com os diversos equipamentos utilizados na determinação da

textura da carne: Compressão, Resistência à ruptura, Corte e Cisalhamento. Representações gráficas dos quatro princípios podem ser observadas nas Figuras 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

Figura 4 - Princípio de compressão (Adaptada de Chaib, 1973).

Figura 5 - Princípio de resistência à ruptura (Adaptada de Chaib, 1973).

Figura 6 - Princípio de corte (Adaptada de Chaib, 1973).

Figura 7 - Princípio de cisalhamento (Adaptada de Chaib, 1973).

A avaliação instrumental pela mensuração da força de cisalhamento tem sido a principal ferramenta utilizada em estudos envolvendo a textura da carne (PINTO; PONSANO; ALMEIDA et al, 2010, RUIZ de HUIDOBRO et al., 2005). A força de cisalhamento é definida como a força que divide a amostra em partes contíguas por um deslizamento relativo de uma sobre a outra, numa direção paralela aos seus planos de contato obtendo a separação da amostra quando se aplica força de corte ou uma mudança de posição. Segundo Chaib (1973), a combinação dos métodos de compressão e cisalhamento simula a mesma ação causada pelos dentes nos alimentos, ou seja, compressão seguida de cisalhamento (Figura 8).

Figura 8 - Combinação dos princípios básicos de compressão e cisalhamento (Adaptada de Chaib, 1973).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esta dissertação foi realizada na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP) em Pirassununga SP. As amostras foram adquiridas em mercado consumidor local do município de Pirassununga (SP) e as análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos.

4.1 Amostras

Foram utilizadas amostras de seis cortes cárneos comerciais, todas embaladas a vácuo e refrigeradas. Os cortes utilizados foram: Contra filé (*Longissimus dorsi*), Maminha (*Tensor fasciae latae*), Lagarto (*Semitendinosus*), Filé mignon (*Psoas major*), Picanha (*Biceps femoris*), todos bovinos, e Lombo suíno (*Longissimus dorsi*). Tais cortes foram escolhidos visando a obtenção de uma ampla faixa de forças de cisalhamento, conferindo maior confiabilidade nas possíveis equações de correlação geradas. As amostras foram mantidas sob refrigeração até o momento das análises.

Inicialmente, os cortes foram caracterizados quanto ao peso médio (encontrado nas respectivas embalagens), comprimento das peças, pH e temperatura. O comprimento de cada corte foi medido utilizando-se uma régua de 30 centímetros. O pH foi obtido com um peagâmetro portátil digital (modelo PG1800, marca Gehaka), que também permitiu a determinação da temperatura da peça. A quantidade de peças de cada corte analisado foi definida de acordo com o tamanho das mesmas.

4.2 Preparo das amostras para os testes de cisalhamento

Para este experimento foram utilizadas de uma a três peças de cada corte cárneo em estudo, de acordo com o peso e comprimento das peças.

As amostras de carne foram cortadas (Figura 9), sempre no sentido perpendicular às fibras, em bifes de aproximadamente 2,5 cm de espessura, que foram colocados individualmente em bandejas de alumínio (Figura 10), devidamente identificadas quanto ao corte cárneo e localização do bife na peça.

Figura 9 – Exemplo de corte cárneo (Picanha) cortado em bifes.

Figura 10 – Exemplos de bifes (Lagarto) acondicionados em bandejas de alumínio.

Posteriormente, os bifes foram assados em forno elétrico (modelo Luxo 2.4 Classic, marca Layr) à temperatura de 170°C. A temperatura interna foi acompanhada com o auxílio de um termômetro de perfuração (modelo Th1200C, marca Haenni). Quando atingiram a temperatura interna de 45°C, os bifes foram virados e mantidos no forno até que a temperatura atingisse 70°C. Após a retirada do forno (Figura 11), as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente por aproximadamente três horas.

Figura 11 – Exemplo de bife (Contra filé) após o processo de cozimento.

De cada bife cozido e resfriado, foram retiradas 3 ou 6 amostras para os testes de cisalhamento (item 4.4). Essas amostras foram retiradas com o auxílio de um perfurador metálico cilíndrico, de 2 cm de diâmetro interno. As amostras foram retiradas no sentido paralelo às fibras da carne (Figura 12).

Figura 12 - Exemplo de amostra retirada dos bifes assados para determinação da força de cisalhamento.

O restante dos bifes, ou seja, a parte que não foi usada nos testes de cisalhamento foi homogeneizado em multiprocessador utilizado para análises físico-química das amostras (item 4.6).

4.3 Cálculo da perda de água por cocção

Para determinação da perda de água por cocção, os bifes foram pesados em bandejas de alumínio previamente taradas, antes (P_i) (Figura 13) e após o cozimento (P_f), utilizando-se uma balança analítica (modelo BG2000, marca Gehaka) (KOOMARAIE et al., 1998).

Figura 13 - Exemplo de bife *in atura* durante pesagem para controle da perda de água no cozimento.

O cálculo da perda de água por cocção (PAC) foi realizado utilizando-se a Equação 1.

$$PAC = [(P_i - P_f) / P_i] \times 100 \quad (1)$$

4.4 Determinação da força de cisalhamento das carnes

As amostras extraídas dos bifes (Figura 12) foram separadas em três porções iguais. Cada porção dessas amostras era utilizada na determinação da força de cisalhamento com metodologias diferentes: com o equipamento *Warner-Bratzler* e com o auxílio de um Texturômetro equipado com duas lâminas de espessuras diferentes. Essas determinações foram realizadas num intervalo de tempo de cerca de 3 horas.

4.4.1 Testes de cisalhamento usando um equipamento *Warner-Bratzler*

Uma porção das amostras foi submetida a testes de cisalhamento utilizando-se um equipamento *Warner-Bratzler* (modelo 235 6x, marca Salter Brecknell) (Figura 14). A célula de medida deste equipamento era uma lâmina de aço inoxidável com 1,18 mm de espessura e 126,77 mm de altura, com uma abertura de corte de formato triangular com 60° de abertura, pesando 37,4287 g (Figura 15).

Figura 14 - *Warner-Bratzler* Shear Force utilizado na determinação da força de cisalhamento

Figura 15 - Lâmina de cisalhamento do equipamento *Warner-Bratzler*.

As amostras eram colocadas na abertura da célula de medida, sendo cisalhadas pela célula movendo-se com velocidade de 3,8 mm/s, no sentido ascendente (Figura 16). Quando a amostra era cisalhada, o ponteiro mais fino (Figura 14) parava indicando a força de cisalhamento no painel graduado do equipamento, expressa em kgf.

Figura 16 - Exemplo de amostra colocada na lâmina de cisalhamento do equipamento Warner-Bratzler.

4.4.2 Testes de cisalhamento usando um Texturômetro TAXT2i com duas lâminas diferentes

As outras duas porções de amostras foram submetidas a testes de cisalhamento com o auxílio de um Texturômetro (modelo TA.XT2i, marca *Stable Micro Systems*) (Figura 17), utilizando duas lâminas *Warner-Bratzler* “V”, ambas fabricadas em aço inoxidável e com ângulos de corte com 60°, de dimensões diferentes:

- Lâmina 1 mm (Figura 18) - com espessura de 1,01 mm e comprimento e largura de 64,94 e 44,90 mm, respectivamente, pesando 17,0906 g.

- Lâmina 3 mm (Figura 19) – com espessura de 3,07mm, comprimento e largura de 100,12 e 69,97mm, respectivamente, pesando 142,2018 g.

Figura 17 – Texturômetro TAXT2i utilizado nos testes de cisalhamento.

Figura 18 - Lâmina Warner-Bratzler "V" de 1 mm utilizada nas análises

Figura 19 - Lâmina *Warner-Bratzler* "V" de 3 mm utilizada nas análises

Para a realização dos testes, as amostras foram colocadas sobre um suporte, no centro da fenda por onde a lâmina se movimenta (Figura 20). As amostras eram cisalhadas pelas lâminas movendo-se a 8,3 mm/s, direção descendente. O programa do equipamento permitia a leitura da força em tempo real, gerando assim, uma curva de tensão contra tempo. Assim, a força de cisalhamento, expressa em kgf, foi determinada diretamente dessas curvas, como a força máxima, com o emprego do programa *Texture Expert V. 4.013.0* (*Stable Micro Systems*).

Figura 20 – Exemplo de amostra colocada na célula de cisalhamento do Texturômetro TAXT2i.

4.5 Microestrutura dos cortes das amostras

Após os testes de cisalhamento, cinco metades das amostras de cada corte foram escolhidas ao acaso, para estudo da microestrutura da superfície dos cortes. Essas amostras foram congeladas em freezer, liofilizadas e mantidas em dessecador contendo sílica gel, para posteriores análises feitas com um microscópio eletrônico de varredura (modelo TM-3000, marca Hitachi) com feixe a 15kV.

4.6 Análises da composição centesimal das amostras de carne

O restante da carne não utilizado nos testes de cisalhamento e de microestrutura foi misturado por cada corte, homogeneizado em multiprocessador (modelo Mega Master Plus, marca Walita), constituindo assim uma única amostra homogênea de cada corte. Assim, alíquotas de

aproximadamente 300 g dessas amostras foram retiradas para as análises descritas a seguir.

4.6.1 Umidade

A umidade das carnes foi determinada por secagem a 105°C, em estufa com circulação e renovação de ar (modelo 515A, marca Orion), até peso constante (AOAC, 1990).

4.6.2 Proteínas

O teor proteico das amostras foi determinado pelo método de “*Kjeldahl*” utilizando-se o fator de conversão de 6,25 (AOAC, 1990).

4.6.3 Lipídeos

Para a determinação do teor lipídico foi utilizado o método de “*Soxhlet*” (gravimétrico), com éter de petróleo como solvente (AOAC, 1990).

4.6.4 Cinzas

O teor de cinzas das carnes foi determinado pela calcinação da amostra em mufla a 550°C, até a obtenção de cinzas claras (AOAC, 1990).

4.7 Análise estatística

Foram realizadas análises descritivas para as forças de cisalhamento visando caracterizar cada um dos três equipamentos avaliados. Estas análises descritivas foram realizadas por meio de procedimento PROC UNIVARIATE do programa *Statistical Analysis System*, versão 9.2 (SAS, 2004).

Para avaliação da força de cisalhamento, considerando os diferentes tipos de cortes cárneos e os três equipamentos avaliados, adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + C_j + CE_{ij} + e_{ijk} \quad (2)$$

em que,

y_{ijk} = é o valor observado para a força de cisalhamento na repetição k , do corte cáneo j e obtido pelo equipamento i ;

μ = constante inerente a todas observações;

E_i = efeito fixo do i -ésimo equipamento, sendo $i = 1$ (WB), 2 (Lamina 1 mm) e 3 (Lâmina 3 mm);

C_j = efeito do j -ésimo corte cáneo avaliado, sendo $j = 1$ (contra-filé), 2 (Maminha), 3 (Lagarto), 4 (Filé mignon), 5 (Picanha) e 6 (Lombo);

CE_{ij} = efeito da interação da equipamento i com o corte cáneo j ;

e_{ijkl} = efeito aleatório residual associado à repetição k , do corte cáneo j e obtido pelo equipamento i , suposto NIID $(0, \sigma_e^2)$.

Quando foram observados resultados significativos nas análises de variância, foram utilizados como procedimentos de comparações múltiplas os testes t de Student e *tukey*.

Para avaliação das relações existentes entre os equipamentos, foram realizadas análises de regressão utilizando as forças de cisalhamento obtidas

no texturômetro como variáveis independentes e a força de cisalhamento obtida no *Warner-Bratzler* como variável dependente. A escolha dos melhores modelos de regressão baseou-se na significância do Teste F da análise de variância da regressão, significância dos coeficientes de regressão de cada modelo, bem como, no coeficiente de determinação obtido em cada modelo avaliado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização inicial dos cortes cárneos

Os cortes cárneos utilizados nesta dissertação tiveram pesos variando de 0,758 a 4,904kg por peça, enquanto os comprimentos foram compreendidos entre 24,33 a 60,50cm (Tabela 1). Essas dimensões explicam, de certa forma, a necessidade de se utilizar mais de uma peça de certos cortes, para os testes de cisalhamento.

Tabela 1 – Resultados* da caracterização inicial das amostras utilizadas no experimento.

Corte	Nº de peças	Peso (kg)	Comprimento (cm)	pH	Temperatura (°C)
Contra filé	1	4,904	57,0	5,69±0,07	9,7±2,27
Maminha	3	0,758	24,3	5,60±0,32	18,8±1,86
Lagarto	2	2,415	32,5	5,58±0,09	14,2±1,86
Filé mignon	2	2,381	59,0	5,72±0,07	19,9±2,10
Picanha	2	1,301	28,5	5,69±0,06	12,2±2,87
Lombo suíno	2	2,020	60,5	6,20±0,04	16,3±0,49

* Médias das medidas dos números de peças indicados.

O pH dos cortes bovinos, que ficou entre 5,6 e 5,7, pode ser considerado como normal, ou seja, essas carnes devem ter sido obtidas de animais sadios com bom manejo pré-abate. Nesses casos, o pH da carne bovina deve permanecer entre 5,5 e 5,9 (ROÇA, 2006). Por outro lado, o pH do lombo suíno foi maior que das carnes bovinas, ficando em 6,2. A carne suína sem anomalias deve apresentar pH entre 5,5 e 6,0, após 24 horas *post mortem*, entretanto o corte aqui utilizado não apresentou a anomalia tipo DFD (escura, firme e seca) pois o pH desse tipo de carne seria 6,4 (VAN DER WAL et al.,

1988). Assim, os resultados obtidos neste trabalho podem sugerir que os lombos utilizados foram obtidos de animais com manejo pré-abate não adequado.

A temperatura dos cortes, no momento da caracterização, variou entre 9,7 e 19,9°C. Essas medidas foram importantes para a compensação do pH, que era feito automaticamente pelo peagâmetro.

5.2 Composição centesimal dos cortes cozidos

Pode-se observar na Tabela 2 que todos os cortes apresentaram umidade superior a 50% após o cozimento. Os valores variaram de 50,98% obtido para Picanha e 67,44% para Lombo suíno, observando-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a maioria dos cortes, exceto para o Contra filé e o Filé mignon. Esses resultados podem ser importantes para se explicar os comportamentos da textura dos diversos cortes cárneos. Pode-se esperar, por exemplo, que amostras mais úmidas sejam mais macias e vice-versa.

Tabela 2 – Composição química (g/100g de amostra úmida) dos cortes cárneos utilizados no experimento.

Corte	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas
Contra filé	57,82 ^c	28,17 ^{ab}	9,00 ^b	1,42 ^a
Maminha	53,17 ^d	25,31 ^c	17,94 ^a	1,38 ^a
Lagarto	61,80 ^b	27,26 ^b	5,99 ^c	1,39 ^a
Filé mignon	58,37 ^c	33,23 ^a	3,56 ^d	1,45 ^a
Picanha	50,98 ^e	24,69 ^c	19,06 ^a	1,39 ^a
Lombo suíno	67,44 ^a	28,62 ^{ab}	1,45 ^e	1,31 ^a

Médias em uma mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação aos teores de proteínas, observou-se (Tabela 2) que o Contra filé, Filé mignon e Lombo suíno apresentaram os maiores ($p < 0,05$)

teores proteicos, enquanto Maminha e Picanha apresentaram os menores ($p < 0,05$) valores. De modo geral, os teores de proteínas variaram entre 24,69 e 33,23%.

Em relação ao teor de gordura, observou-se que a maminha e a picanha tiveram os maiores ($p < 0,05$) valores, ou seja, foram cortes com bastante marmoreio, e que o Lombo suíno foi o corte com menor ($p < 0,05$) teor de gordura (Tabela 2). Em termos gerais, observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre todos os cortes, exceto entre a Picanha e a Maminha.

Por outro lado, observou-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os teores de cinzas dos diferentes cortes cárneos, que permaneceram em torno de 1,4%.

Vaz et al. (2001) ao estudar as características da carne de bovinos inteiros e castrados observaram relação entre o teor de gordura e a maciez medida em *Warner-Bratzler*. Os animais castrados apresentaram carne com maior teor de gordura e maior maciez enquanto com a carne dos animais inteiros ocorreu o contrário. Corroborando com o trabalho dos autores, Pedrão et al. (2009), estudando a composição química e textura de Cupim e Contra filé, também encontraram a mesma relação entre o teor de gordura e a maciez medida em texturômetro. Os autores atribuíram este comportamento à provável ação lubrificante da gordura em relação à penetração da lâmina na amostra. Também foi encontrada relação entre o teor de umidade e proteínas, onde quanto maior o teor proteico e menor umidade, maior a maciez.

Em estudo sobre os parâmetros físico-químicos da carne de bovinos Angus e Nelore, Rossato et al. (2010) não observaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os teores de umidade, lipídeos e proteínas das carnes, porém

notaram diferença significativa na maciez medida utilizando texturômetro com lâmina de 1 mm. Os animais da raça Angus apresentaram carne com maciez de 1,27 kg, menor que os da raça Nelore.

Ao avaliarem as características físico-químicas da carne de bubalinos abatidos em diferentes períodos de confinamento, Andrighetto et al. (2008) não observaram diferença significativa entre os teores de umidade, proteína lipídeos e maciez medida em *Warner-Bratzler* na carne dos animais abatidos com 75, 100, 125 e 150 dias de confinamento.

5.3 Perda de água por cocção

É comum as carnes perderem suco celular durante o cozimento, podendo haver perda na forma de água líquida (exsudado que fica no recipiente de cozimento), ou por evaporação dentro do forno. A perda de água por cocção (PAC) determinada nesta dissertação corresponde à soma dessas duas perdas, uma vez que foi calculada pela diferença de pesos das amostras antes e depois do cozimento. De maneira geral, os valores de PAC variaram entre 28,11 e 37,25%, o que representa uma variação média de 9,14% entre os cortes (Figura 21).

Figura 21 - Percentuais de perda de água por cocção (médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey).

Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) apenas entre os valores correspondentes ao Lombo suíno e aos cortes Maminha e Lagarto, onde o primeiro apresentou maior média e os últimos, as menores médias.

A PAC está relacionada inversamente com a capacidade de retenção de água da carne, propriedade funcional de suma importância tecnológica (ROÇA, 2006). Esta pode ser definida como a capacidade da carne de reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem.

Kazama et al. (2008), estudando as características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas, não observaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a perda de água por cocção do Contra filé nos tratamentos avaliados. Os valores encontrados foram de 27,82, 25,63 e 27,51%, para dietas à base de milho, gérmem de milho e farelo de arroz, respectivamente, que por sua vez são inferiores os encontrados neste trabalho.

Em estudo avaliando a qualidade do músculo *Longissimus dorsi* de novilhos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos, Costa et al. (2002) obtiveram percentuais de perda por cocção de 20,13; 21,75; 23,21 e 25,58%, para animais abatidos com pesos de 340, 370, 400 e 430 kg, respectivamente. Os valores encontrados pelos autores foram inferiores aos encontrados para o mesmo músculo neste trabalho.

Rosa (2009) em estudo proteômico do efeito da atmosfera modificada na estabilidade da cor e na vida útil da carne suína acondicionada em embalagens de transporte tipo masterpack sob refrigeração, observou diminuição gradual dos resultados de PAC do primeiro para o 22º dia de armazenamento, sugerindo melhora na capacidade de retenção de água durante a estocagem. Os valores variaram de 25,3 a 36,9%, que foram inferiores ao encontrado no presente trabalho para o Lombo suíno.

5.4 Análise descritiva dos resultados dos testes de cisalhamento

Os resultados da análise estatística descritiva dos resultados dos testes de cisalhamento dos cortes em estudo, com os equipamentos utilizados, estão apresentados na Tabela 3.

As maiores médias foram obtidas no texturômetro com lâmina de 3 mm, seguido pelo *Warner-Bratzler* e texturômetro com lâmina de 1 mm, o que já era esperado pois como relatado por Bourne (2002), quanto maior a espessura da lâmina, maior é a força exercida para o rompimento da amostra. Resultados similares foram obtidos por Souza (2008) que ao analisar o efeito da espessura

da lâmina em texturômetro TA.XT2i na determinação da força de cisalhamento em *Longissimus dorsi*, obteve valores de 5,8 e 6,4 kg para as lâminas de 1 e 3 mm respectivamente.

Tabela 3 – Resultados da análise estatística descritiva dos resultados dos testes de cisalhamento.

Equipamento	N ¹	Média ²	Mediana	D.P.	C.V.	Valor Mínimo	Valor Máximo
Contra filé							
Warner-Bratzler	19	5,10	5,00	1,35	26,53	2,50	8,75
Texturômetro 1mm	19	4,59	4,55	1,14	24,89	2,50	6,85
Texturômetro 3mm	19	6,08	5,92	1,13	18,59	4,38	7,80
Maminha							
Warner-Bratzler	9	6,19	5,35	1,53	24,76	4,85	9,50
Texturômetro 1mm	9	4,64	4,62	0,29	6,27	4,26	5,15
Texturômetro 3mm	9	9,61	9,90	2,55	26,51	5,38	12,79
Lagarto							
Warner-Bratzler	20	6,54	6,45	1,08	16,49	5,20	9,20
Texturômetro 1mm	20	6,52	6,62	1,20	18,38	4,04	9,17
Texturômetro 3mm	20	8,56	8,53	1,11	13,00	6,58	10,23
Filé Mignon							
Warner-Bratzler	16	8,27	7,90	1,96	23,70	4,55	13,00
Texturômetro 1mm	16	7,36	7,16	1,44	19,51	4,82	10,61
Texturômetro 3mm	16	11,76	11,62	3,14	26,72	5,75	16,76
Picanha							
Warner-Bratzler	9	9,50	10,40	1,99	20,93	6,25	11,50
Texturômetro 1mm	9	7,99	8,20	2,28	28,50	3,83	11,30
Texturômetro 3mm	9	12,20	12,15	3,70	30,37	6,43	18,61
Lombo suíno							
Warner-Bratzler	14	6,35	5,55	2,80	44,09	3,40	11,20
Texturômetro 1mm	14	5,44	4,42	2,18	40,14	3,17	10,43
Texturômetro 3mm	14	8,43	6,33	4,43	52,55	4,33	17,88

1- Número de amostras; 2 – Unidades: WB: kgf; Texturômetro: kg.

De maneira geral, as médias das forças de cisalhamento variaram de 4,59 a 12,2 kg, onde o Contra filé apresentou as menores médias em todos os testes, enquanto Picanha seguida de Filé mignon apresentaram as maiores.

Hildrum et al. (2009) encontraram valores médios da força de cisalhamento obtidos em *Warner-Bratzler* de aproximadamente 8,2; 6,5 e 5,5 kg para Picanha, Contra filé e Lagarto, respectivamente. Esses valores foram diferentes dos encontrados neste trabalho, o que pode ser explicado pela diferença de espécies, já que os autores citados trabalharam com gado *Norwegian Red* e a espécie pode ser um dos fatores que mais afeta a maciez (LAWRIE, 2005).

Lorenzen et al. (2010) avaliando a performance do *Warner-Bratzler*, obtiveram média 3,53 kg de força de cisalhamento em Contra filé, resultado inferior ao do presente trabalho, porém no desvio padrão, os autores observaram valor superior (7,8).

Contra filé e Lagarto apresentaram valores de desvio padrão muito semelhantes nos três testes, evidenciando uma boa repetibilidade dos testes em cada equipamento, porém no caso do Contra filé, os coeficientes de variação foram relativamente altos. Por outro, o Lagarto apresentou baixos valores de coeficiente de variação em relação aos demais cortes, sinalizando boa repetibilidade dos testes.

Filé mignon e Lombo suíno obtiveram desvios padrão semelhantes para *Warner-Bratzler* e Texturômetro com lâmina de 1mm, porém coeficientes de variação um pouco mais elevados em relação aos demais cortes, no geral, que apresentaram desvios diferentes e coeficientes elevados.

Os coeficientes de variação foram bastante distintos, variando de valores baixos, como o da Maminha de 6,27% obtido no texturômetro equipado com lâmina de 1mm, até valores elevados como o do lombo suíno, que apresentou 52,55% de variação no texturômetro com lâmina de 3 mm.

Lombo suíno apresentou coeficientes de variação bastante elevados para os três testes, variando de 40,14 a 52,55%. Tais valores sinalizam um possível efeito dos fatores intrínsecos do corte na performance e acurácia dos testes.

Apesar de algumas variações, observou-se comportamentos bastante similares nos resultados obtidos em *Warner-Bratzler* e Texturômetro com lâmina de 1 mm. O texturômetro equipado com lâmina de 3 mm na maioria dos casos apresentou maiores médias, desvios padrão e coeficientes de variação, o que denota baixa eficiência da lâmina para determinação da maciez de carnes pela força de cisalhamento. Tal fato também pôde ser observado nas curvas de cisalhamento produzidas durante os testes no texturômetro, conforme o exemplo apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Exemplo de curvas geradas durante o teste de cisalhamento no Texturômetro (Maminha a) com lâmina de 1 mm b) com lâmina de 3mm)

Sabe-se que a maciez da carne está relacionada com a capacidade de retenção de água (PINHEIRO et al., 2006), porém neste trabalho não foi observada relação entre os percentuais de perdas de água (Figura 21), força

de cisalhamento e comportamento dos cortes frente aos testes (desvios padrão e coeficientes de variação) (Tabela 3).

Apesar de muitos autores relacionarem a composição química da carne com a maciez (VAZ et al., 2001; MADRUGA et al., 2002; PEDRÃO et al., 2009; ANDRIGHETTO et al., 2008; ROSSATO et al., 2010), também não foi observada relação direta entre os teores de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas (Tabela 2) com o comportamento dos cortes em estudo, frente aos testes realizados (Tabela 3).

Com a finalidade de se tentar explicar, em termos, do comportamento dos testes de cisalhamento, a microestrutura dos cortes das amostras foi estudada nas superfícies cisalhadas em *Warner-Bratzler* (Figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28). Observou-se que para o Contra filé, o teste de determinação da força de cisalhamento ocasionou rompimento irregular das fibras (Figura 23). Foi nítida a presença de fibras cisalhadas (A) e de fibras deformadas por tracionamento (B), ou seja, esses testes não foram verdadeiramente de cisalhamento. Segundo Chaib (1973), quando uma amostra é cisalhada, percebe-se nítida separação da amostra, sem provocar deformação. Aparentemente, também pôde se observar a presença de tecido conjuntivo (C) entre as fibras, nos pequenos espaços vazios entre as mesmas.

Figura 23 - Micrografias da superfície cisalhada de Contra filé. Esquerda: Aumento de 40x; Direita: Aumento de 100x.

Ainda aparentemente, o comportamento global dos testes de cisalhamento das amostras de Contra filé foi controlado pelo cisalhamento das fibras, ou seja, a presença de fibras deformadas por tracionamento, não foi suficiente para afetar o comportamento como um todo. Assim, se explica os baixos desvios padrão na análise descritiva com esse corte cárneo (Tabela 3).

Para a maminha, observou-se que o teste provocou rompimento bastante regular das fibras (Figura 24), ou seja, percebeu-se que as superfícies cisalhadas apresentaram formas homogêneas, representando a seção transversal das fibras. Entretanto, percebeu-se certa orientação do tecido como um todo, aparentemente na direção do movimento da lâmina (no sentido do canto superior direito para o canto inferior esquerdo na Figura 24 - Direita). Outra característica observada foi uma aparente compressão da amostra, previamente ao cisalhamento, demonstrada pelo fato de que em algumas regiões as fibras estão aderidas umas às outras formando espécies de blocos (A).

Figura 24 - Micrografias da superfície cisalhada de Maminha. Esquerda: Aumento de 40x; Direita: Aumento de 100x.

Certamente, devido ao rompimento característico de corte observado na Maminha, esta carne apresentou baixos valores de desvios padrão no *Warner-Bratzler* e texturômetro com lâmina de 1 mm.

No Lagarto (Figura 25) e no Filé mignon (Figura 26), observou-se grande quantidade de fibras deformadas por tracionamento (A), além da presença de algumas fibras aderidas umas às outras (B), sugerindo que nesses testes, as amostras foram inicialmente submetidas a forte compressão, seguida por cisalhamento e por tração. Certamente ocorreu a combinação de alguns princípios durante o teste e não só o cisalhamento. A incidência de tecido conjuntivo também foi visível no Lagarto (C), mas no Filé mignon, foi pouco visível, o que é característico desse músculo (LAWRIE, 2005).

Figura 25 - Micrografias da superfície cisalhada de Lagarto. Esquerda: Aumento de 40x; Direita: Aumento de 100x.

Figura 26 - Micrografias da superfície cisalhada de Filé mignon. Esquerda: Aumento de 40x; Direita: Aumento de 100x.

Apesar de ter ocorrido mais de um princípio durante o teste, o Lagarto e o Filé mignon apresentaram baixos desvios padrão e coeficientes de variação médios, em relação aos demais.

Observou-se que no caso da Picanha (Figura 27), o teste causou deformação da amostra (A) de forma semelhante ao ocorrido no Contra filé (Figura 23), observando-se também a ocorrência do cisalhamento. Porém, pôde-se observar também a presença de algumas fibras aderidas umas às

outras, características da compressão (B). Isso explicaria também, o moderado valor de coeficiente de variação dessa carne.

Figura 27 - Micrografias da superfície cisalhada de Picanha. Esquerda: Aumento de 40x; Direita: Aumento de 100x.

Nas micrografias do Lombo suíno (Figura 28), foi observada certa irregularidade na espessura e formato das fibras (A), muito possivelmente devido a uma forte compressão das amostras previamente ao cisalhamento. Praticamente, não se observou fibras isoladas, isto é, não foi observada superfície cisalhada representando a sessão transversal de uma fibra. Consequentemente, observou-se grande incidência de espaços vazios entre os aglomerados de fibras (B), também devido à compressão das amostras.

Figura 28 - Micrografias da superfície cisalhada de Lombo suíno. Esquerda: Aumento de 40x; Direita: Aumento de 100x.

O Lombo suíno apresentou médias distintas, desvios padrão elevados e coeficientes de variação muito elevados, certamente devido à forte compressão das amostras antes do cisalhamento. Possivelmente, esse comportamento ocorreu por se tratar de tecido com baixíssima rigidez.

Conforme pode ser observado houve diferenças na presença e quantidade de tecido conjuntivo bem como na quantidade e espessura de fibras e presença de espaços vazios entre as mesmas nos cortes cárneos em estudo, o que já era esperado, pois segundo Lawrie (2005) as proporções de tecido conjuntivo e fibras musculares variam entre diferentes músculos. Esse autor relatou ainda que em animais saudáveis o diâmetro das fibras difere entre espécies, raças, sexo, de um músculo para outro e até mesmo dentro de um mesmo músculo.

Hildrum et al. (2009) estudando dez diferentes cortes bovinos utilizando *Warner-Bratzler*, encontraram valores mínimo e máximo médios de 2,89 e 13,75 kg para a força de cisalhamento dos cortes. A diferença média entre os

valores mínimo e máximo encontrada pelos autores foi de 10,86 kg, valor bastante superior ao do presente trabalho, que foi de 3,29 kgf.

5.5 Correlações entre as técnicas de determinação da força de cisalhamento

Segundo os resultados da análise de variância (Tabela 4), os efeitos de todos os parâmetros estudados, ou seja, o corte cárneo, o equipamento e a interação Corte x Equipamento, foram significativos a 5% de probabilidade. Assim, apresenta-se na Tabela 5, o desdobramento do efeito das diferentes técnicas em cada corte cárneo estudado, utilizando-se como procedimento de comparações múltiplas o teste *t* de Student.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos dados relativos aos diferentes cortes e equipamentos em estudo.

Fontes de variação	GL*	Pr > F
Corte	5	< 0,0001**
Equipamento	2	< 0,0001**
Corte * Equipamento	10	0,0330*

*Graus de liberdade

Tabela 5 – Desdobramento do efeito das diferentes técnicas em cada corte cárneo estudado.

Corte	Warner-Bratzler (kgf)	Texturômetro 1 mm (kg)	Texturômetro 3 mm (kg)
Contra filé	5,23 ^a	4,65 ^a	6,09 ^a
Maminha	6,19 ^b	4,64 ^b	9,61 ^a
Lagarto	6,62 ^b	6,42 ^b	8,46 ^a
Filé Mignon	8,09 ^b	7,45 ^b	12,18 ^a
Picanha	9,50 ^b	7,99 ^b	12,19 ^a
Lombo suíno	6,35 ^b	5,43 ^b	8,43 ^a

Médias em uma mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de *t* de student.

De maneira geral, os valores médios da força de cisalhamento obtidos no equipamento Warner-Bratzler foram significativamente ($p > 0,05$)

semelhantes aos obtidos com o texturômetro com a lâmina de 1 mm, e os valores obtidos com o texturômetro com a lâmina de 3 mm foram maiores ($p < 0,05$) que os outros valores, exceto para os resultados do Contra filé (Tabela 5). Souza (2008) estudou a textura do Contra filé utilizando um texturômetro similar ao utilizado neste estudo, e também não observaram diferença significativa entre os valores médios obtidos com as duas lâminas: 5,8 e 6,4 kg para as lâminas de 1 e 3 mm, respectivamente. Similarmente, Pinto, Ponsano e Almeida (2010) também não observaram diferença significativa na textura da carne determinada em texturômetro com as duas lâminas de interesse. Esses autores determinaram força de cisalhamento do Contra filé de carcaças resfriadas rapidamente, em torno de 14,4 kg, valor esse que parece excessivamente elevado.

Assim, pode-se considerar que o emprego do texturômetro com a lâmina de 3 mm superestima os valores da força de cisalhamento, ou seja, induz o pesquisador a considerar suas amostras de carne como de alta dureza.

Para avaliação de eventuais correlações existentes entre os resultados dos dois equipamentos, foram realizadas análises de regressão utilizando-se as médias das forças de cisalhamento obtidas nos respectivos equipamentos.

As análises dos dados permitiram determinar correlações lineares entre as forças de cisalhamento obtidas em *Warner-Bratzler* e Texturômetro com lâmina de 1 mm (Equação 3, Figura 29) e entre as forças de cisalhamento obtidas em *Warner-Bratzler* e Texturômetro com lâmina de 3 mm (Equação 4, Figura 30). Apesar do baixo valor de ambos os coeficientes de correlação, ambos modelos foram significativos ($F_{cal} > F_{Tab}$) e são, portanto, capazes de

predizer valores da força de cisalhamento de uma técnica com base nos valores de outra.

$$Y_{\text{Text_WB}} = 1,96 + 0,80X_{\text{Text_1 mm}} \quad (R^2 = 0,469) \quad (3)$$

Figura 29 - Correlação entre as forças de cisalhamento obtidas em *Warner-Bratzler* e Texturômetro com lâmina de 1mm.

$$Y_{\text{Text_WB}} = 2,29 + 0,49X_{\text{Text_3 mm}} \quad (R^2 = 0,571) \quad (4)$$

Figura 30 - Correlação entre as forças de cisalhamento obtidas em *Warner-Bratzler* e Texturômetro com lâmina de 3 mm.

Se qualquer equipamento utilizado para determinação de força de cisalhamento de carnes fornecesse resultados iguais aos obtidos com o equipamento Warner-Bratzler, seria de esperar, num estudo similar, que existissem correlações lineares com coeficientes angulares iguais à unidade. Mas, neste estudo observou-se que os coeficientes angulares das equações das retas não só foram diferentes da unidade, como foram diferentes entre si: o determinado com os dados do texturômetro com a lâmina de 1 mm foi próximo de 1 (Equação 3), e o obtido com a lâmina de 3 mm foi mais distante da unidade (Equação 4).

A primeira explicação para essa diferença no coeficiente angular seria a diferença de espessura das lâminas, uma vez que por definição, tensão é calculada pela divisão da força aplicada pela área na qual a força foi aplicada. E, em tese, espera-se igualdade de uma propriedade mecânica medindo-se a tensão (e não a força). Assim, como as superfícies de corte das lâminas seriam calculadas pelo produto das respectivas espessuras pelo tamanho do seu contato com a amostra, e como as amostras teriam as mesmas dimensões, a única variável que sobraría seria a espessura das lâminas. Entretanto, observou-se que a relação entre as espessuras da lâmina de 3 mm e a de 1 mm, que vale 3,04 (3,07 mm/1,01 mm), é superior à relação aos respectivos coeficientes angulares, cuja razão vale 0,61 (0,49/0,8). Assim, as explicações para esses resultados devem ser creditadas a outros fatores:

- Eventuais diferenças nas dimensões das amostras, que na prática não são sempre cilindros perfeitos.

- Diferenças entre o ponto de cozimento das amostras, apesar do rigor no controle desse processo.

- Diferenças nas velocidades da sonda de cisalhamento, cujo efeito é difícil de prever, uma vez que esse parâmetro é fixo no equipamento Warner-Bratzler, e não foi possível se fixar o mesmo valor no texturômetro.

- E finalmente, devido a uma pequena diferença das lâminas, uma vez que as lâminas do texturômetro tem forma triangular com ângulo bem definido, enquanto que a lâmina do Warner-Bratzler tem ângulo com forma de arco.

A principal consequência dessas diferenças de valores dos coeficientes angulares é que os valores calculados com ambas equações serão mais ou menos distantes do esperado de acordo com a faixa do seu valor. Por exemplo, se em uma análise hipotética em que se obteve força de cisalhamento de 3,5 kgf no texturômetro com lâmina de 1 mm, usando-se adequadamente a Equação 3 para o *Warner-Bratzler* se obteria um valor de 4,8 kgf (37% maior), mas se o valor determinado foi 10 kgf, então o valor calculado seria 10 kgf, ou seja, o erro será maior para carnes mais macias. Por outro lado, em uma análise hipotética em que obteve-se força de cisalhamento de 3,5 kgf no texturômetro com lâmina de 3 mm, o valor calculado para o *Warner-Bratzler* seria 4 kgf (14% maior), enquanto que se tivesse sido 10 kgf no texturômetro, o valor correspondente ao equipamento Warner Bratzler seria 7,2 kgf (39% menor), ou seja, o maior erro seria com carnes mais duras.

Infelizmente, os resultados das análises por regressão dos dados do texturômetro com as duas lâminas não foram significativos. Assim, não foi possível estabelecer uma equação que correlacionasse ambos os dados. Souza (2008) também não conseguiu estabelecer essa relação linear.

Apesar de o protocolo de determinação da força de cisalhamento *Warner-Bratzler* ter sido padronizado pelo USDA (WHEELER et al., 1997) com

indicação de utilização de lâmina de 1 mm, é comum encontrar Texturômetros TAXT2, equipados com a lâmina mais grossa, de 3 mm de espessura.

6 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho, conclui-se que nas condições experimentais utilizadas, existe correlação significativa entre as técnicas de determinação da força de cisalhamento utilizando *Warner-Bratzler* com aquelas realizadas por meio de Texturômetro TAXT2 com lâmina de 1 e 3 mm de espessura.

Os resultados obtidos com a lâmina de 1 mm no Texturômetro são bastante semelhantes aos obtidos no *Warner-Bratzler*, porém aqueles provenientes da lâmina de 3mm são superestimados, ou seja, indicam menor maciez à carne do que possui na realidade.

No estudo da microestrutura ficou evidente a ocorrência de outros princípios, que não o cisalhamento, que podem ter interferido nos resultados de uma maneira geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina - uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil, n. 1, p. 193-216, 2007.

ALVES, D.D. et al. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia GO, Brasil. v.6, n.3, p. 135-149, 2005.

ANDRIGHETTO, C. et al. Características físico-químicas e sensoriais da carne de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa MG, Brasil. v. 37, n. 12, p. 2179-2184, 2008.

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 1990.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002.

CAMPION, D.R.; CROUSE, J.D.; DIKEMAN, M.E. Predictive value of USDA beef quality grade factors for cooked meat palatability. **Journal of Food Science**, Chicago, United States. v. 40, n. 6, p.1225, 1975.

CHAIB, M.A. **Métodos de avaliação de textura da carne**. 1973. 97f. Dissertação (Mestrado) Curso de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP, 1973.

COSTA, E. C. DA et al. Composição Física da Carcaça , Qualidade da Carne e Conteúdo de Colesterol no Músculo *Longissimus dorsi* de Novilhos Red Angus Superprecoces , Terminados em Confinamento e Abatidos com Diferentes Pesos. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa MG, Brasil. v.31, n.1, p. 417-428, 2002.

GOLL, D.E. et al. Role of the calpain system in muscle growth. **Biochimie**, Paris, France. v.74, n.3, p. 225-237, 1992

HADLICH, J. C. et al. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum Animam Sciences**, Maringá PR, Brasil, v.28, n.1, p. 57-62, 2006.

HEINEMANN, R.J.B. et al. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, Brasil, v.38, n.8, p.963-971, 2003.

HEINEMANN, R.J.B.; PINTO, M.F. Efeito da injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na textura e aceitabilidade de carne bovina

maturada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas SP, Brasil, v.23, supl. p. 146-150, 2003.

HERRERO, A. M. et al. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.80 n.3, 2008. p. 690-696

HERRERO, A. M.; ORDÓÑEZ, J. A.; ÁVILA, R.; HERRANZ, B.; DE LA HOZ L.; CAMBERO, M. I. Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.77, n.3, p. 331–338, 2007.

HILDRUM, K. I. et al. Classification of different bovine muscles according to sensory characteristics and Warner Bratzler shear force. **Meat science**, Barking, Inglaterra, v.83, n.2, p. 302-307, 2009.

JONES, B.K.; TATUM, J.D. Predictors of beef tenderness among carcass produced under commercial conditions. **Journal of Animal Science**, Champaign, United States, v.72, n.6, p. 1492-1501, 1994.

KAZAMA, R. et al. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa MG, Brasil, v.37, n.2, p. 350-357, 2008.

KLONT, R.E., EIKELNBROOM G., BROCKS, L. Muscle fiber type and meat quality. In: **Proceedings of the 44th International Congress of Meat Science and Technology**. Barcelona, España, p. 98-105, 1998.

KOOHMARAIE, M. et al. Beef tenderness: regulation and prediction. Center, NE: USDA-ARS, US Meat Animal Research Center, 1998. 90p.

KOOHMARAIE, M. et al. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.62, n.3, p. 345-352, 2002.

KOOHMARAIE, M. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.36, n.3, p. 93-104, 1994.

KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45, 1992, Knoxville. **Proceedings...** Knoxville: American Meat Science Association, p.63-71.1992.

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

LORENZEN, C. L. et al. Efficacy of performing Warner-Bratzler and slice shear force on the same beef steak following rapid cooking. **Meat science**, Barking, Inglaterra, v.85, n.4, p. 792-794, 2010.

MADRUGA, M. S. et al. Influência da Idade de Abate e da Castração nas Qualidades Físico-Químicas , Sensoriais e Aromáticas da Carne Caprina **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa MG, v.31, n.3, p. 1562-1570, 2002.

MARTINEZ, O. et al. Texture profile analysis of meat products treated with commercial liquid smoke flavourings. **Food Control**, Guildford, Inglaterra, v.15, n.6, p. 457-461, 2004.

MCKENNA, D. **Warner-Bratzler Shear Force Measurement**. Texas: Texas A&M University, [20--?]. Disponível em: <<http://meat.tamu.edu>>. Acesso em: 07 nov. 2012.

MONIN, G.; OUALI, A. Muscle differentiation and meat quality. In: **Developments in Meat Science**, vol. 5, Lawrie, R.A. (ed.), Elsevier Applied Science, London, Inglaterra, p. 89-157, 1991.

MORAES, M. S. **Maturação da carne bovina**. 2004. 31f. Monografia (Especialização) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2ª edição rev. ampl. Goiânia: Editora UFG, 2006. v. 2.

PAZ, C.C.P. de; LUCHIARI FILHO, A. Melhoramento genético e diferenças de raças com relação à qualidade da carne bovina. **Pecuária de Corte**, n.101, p.58-63, 2000.

PEDRÃO, M. R. et al. Comparison of Proximate Chemical Composition and Texture of cupim , Rhomboideus m . and lombo , Longissimus dorsi m. of Nelore (Bos indicus). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba PR, Brasil, v.52, n.3, p. 715-720, 2009.

PEREIRA, A.S.C. **Qualidade da carne de bovinos Nelore (Bos taurus indicus) suplementados com vitamina E**. 2002, 83f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PINHEIRO, R.S.B. et al. Características sensoriais da carne de ovinos de diferentes categorias. In: REUNIÃO NACIONAL DE ENSINO DE ZOOTEKNIA, 12. 2006, Recife, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: Zootec, 2006.

PINTO, M.F.; PONSANO, E.H.G.; ALMEIDA, A.P.S. Espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne. **Ciência Rural**, Santa Maria RS, Brasil, v.40, n.6, p. 1405-1410, 2010

POWELL, T.H. et al. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. **Meat science**, Barking, Inglaterra, v.54, n.4, p. 307-311, 2000.

ROÇA, R. O. **Composição química da carne**. Laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal Fazenda Experimental Lageado. F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu – SP, 2006.

ROSA, A. F. **Estudo proteômico do efeito da atmosfera modificada na estabilidade da cor e na vida útil da carne suína acondicionada em embalagens de transporte tipo masterpack sob refrigeração**. 2009, 126f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

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

RUIZ de HUIDOBRO, F. et al. Comparison between two methods (Warner–Bratzel and texture profile analysis) for testing either raw meat and cooked meat. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.69, n.3, p. 527–536, 2005.

SARCINELLI, M.F. et al. **Estrutura da Carne**. Boletim Técnico: 01807. Vitória ES, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Pró-Reitoria de Extensão, Programa Institucional de Extensão. 2007.

SAS Institute Inc (2004). SAS/STAT 9.1. **User´s guide**. SAS Publishing, Cary.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo, SP: Varela, 517p.1996.

SILVA, M.L.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; ORTEGA, E. M. M. Efeito do cozimento na qualidade do músculo Semitendinosus. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p. 441-445, 2007

SOUZA, P.S. Comparação dos efeitos da temperatura de cocção e espessura da lâmina de corte na força máxima de cisalhamento Warner Bratzler, no *Longissimus dorsi* e, determinação de um modelo matemático que correlacione estes parâmetros com a força máxima de cisalhamento. **PubVet**, v.2, n.7, ed. 18, art. 155, 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/Cisalhamento/index.htm>. Acesso em: 17 jul. 2012

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, Barking, Inglaterra, v.13, n.4, p. 215-225, 2002.

TRINDADE, M. A.; JÚNIOR, I.G. Bioquímica da Carne: Bases Científicas e Implicações Tecnológicas. In: Maria Gabriela Bello Koblitz. (Org.). **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

VAN DER WAL, P.G. et al. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.24, n.1, p. 79-84, 1988

VAZ, F.N. et al. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa MG, Brasil, v.30, n.2, p. 518-525, 2001.

VESTERGAARD, M. et al. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. **Meat Science**, Barking, Inglaterra, v.54, n.2, p. 187-195, 2000.

WHEELER, T.L. et al. **Standardizing collection and interpretation of Warner-Bratzler shear force and sensory tenderness data**. Proceedings of the Reciprocal Meat Conference, v.50, p.68-77, 1997. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/54380530/1997500068.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2012.

YANG, H.S. et al. Textured and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture - modifying agents. **Meat Science**. Barking, Inglaterra, v.75, n.2, p. 283-289, 2007.

YOKOTA, L.G. et al. Degradação miofibrilar no músculo *Longissimus dorsi* de bovinos de dois grupos genéticos, submetidos a três tempos de resfriamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras, MG. **Anais...** Brasília: SBZ, 2008.

ZAPATA, J.F.F. Tecnologia e Comercialização de Carne Ovina. In: LEITE, E.R. (ed). **Semana da Caprinocultura e da Ovinocultura Tropical Brasileira**, 1994, Sobral, CE. Anais... EMBRAPA CNPC, p.115-128, 1994.