



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

EDSOM ROBERTO LORENCI TONETO

**CARACTERÍSTICAS DO COLÁGENO, TEXTURA E COR DA CARNE
(MÚSCULOS *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e
Infraspinatus) DE FÊMEAS BOVINAS ADULTAS DE QUATRO
GRUPOS GENÉTICOS**

**TESE DE DOUTORADO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE
ALIMENTOS UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.**

**Dr. PEDRO EDUARDO DE FELÍCIO
ORIENTADOR**

**Dr. GELSON LUÍS DIAS FEIJÓ
CO-ORIENTADOR**

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida por Edsom Roberto Lorenci Toneto, aprovada pela comissão julgadora em 28/02/2012 e orientado pelo Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício.

Assinatura do Orientador

CAMPINAS, 2012.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
LUCIANA P. MILLA – CRB8/8129- BIBLIOTECA DA FACULDADE DE
ENGENHARIA DE ALIMENTOS – UNICAMP

T612c Toneto, Edsom Roberto Lorenci
Características do colágeno, textura e cor da carne
(músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e
Infraspinatus) de fêmeas bovinas adultas de quatro grupos
genéticos / Edsom Roberto Lorenci Toneto. -- Campinas, SP:
[s.n], 2012.

Orientador: Pedro Eduardo de Felício.
Co-orientador: Gelson Luís Dias Feijó.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Colágeno. 2. Textura. 3. Cor. 4. Genética. 5.
Músculos. I. Felício, Pedro Eduardo de. II. Feijó, Gelson
Luís Dias. III. Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV.
Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Characteristics of collagen, texture and color
(muscles *Longissimus*, *Semitendinous*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*)
of mature female cattle of four genetics groups

Palavras-chave em inglês (Keywords):

Collagen

Shear force

Thermal stability

Muscles

Genetics

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Doutor em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Pedro Eduardo de Felício [Orientador]

Angélica Simone Cravo Pereira

Janaina Conte Hadlich

Neura Bragagnolo

Renata Tieko Nassu

Data da defesa: 28/02/2012

Programa de Pós Graduação: Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Dr. Pedro Eduardo de Felício
FEA-UNICAMP - Campinas
Presidente

Dra. Angélica Simone Cravo Pereira
USP – Pirassununga
Membro

Dra. Janaína Conte Hadlich
UNESP – Botucatu
Membro

Dra. Neura Bragagnolo
FEA-UNICAMP – Campinas
Membro

Renata Tiekko Nassu
EMBRAPA Sudeste – São Carlos
Membro

Judite das Graças Lapa Guimarães
USP- Pirassununga
Membro

Manuel Pinto Neto
CTC- ITAL – Campinas
Membro

Paulo Cezar Bastianello Campagnol
IFTM – Uberaba
Membro

Dedico essa Tese aos meus pais Irineu (in memoriam) e Lenita por me darem o dom da vida e sempre estarem presentes em toda minha trajetória, apoiando e fazendo o melhor que conseguiram para ajudar a tornar meus objetivos possíveis de serem realizados.

Pegadas na Areia

Uma noite eu tive um sonho...
Sonhei que estava andando na praia com o Senhor
e através do Céu, passavam cenas da minha vida.
Para cada cena que se passava, percebi que eram deixados
dois pares de pegadas na areia;
Um era meu e o outro do Senhor.
Quando a última cena da minha vida passou
diante de nós, olhei para trás, para as pegadas
na areia e notei que muitas vezes, no caminho da
minha vida havia apenas um par de pegadas na areia.
Notei também, que isso aconteceu nos momentos
mais difíceis e angustiantes do meu viver.
Isso entristeceu-me, deveras, e perguntei
então ao Senhor.
"- Senhor, Tú me disseste que, uma vez
que eu resolvi seguir-Te, Tú andarias sempre
comigo, todo o caminho. Contudo, notei que
durante as maiores atribulações do meu viver
havia na areia dos caminhos da vida,
apenas um par de pegadas. Não compreendo
porque nas horas em que mais necessitava de Ti,
Tu me deixaste sozinho."
O Senhor me respondeu:
"- Meu querido filho. Eu te amo e
jamais te deixaria nas horas de provação
e sofrimento.
Quando viste na areia, apenas um par
de pegadas, foi exatamente aí que te carreguei nos braços."

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Irineu (*in memoriam*) e Lenita pelo apoio, carinho, ajuda e companheirismo que sempre demonstraram durante toda minha vida e nesta nova caminhada em busca de mais este sonho.

Aos meus irmãos Cristian e Léia pelo carinho, companheirismo, ajuda e por estarem sempre presentes junto a mim e a família sempre com firmeza, apoio e compreensão.

A minha namorada Andrea pelo carinho, companheirismo, ajuda e apoio sempre demonstrados.

Ao professor Dr. Pedro Eduardo de Felício, pela orientação, ajuda, ensinamentos, amizade e companheirismo sempre demonstrados durante a realização do Doutorado.

Ao pesquisador Dr. Gelson Luis dias Feijó, da Embrapa Gado de Corte – MS, pela co-orientação, amizade, disponibilidade, e ajuda nos trabalhos da Tese.

Ao José Roberto dos Santos pelo auxílio, disponibilidade, zelo e companheirismo nos laboratórios, uso de equipamentos e na realização das análises laboratoriais.

A Dra. Renata Maria Celeghini do Laboratório de Instrumentação pela atenção e apoio na realização das análises instrumentais.

As estagiárias Clere, Amanda, Mariana e Aline, que muito contribuíram para a realização das análises laboratoriais.

Aos colegas Wellington de Freitas Castro e sua esposa Marcília Castro, Paulo B. Campagnol e a Bibiana A. dos Santos pelo companheirismo, auxílio, fraternidade e amizade que sempre demonstraram durante a realização do curso.

Aos demais colegas de curso pela amizade, troca de conhecimentos e companheirismo sempre presentes.

Ao Cosme e ao Marcos da Secretaria de Pós Graduação da FEA – Unicamp pela atenção, disponibilidade e gentileza sempre demonstradas.

Ao técnico Avelardo e as estagiárias do laboratório de carnes da Embrapa Sudeste – SP pelo auxílio nas análises laboratoriais, atenção e disponibilidade sempre demonstradas.

Aos pesquisadores Doutores Maurício M. Alencar, Rymer R. Tulio, Geraldo M. da Cruz e Dra. Renata T. Nassu do CPPSE da Embrapa Pecuária Sudeste, pela atenção e ajuda sempre presentes na preparação, seleção dos animais, abates e análises laboratoriais.

Aos pesquisadores Dra. Jussara Della Torre, do Instituto Adolfo Lutz, Dra. Elsa Youssef e doutorando Denis Marcki da UEL de Londrina - PR, pelo disponibilidade, auxílio e treinamento em metodologias de análises do trabalho.

A Professora Dra. Helena C. F. de Oliveira, e ao doutorando Gabriel de G. Dorighello do Instituto de Biologia – Unicamp e aos professores Dr. Flávio Cruz e Dr. Luis Araújo do Instituto de Física - Unicamp pelo auxílio na metodologia, laboratórios e instrumentação das análises de difração a laser.

Aos Professores Dr. Carlos Grosso e Dra. Flavia Neto do Depan e a Dra. Dirce Yorika Kabuki do laboratório de Higiene pela atenção e auxílio instrumental para a realização das análises de colágeno.

A professora Dra. Neura Bragagnolo da Ciência de Alimentos, pelo auxílio, atenção, disponibilidade, ajuda laboratorial e instrumental para realização das análises de colágeno.

Ao professor Dr. Antônio José Meireles da Engenharia de Alimentos, pela atenção, apoio e disponibilidade laboratorial e instrumental para a realização das análises de estabilidade térmica.

Aos professores da banca pelas sugestões e correções do boneco da Tese.

Ao professor Nelcindo Nascimento Terra pela recomendação ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos da FEA - UNICAMP.

A Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA e a Unicamp pelo privilégio e oportunidade de cursar o Doutorado em Tecnologia de Alimentos.

Ao SAE da Unicamp pela bolsa trabalho concedida às estagiárias durante a realização das análises da Tese.

A CAPES pela bolsa concedida durante a realização do doutorado.

Ao frigorífico Fribordogue de Bariri – SP, pela disponibilidade de funcionários e estrutura operacional para obtenção da amostras.

A Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos – SP, pela doação das amostras e disponibilização humana profissional e de estrutura, que muito contribuíram para a realização dessa Tese.

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS	xvii
LISTA DE TABELAS	xix
LISTA DE FIGURAS	xxi
LISTA DE APÊNDICES	xxiii
RESUMO	xxvii
ABSTRACT	xxix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
2.1 GERAL	5
2.2 ESPECÍFICOS	5
3 REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1 Qualidade da carne	7
3.1.1 Maciez	7
3.1.2 Genética e idade de abate	8
3.1.3 Condições que melhoram a maciez	10
3.1.3.1 Maturação	10
3.2 Tecido conjuntivo muscular	11
3.2.1 Características do colágeno	12
3.2.2 Conteúdo e solubilidade de colágeno	13
3.2.3 Ligações cruzadas de colágeno	15
3.3 Propriedades térmicas das proteínas musculares	17
3.3.1 Calorimetria de varredura diferencial (DSC)	19
3.3.2 Efeito do aumento de temperatura	20
3.3.2.1 Desnaturação, encolhimento térmico e gelatinização	20
3.3.2.2 Processo de cocção	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Animais	25

4.2 Abate	25
4.3 Resfriamento	25
4.4 Músculos	26
4.5 Desossa e separação das amostras	26
4.6 Maturação	27
4.7 Análises	27
4.7.1 Área de olho de lombo (AOL)	27
4.7.2 Espessura de gordura (EG)	28
4.7.3 pH	28
4.7.4 Força de cisalhamento (FC)	28
4.7.5 Perda por cocção (PC)	29
4.7.6 Comprimento de sarcômero (S)	30
4.7.7 Análise instrumental da cor	31
4.7.8 Quantificação de colágeno total, insolúvel e porcentagem de colágeno solúvel	32
4.7.9 Estabilidade térmica	33
4.7.10 Composição centesimal	34
4.7.10.1 Umidade	34
4.7.10.2 Proteína	34
4.7.10.3 Lipídios	35
4.7.10.4 Cinzas	35
4.8 Delineamento experimental e análise estatística	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Peso da carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura	37
5.2 pH, força de cisalhamento e perda por cocção	38
5.2.1.1 Efeito dos grupos genéticos	39
5.2.1.2 Efeito da maturação	40
5.2.2 Músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	41
5.2.2.1 Efeito dos grupos genéticos	44
5.2.2.2 Efeito dos músculos	45

5.2.2.3 Efeito da maturação	46
5.3 Análise instrumental da cor	48
5.3.1 Músculo <i>Longissimus</i>	48
5.3.2 Músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	49
5.3.2.1 Efeito dos grupos genéticos	52
5.3.2.2 Efeito dos músculos	54
5.4 Quantificação e solubilidade de colágeno	56
5.4.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	56
5.4.1.1 Efeito dos grupos genéticos	57
5.4.1.2 Efeito dos músculos	57
5.4.1.3 Efeito da maturação	61
5.4.1.4 Efeito dos grupos genéticos	64
5.4.1.5 Efeito dos músculos	65
5.4.1.6 Efeito da maturação	67
5.5 Estabilidade térmica	68
5.5.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	68
5.5.2 Efeito dos grupos genéticos	70
5.5.3 Efeito dos músculos	71
5.6 Comprimento de sarcômero (S)	75
5.6.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	74
5.6.2 Efeito dos grupos genéticos	75
5.6.3 Efeito dos músculos	76
5.7 Composição centesimal	77
5.7.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	77
5.8 Correlações	81
5.8.1 pH, força de cisalhamento e perda por cocção	81
5.8.1.1 Músculo <i>Longissimus</i>	81

5.8.1.2 Músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	82
5.8.1.2.1 pH	82
5.8.1.2.2 Força de cisalhamento	82
5.8.1.2.3 Perda por cocção	83
5.8.2 Análise instrumental da cor	84
5.8.2.1 Músculo <i>Longissimus</i>	84
5.8.2.2 Músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	84
5.8.2.2.1 Luminosidade (L*)	84
5.8.2.2.2 Cromaticidade (C*)	85
5.8.2.2.3 Tonalidade (h)	85
5.8.3 Comprimento de sarcômero	86
5.8.3.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e Infraspinatus.....	86
5.8.4 Quantificação e solubilidade de colágeno	86
5.8.4.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	86
5.8.4.1.1 Colágeno total	86
5.8.4.1.2 Colágeno insolúvel	87
5.8.4.1.3 Porcentagem de colágeno solúvel	88
5.8.5 Estabilidade térmica	89
5.8.5.1 Músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e Infraspinatus	89
5.8.5.1.1 Temperatura inicial (T _o)	89
5.8.5.1.2 Temperatura de pico (T _p)	89
5.8.5.1.3 Variação de entalpia (ΔH)	89
6 CONCLUSÕES	91
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
APÊNDICES	107

LISTA DE ABREVIATURAS

T	Temperatura
T _o	Temperatura inicial
T _p	Temperatura de pico
ΔH	Varição de entalpia
T _d	Temperatura de desnaturação da molécula
T _s	Temperatura de transição térmica
T _s	Temperatura de encolhimento térmico
μm	Micrometro
°C	Graus Celsius
M	Músculo
L*	Luminosidade
a*	Intensidade de verde-vermelho
b*	Intensidade de azul-amarelo
C*	Cromaticidade
h	Tonalidade
S	Comprimento de sarcômero
NE	Nelore
AN	½ Angus ½ Nelore
SN	½ Simenthal ½ Nelore
CN	½ Canchim ½ Nelore
LD	<i>Longissimus dorsi</i>
LT	<i>Longissimus thoracis</i>
ST	<i>Semitendinosus</i>
SS	<i>Supraspinatus</i>
IS	<i>Infraspinatus</i>
BF	<i>Biceps femoris</i>

SM	<i>Semimembranosus</i>
TB	<i>Triceps brachii</i>
GM	<i>Gluteus medius</i>
QF	<i>Quadriceps femoris</i>
FC	Força de cisalhamento
PC	Perda por cocção
PCQ	Peso da carcaça quente
EG	Espessura de gordura
AOL	Área de olho de lombo
pH	Potencial de hidrogênio
H ₂ PO ₄	Fosfato de hidrogênio
NaCl	Cloreto de sódio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
KCl	Cloreto de potássio
N	Normal
C-tot	Colágeno total
C-insol	Colágeno insolúvel
P-colsol	Porcentagem de colágeno solúvel
Per-pes	Perda por cocção
Compsarc	Comprimento do sarcômero
Umid	Umidade
P	Nível de probabilidade

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão de peso da carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura de quatro grupos genéticos	37
Tabela 2. Valores médios e desvios padrão de pH, força de cisalhamento (FC) e perda por cocção (PC) do músculo <i>Longissimus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	38
Tabela 3. Valores médios e desvios padrão de pH dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	42
Tabela 4. Valores médios e desvios padrão de força de cisalhamento (FC) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	44
Tabela 5. Valores médios e desvios padrão de perda por cocção (PC) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	47
Tabela 6. Médias de colágeno total dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	56
Tabela 7. Médias de colágeno insolúvel dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	61
Tabela 8. Médias de porcentagem de colágeno solúvel dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias <i>post mortem</i>	63
Tabela 9. Médias de temperatura inicial (T_0) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos.	68
Tabela 10. Médias de temperatura de pico (T_P) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos.	70

Tabela 11. Médias de variação de entalpia (ΔH) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos.	74
Tabela 12. Valores médios e desvios padrão de comprimento de sarcômero (S) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos.	75
Tabela 13. Valores médios e desvios padrão de umidade dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos	77
Tabela 14. Valores médios e desvios padrão de proteína dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos	78
Tabela 15. Valores médios e desvios padrão de lipídios dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos	78
Tabela 16. Valores médios e desvios padrão de cinzas dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama representativo da desnaturação do colágeno em gelatina.....	22
Figura 2. Determinação de temperatura inicial (T_o), de pico (T_P) e variação de entalpia (ΔH) de encolhimento térmico do tecido conjuntivo intramuscular.....	34
Figura 3. Médias e erros padrão de luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e tonalidade (h) do músculo <i>Longissimus</i> de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore)	49
Figura 4. Médias e erros padrão de luminosidade (L^*) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore)	50
Figura 5. Médias e erros padrão de cromaticidade (L^*) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore).	51
Figura 6. Médias e erros padrão de tonalidade (h) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore)	52
Figura 7. Termograma do tecido conjuntivo intramuscular do músculo <i>Longissimus</i> , de fêmeas bovinas adultas de quatro grupos genéticos.....	71

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A. Resumo da análise de variância para o pH do músculo <i>Longissimus</i>	108
Apêndice B. Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (FC) do músculo <i>Longissimus</i>	108
Apêndice C. Resumo da análise de variância para a perda por cocção (PC) do músculo <i>Longissimus</i>	108
Apêndice D. Resumo da análise de variância para a luminosidade (L*) do músculo <i>Longissimus</i>	108
Apêndice E. Resumo da análise de variância para a cromaticidade (C*) do músculo <i>Longissimus</i>	109
Apêndice F. Resumo da análise de variância para a tonalidade (h) do músculo <i>Longissimus</i>	109
Apêndice G. Resumo da análise de variância para o peso da carcaça quente (PCQ).	109
Apêndice G1. Resumo da análise de variância para a área de olho de lombo (AOL) do músculo <i>Longissimus</i>	109
Apêndice H. Resumo da análise de variância para a espessura de gordura (EG) do músculo <i>Longissimus</i>	109
Apêndice I. Resumo da análise de variância para o pH dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	110
Apêndice J. Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (FC) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	110
Apêndice K. Resumo da análise de variância para a perda por cocção (PC) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	111
Apêndice L. Resumo da análise de variância para a luminosidade (L*) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	111

Apêndice M. Resumo da análise de variância para a cromaticidade (C*) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	111
Apêndice N. Resumo da análise de variância para a tonalidade (h) dos músculos <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	112
Apêndice O. Resumo da análise de variância para o colágeno total dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	112
Apêndice P. Resumo da análise de variância para o colágeno insolúvel dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	112
Apêndice Q. Resumo da análise de variância para a porcentagem de colágeno solúvel dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	113
Apêndice R. Resumo da análise de variância para a temperatura inicial (T _o) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	113
Apêndice S. Resumo da análise de variância para a temperatura de pico (T _p) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	113
Apêndice T. Resumo da análise de variância para a variação de entalpia (ΔH) dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	114
Apêndice U. Resumo da análise de variância para o comprimento de sarcômero dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	114
Apêndice V. Resumo da análise de variância para a porcentagem de umidade dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	114

Apêndice X. Resumo da análise de variância para a porcentagem de proteína dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	115
Apêndice Z. Resumo da análise de variância para a porcentagem de lipídios dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	115
Apêndice AA. Resumo da análise de variância para a porcentagem de cinzas dos músculos <i>Longissimus</i> , <i>Semitendinosus</i> , <i>Supraspinatus</i> e <i>Infraspinatus</i>	115
Apêndice BB. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e tonalidade (h) do músculo <i>Longissimus</i> de quatro grupos genéticos.	115
Apêndice CC. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> entre os dados globais para as variáveis força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), temperatura inicial (T _o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (Tp) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo <i>Longíssimus</i> de quatro grupos genéticos.	116
Apêndice DD. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), tonalidade (h), temperatura inicial (T _o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (Tp) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo <i>Semitendinosus</i> de quatro grupos genéticos	117

Apêndice EE. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), tonalidade (h), temperatura inicial (T _o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (T _p) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo <i>Supraspinatus</i> de quatro grupos genéticos.	118
Apêndice FF. Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), tonalidade (h), temperatura inicial (T _o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (T _p) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo <i>Infraspinatus</i> de quatro grupos genéticos.	119

RESUMO

A genética, a maturidade e as variações entre músculos podem influir sobre a qualidade da carne. A avançada idade ao abate de fêmeas da subespécie *Bos indicus*, que constitui a grande maioria do rebanho, tem determinado a oferta de carnes menos macias para os consumidores brasileiros. A maciez é o principal atributo de qualidade da carne e o aspecto mais considerado pelo consumidor na hora da compra. A proteólise miofibrilar devido ao sistema enzimático calpaínas - calpastatina tem sido apontada como o principal mecanismo envolvido no amaciamento da carne *post mortem*. Entretanto, o conteúdo, a solubilidade e a estabilidade térmica do colágeno presente na musculatura também podem influir na maciez. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito das características do colágeno (conteúdo, solubilidade e estabilidade térmica) textura e cor sobre a qualidade da carne de vacas contemporâneas, sendo 19 ½ Angus x ½ Nelore, 16 ½ Canchim x ½ Nelore, 13 ½ Simental x ½ Nelore e 15 da raça Nelore com idade média de 10 anos provenientes do CPPSE da Embrapa de São Carlos, SP e abatidas em frigorífico comercial. Foram realizadas análises de pH, perda por cocção, força de cisalhamento, comprimento de sarcômero, quantidade, solubilidade e estabilidade térmica de colágeno, avaliação instrumental da cor e composição centesimal da carne dos músculos *Longissimus* (contrafilé), *Semitendinosus* (lagarto), *Supraspinatus* (peixinho) e *Infraspinatus* (raquete). Não houve efeito ($P>0,05$) de grupo genético no conteúdo de colágeno total, porém os músculos diferiram ($P<0,001$) nos teores de colágeno total, insolúvel e na solubilidade do colágeno. Os grupos genéticos diferiram ($P<0,001$) colágeno solúvel (%), em 24 horas e 14 dias, *post mortem* apenas nos músculos *Longissimus* e *Semitendinosus*. Ocorreu efeito ($P<0,001$) de músculo (*Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*) na força de cisalhamento Warner Bratzler e de grupo genético ($P<0,001$), nos músculos *Longissimus* e *Semitendinosus*. A estabilidade térmica do colágeno foi diferente nos quatro músculos. As temperaturas inicial e de encolhimento térmico foram influenciadas ($P<0,001$) pelos grupos genéticos no músculo *Longissimus*. Ocorreram correlações negativas e significantes da força de cisalhamento com colágeno solúvel (%) nos músculos *Longissimus* ($r=-0,373$; $P<0,01$), *Semitendinosus* ($r=-0,525$; $P<0,01$), *Supraspinatus* ($r=-0,323$; $P<0,05$) e *Infraspinatus* ($r=-0,263$; $P<0,05$) e, também, significantes, porém baixas de colágeno solúvel (%) com a temperatura de encolhimento térmico. Existiram correlações positivas altas do conteúdo de colágeno total com o de colágeno insolúvel nos músculos *Longissimus* ($r=0,912$; $P<0,01$), *Semitendinosus* ($r=0,908$;

$P < 0,01$), *Supraspinatus* ($r = 0,723$; $P < 0,01$) e *Infraspinatus* ($r = 0,761$; $P < 0,01$) e do conteúdo de colágeno total com a porcentagem de colágeno solúvel nos músculos *Longissimus* ($r = 0,466$; $P < 0,01$), *Semitendinosus* ($r = 0,697$; $P < 0,01$), *Supraspinatus* ($r = 0,863$; $P < 0,01$) e *Infraspinatus* ($r = 0,794$; $P < 0,01$). A maturação por 14 dias aumentou a porcentagem de colágeno solúvel e foi importante para reduzir a força de cisalhamento e as diferenças entre os grupos genéticos verificadas no primeiro dia *post mortem*. As vacas dos cruzamentos com Angus ou Canchim apresentaram vantagens sobre as do cruzamento com Simental ou as da raça Nelore, porque o seu músculo *Longissimus* (contrafilé) apresentou menor ($P < 0,01$) força de cisalhamento Warner Blatzler e maior ($P < 0,01$) porcentagem de colágeno solúvel um dia *post mortem*. Além disso, a carne do mesmo músculo do cruzamento com Angus apresentou temperatura de encolhimento térmico inferior ($P < 0,01$) à da raça Nelore.

Palavras-chave: Genética, Músculos, Força de cisalhamento, Solubilidade de colágeno, Estabilidade térmica.

ABSTRACT

Genetics, maturity, and variation among the muscles can influence on the meat quality. The advanced age at slaughter of the female cattle in the *Bos Indicus* subspecies, which constitutes the majority of the herd, have determined the supply of less tender meat to the Brazilian consumers. The tenderness is the main attribute of meat quality and the most considered aspect by the consumers when purchasing beef. The myofibrillar proteolysis due to the calpain - calpastatin enzymatic system has been pointed out as the main mechanism involved on the *post mortem* meat tenderization. Nevertheless, the content, the solubility and the thermal stability of the collagen present in the muscles can also influence the tenderness. The aim of this research was to evaluate the effect of the collagen features (content, solubility and thermal stability) texture and color on the meat quality of contemporary cows, such as 19 ½ Angus x ½ Nelore, 16 ½ Canchim x ½ Nelore, 13 ½ Simental x ½ Nelore and 15 of Nelore breed around ten years old, from CPPSE of São Carlos, Embrapa, SP and harvested in a freezer commercial slaughterhouse. Analysis were carried out on pH measurements, cooking loss, WB-shear force, sarcomere length, collagen quantity, solubility, and thermal stability, instrumental color and proximate analysis of the muscles *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* and *Infraspinatus*. There was no effect ($P > 0.05$) of genetic group on the total collagen content, However, the muscles differed ($P < 0.001$) on the total collagen content insoluble collagen and on the collagen solubility. The genetic groups differed ($P < 0.001$) in soluble collagen (%) in 24 hours and 14 days *post mortem* only in the *Longissimus* and *Semitendinosus* muscles. There were effects ($P < 0.001$) of muscles (*Semitendinosus*, *Supraspinatus* and *Infraspinatus*) on the WB-shear force and of genetic group ($P < 0.001$) in the *Longissimus* and *Semitendinosus* muscles. The collagen thermal stability was different in the four muscles. The initial temperatures and thermal shrinkage were influenced ($P < 0.001$) by genetic group on the *Longissimus* muscles. Negative and significant correlations were found on WB-shear force with the soluble collagen (%) on the *Longissimus* ($r = -0.373$; $P < 0.01$), *Semitendinosus* ($r = -0.525$; $P < 0.01$), *Supraspinatus* ($r = -0.323$; $P < 0.05$) and *Infraspinatus* ($r = -0.263$; $P < 0.05$) muscles and also significant, However, the coefficient was lower for soluble collagen percentage with the temperature of thermal shrinkage correlation. There were high and positive

correlations for total collagen with the insoluble collagen of the muscles *Longissimus* ($r=0.912$; $P<0.01$), *Semitendinosus* ($r=0.908$; $P<0.01$), *Supraspinatus* ($r=0.723$; $P<0.01$) and *Infraspinatus* ($r=0.761$; $P<0.01$) muscles and between total collagen content and the soluble collagen (%) on the muscles *Longissimus* ($r=0.466$; $P<0.01$), *Semitendinosus* ($r=0.697$; $P<0.01$), *Supraspinatus* ($r=0.863$; $P<0.01$) and *Infraspinatus* ($r=0.794$; $P<0.01$). Aging for 14 days increased the soluble collagen (%) and it was important to reduce the WB-shear force and the differences among the genetic groups verified on the first day *post mortem*. The crossbred cows from Angus or Canchim had advantages over the ones from Simental and the Nelore breed, because its *Longissimus* muscle showed lower ($P<0.001$) Warner Blatzler shear force and higher ($P<0.001$) percentage of soluble collagen one day *post mortem*. Besides, meat from the same muscle from the cows bred with Angus presented lower thermal shrinkage temperature ($P<0.001$) than Nelore breed.

Key words: Genetics, Muscles, Shear force, Collagen solubility, Thermal stability.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é o maior exportador de carne bovina no mundo, com 1700 mil toneladas de equivalente carcaça exportadas em 2010 e o segundo maior produtor mundial de carne bovina, depois dos Estados Unidos com 7.778 mil toneladas de equivalente carcaça produzidas no mesmo período (ANUALPEC, 2010). Segundo dados do IBGE, em 2010, foram abatidos 29.265 milhões de cabeças bovinas no Brasil sendo que as fêmeas representaram 34,9% do total (IBGE, 2011). Em 2011, foram abatidas 7,4 milhões de vacas, que representaram 34,5% do total de animais abatidos sob inspeção municipal, estadual e federal (IBGE, 2012).

De acordo com estimativas da FAO (2011), a produção de carne bovina no mundo está projetada para dobrar até o ano de 2050. Com este novo cenário mundial, o Brasil precisa ter uma maior eficiência para atender ao mercado externo, como também o interno que está se tornando mais exigente sendo cada vez maior a necessidade de se produzir carne com melhor qualidade organoléptica, para satisfazer às expectativas dos consumidores.

A qualidade da carne é resultado da associação de inúmeros fatores, destacando-se a maciez, que é o aspecto mais considerado pelo consumidor (KOOHMARAIE, 1992; SHACKELFORD, WHELLER e KOOHMARAIE, 1995; JAYASSORIYA et al., 2007).

A inconsistência de maciez da carne bovina tem sido relatada como um dos maiores problemas enfrentados pela indústria da carne (KOOHMARAIE, 1996).

A genética dos animais tem influência determinante nesta característica, uma vez que o rebanho nacional é constituído, em sua maioria, por animais zebuínos (*Bos indicus*), adaptados às condições tropicais, mas que apresentam, em média, carne com maciez inferior a de animais de origem taurina (*Bos taurus*), base da produção em países de climas frios (CROUSE et al., 1989). A idade de abate tardia dos animais tem grande impacto sobre a maciez da carne, que diminui à medida que a idade avança (FIELD et al., 1997).

A associação do efeito genético de fêmeas da subespécie *Bos indicus* e da idade avançada dos bovinos abatidos tem determinado a oferta de carnes menos macias para os consumidores brasileiros.

Segundo Koohmaraie e Geesink (2006), a maciez da carne é determinada pelo conteúdo e solubilidade do tecido conjuntivo, encurtamento de sarcômero durante o desenvolvimento do rigor e proteólise das proteínas miofibrilares.

A fonte de variação na maciez entre os músculos atribui-se, também, ao conteúdo de colágeno presente, extensão da proteólise *post-mortem* da cadeia das proteínas miofibrilares e interação desses fatores na maciez de cada músculo (WHEELER, SHACKELFORD e KOOHMARAIE, 2000; RHEE et al., 2002).

O colágeno é a principal proteína do tecido conjuntivo e contribui para a textura da carne através de suas características e efeitos que exerce sobre o tecido muscular (McCORMICK, 1994). Desta forma, a quantidade e a solubilidade do colágeno influem, entre outros fatores, na maciez da carne *in natura* ou pós-cozção (LISTRAT e HOCQUETE, 2004).

O sistema enzimático calpaínas - calpastatina existente no músculo representa o principal mecanismo relacionado ao amaciamento da carne bovina (KOOHMARAIE, 1994; KOOHMARAIE, 1996). Porém, os níveis desejados de maciez, somente são observados quando a carne proveniente de animais com proporção superior a 25% de genes *Bos indicus* é maturada em refrigeração por um período mínimo de 14 dias (SHACKELFORD et al., 1991; KOOHMARAIE, 1994). A força mecânica do tecido conjuntivo intramuscular muda lentamente durante a maturação *post mortem* da carne. Desta forma, o tecido conjuntivo intramuscular tem um efeito no amaciamento da carne durante a maturação estendida (NISHIMURA et al., 1998).

Lepetit (2007) afirmou que a capacidade elástica da malha colagenosa tem influência sobre as carnes com morfologias semelhantes do tecido intramuscular, e que estejam no mesmo estágio de maturação e pH, resultando em variações de maciez proporcionais ao número total de ligações cruzadas de colágeno por volume muscular. Estas ligações cruzadas se tornam mais estáveis à medida que a idade do animal avança (SHIMOKOMAKI, ELSDEN e BAILEY, 1972),

determinando a redução da solubilidade e tornando a carne menos macia (OLIVEIRA, 2000).

O processo de aquecimento tem relevante influência nas proteínas do tecido conjuntivo sobre a textura resultante da carne cozida, proporcionando alterações de desnaturação, dissociação das proteínas miofibrilares, seguido de encurtamento longitudinal e transversal das fibras de colágeno, agregação e formação de gel de proteínas sarcoplasmáticas e solubilização do tecido conjuntivo (KING e HARRIS, 1982; TORNBERG, 2005; KONG et al., 2007).

De acordo com Purslow (2005), a morfologia, a composição e o conteúdo dos tecidos conjuntivos intramusculares variam extraordinariamente entre os músculos, espécies, raças e a idade de abate dos animais. Devido à importância destas variações, estas têm sido foco de vários estudos correlacionando os tecidos conjuntivos e a textura da carne. Entretanto, pesquisas sobre a possibilidade de diferenças entre raças e sua influência sobre a qualidade da carne em termos de tecido conjuntivo intramuscular são restritas (BAILEY e LIGHT, 1989).

O conteúdo de colágeno total, insolúvel, a porcentagem de colágeno solúvel e a estabilidade térmica do colágeno, em diferentes músculos, raças e cruzamentos de fêmeas bovinas adultas, podem representar uma oportunidade exploratória para a identificação de uma contribuição importante do tecido conjuntivo para a qualidade da carne e estimular procedimentos visando à melhor contribuição destas características em grande parte da carne ofertada no mercado brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito das características do colágeno, textura e cor na qualidade da carne de músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de fêmeas bovinas adultas de cruzamentos: ½ Simental ½ Nelore; ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e da raça Nelore.

2.2 Específicos

Determinar e comparar os efeitos do conteúdo, solubilidade e estabilidade térmica do colágeno muscular da carne de fêmeas bovinas adultas dos cruzamentos ½ Simental ½ Nelore; ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e da raça Nelore.

Quantificar o conteúdo de colágeno total, insolúvel e a porcentagem de colágeno solúvel presente nos músculos *Longissimus* (contrafilé), *Semitendinosus* (lagarto), *Supraspinatus* (peixinho) e *Infraspinatus* (raquete) de vacas cruzadas com Canchim, Angus, Simental e da raça Nelore.

Analisar a estabilidade térmica (temperatura inicial, variação de entalpia e temperatura de encolhimento térmico) do colágeno presente nos quatro músculos de vacas cruzadas com Canchim, Angus, Simental e da raça Nelore.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Qualidade da carne

A qualidade da carne envolve vários aspectos como pH, capacidade de retenção de água, cor, firmeza, textura, quantidade e distribuição da gordura, maciez, sabor e suculência, que são características determinantes na decisão de compra pelos consumidores (JATURASITHA et al., 2004; KOOHMARAIE et al., 2006).

De acordo com Felício (1993), sobre a qualidade da carne exercem influência os fatores *ante-mortem* ou intrínsecos que incluem a genética dos animais, alimentação, idade, composição da carcaça, estresse, declínio de pH e os fatores *post-mortem* ou extrínsecos que incluem o resfriamento, estimulação elétrica, maturação e métodos de cocção.

3.1.1 Maciez

A maciez, além de ser o atributo sensorial mais importante na avaliação dos consumidores, é uma característica influenciada por todos os elos da cadeia de produção da carne bovina, apresentando variações sensíveis entre as espécies animais, carcaças, músculos e cortes cárneos. (SEARLS, MADDOCK e WULF, 2005). Muitos fatores podem influenciar a maciez da carne bovina como genética, sexo, maturidade, acabamento, promotores de crescimento, velocidade de resfriamento, taxa de queda de pH, pH final e tempo de maturação (FELÍCIO, 1999). Além disso, Koohmaraie et al. (2002) consideraram como sendo três, as fontes de variação na maciez do músculo *Longissimus*: comprimento do sarcômero, conteúdo de tecidos conjuntivos e proteólise de proteínas e atribuíram ao tecido conjuntivo a maior influência em relação a maciez. Stolowski et al. (2006), também constataram que o conteúdo e a solubilidade de colágeno explicaram a maior parte das variações na força de cisalhamento entre os músculos.

3.1.2 Genética e idade de abate

Pesquisadores avaliaram a maciez da carne de diferentes raças bovinas e identificaram o efeito da herança genética na determinação da maciez. Dentre os vários mecanismos propostos para explicar as diferenças de maciez da carne entre raças está o efeito do estado de ativação do sistema enzimático calpaínas - calpastatina, que é responsável pelo amaciamento *post-mortem* que ocorre durante o processo de maturação da carne (KOOHMARAIE, 1994; 1996).

De acordo com Rubensam, Felício e Termignoni (1998), a carne de zebuínos apresenta menor maciez em relação a carne de taurinos devido à proteólise reduzida das proteínas miofibrilares, associada à alta atividade de calpastatina nos músculos. A calpastatina é o inibidor da ação das calpaínas durante o processo de proteólise *post mortem* e representa a principal fonte de variação de palatabilidade entre carnes provenientes de animais *Bos indicus* e *Bos taurus* (WHIPPLE et al., 1990a; PRINGLE et al., 1997).

Crouse et al. (1989) encontraram um aumento da força de cisalhamento a medida que o grau de sangue zebuíno nos cruzamentos aumentou em proporções de 25, 75 e 100%. Os autores afirmaram que a redução da maciez da carne foi proporcional ao aumento da proporção do genótipo zebuíno nos cruzamentos e independente do meio ambiente.

Wheeler et al. (1990) e Whipple et al. (1990a) observaram concentrações superiores de calpastatina no músculo de animais *Bos indicus* em relação a *Bos taurus*. Porém, os autores detectaram uma baixa correlação entre a concentração de calpastatina e a menor maciez da carne.

Diferenças na textura entre raças têm sido relacionadas com propriedades do tecido conjuntivo, onde raças *Bos indicus* apresentaram conteúdo de colágeno mais elevado e índices inferiores de solubilidade e textura sensorial. Entretanto, na comparação de cruzamentos de raças *Bos indicus* e *Bos taurus* não foi encontrada diferença ($p > 0,05$) no conteúdo de colágeno e solubilidade de colágeno, que poderia indicar que apenas linhagens puras de raças *Bos indicus*

tiveram uma contribuição significativa do tecido conjuntivo em relação à maciez (TAYLOR, 2004).

Em estudo reportado por Bailey e Light (1989), novilhos das raças bovinas Hereford, Friesian, Aberdeen Angus e Charolês apresentaram valores de colágeno total dos músculos do dianteiro mais elevados ($p < 0,05$) do que os do traseiro, embora não ocorrendo diferenças genéticas. Entretanto, os autores relataram a possibilidade de existir diferenças entre raças em características do tecido conjuntivo como ligações cruzadas de colágeno, tamanho da fibra de colágeno, tipo de distribuição do colágeno e diferenças nos componentes não colagenosos. Em relação às características de colágeno relatadas, os pesquisadores destacaram as diferenças encontradas não apenas do conteúdo de colágeno total, mas também da maturidade fisiológica.

Em relação à idade de abate, Boutten et al. (2000) afirmaram que a diferença de maciez depende, grandemente, da idade dos animais, ou seja, se a carne é proveniente de animais jovens ou velhos, embora o conteúdo de colágeno do músculo sofra apenas variações leves com a idade.

Hadlich et al. (2006) relataram que a reduzida idade de abate dos animais não propicia tempo para a ocorrência de transformações das fibras de colágeno e, conseqüente efeito sobre a maciez da carne, considerando que as modificações no tecido conjuntivo seriam mais evidentes em animais com diferentes idades ao abate.

Muitos pesquisadores afirmaram que a ocorrência de carnes menos macias em animais mais velhos é devido à mudança na estrutura química do colágeno intramuscular em decorrência da idade, particularmente em suas ligações cruzadas covalentes que estabilizam as fibras de colágeno, ao invés de aumentar a quantidade de tecido conjuntivo (BAILEY & SHIMOKOMAKI, 1971; SHIMOKOMAKI, ELSDEN e BAILEY, 1972; BAILEY, 1972; BAILEY e SIMS, 1977; BAILEY et al., 1979; BAILEY, 1985; BAILEY e LIGHT, 1989; TARRANT, 2001).

3.1.3 Condições que melhoram a maciez

3.1.3.1 Maturação

A maturação consiste em manter a carne sob temperaturas acima do ponto de congelamento da carne, ou seja, ao redor de 2°C, por um período de estocagem estendido, com o objetivo de melhorar a maciez (FELÍCIO, ALLEN e CORTE, 1982). A extensão desta maturação está relacionada com o nível de calpaínas existentes 24 horas *post mortem*, que varia de acordo com a concentração inicial e sua inativação durante o desenvolvimento do *rigor mortis* (DRANSFIELD, 1994).

Heinemann, Pinto e Romanelli (2003) concluíram que a maturação por 14 dias é importante contribuinte na maciez da carne bovina, agindo positivamente na textura quando comparada a maciez da carne não maturada.

De acordo com Koohmaraie (1996), o processo que torna a carne mais tenra, durante o período de maturação, é influenciado principalmente pela degradação das proteínas miofibrilares. Para Shackelford et al. (1994) e Whipple et al. (1990b), as variações na maciez e na taxa e extensão da proteólise muscular que ocorrem durante o período de maturação estão relacionadas à genética.

Entretanto, evidências da influência do teor e solubilidade de colágeno em relação à maciez da carne durante o processo de maturação têm sido relatadas por vários pesquisadores. Jurie et al. (2007) relataram que as diferenças no conteúdo de colágeno, ainda presentes após 14 dias de maturação, eram sugestivas para explicar uma grande parte da variabilidade de maciez encontrada entre quatro músculos bovinos de vacas de descarte. Riley et al. (2007), avaliando diversos fatores que poderiam influenciar a maciez da carne de bovinos zebuínos da raça Brahman, relataram que o conteúdo de colágeno insolúvel estava negativamente associado à maciez da carne, independente da mesma ser ou não maturada. Os pesquisadores concluíram que o conteúdo de colágeno insolúvel foi relevante e ofereceu uma oportunidade para a melhoria da maciez da carne de animais de origem zebuína.

Oliveira, Soares e Antunes (1998) estudaram a influência do processo de maturação natural da carne bovina, relacionada com a solubilidade do colágeno e perdas de peso no cozimento, utilizando amostras de músculos *Biceps femoris* e *Triceps braquii* e verificaram que para todos os músculos maturados a quantidade de colágeno solubilizado foi maior que nos não maturados e o aumento observado foi gradual até 28 dias de maturação.

3.2 Tecido conjuntivo muscular

O músculo é composto por 75% de água, 20% de proteínas, 3% de gordura e 2% de substâncias solúveis não protéicas. Além destas, o músculo apresenta também, 3% de metais e vitaminas, 45% de substâncias nitrogenadas não protéicas, 34% de carboidratos e 18% de compostos inorgânicos (TORNBERG, 2005).

De acordo com Purslow (2005), o tecido conjuntivo intramuscular tem sido associado à maciez basal da carne, ou seja, esta estrutura mantém ou influência a força de cisalhamento, mesmo após a maturação. Para este autor, a distribuição espacial e a composição deste tecido no músculo variam com a posição muscular, a sua função e a idade do animal.

Segundo Taylor (2004), a contribuição do tecido conjuntivo sobre a textura determinada por análises instrumentais é, em geral, muito menor do que a contribuição das miofibrilas. Estima-se que ao redor de 12% da variabilidade da textura está relacionada com o conteúdo de tecido conjuntivo e que juntos, gordura e tecido conjuntivo contribuem com menos de 20% da variabilidade, enquanto que a atividade da protease inibidora calpastatina explica 44% da variabilidade da textura da carne. As propriedades relacionadas com a fibra contribuem com 12% da variação da textura, indicando que a proteólise resultante da relação calpaína - calpastatina é a maior determinante da variação de textura na carne. Entretanto, o mesmo autor afirma que, o tecido conjuntivo pode ser tão significativo quanto o tamanho da fibra e o comprimento de sarcômero, especialmente quando não ocorre encurtamento pelo frio (*cold shortening*).

A expressão dos tecidos conjuntivos entre os músculos varia sensivelmente, com o estágio de desenvolvimento do músculo, posição, função, raça do animal, nutrição, atividade e injúria (BAILEY e LIGHT, 1989; SHIMOKOMAKI, 1992; PURSLOW, 2005).

A estrutura morfológica do tecido conjuntivo intramuscular é composta pelo epimísio, uma bainha que circula todo o músculo e de onde partem septos que constituem o perimísio que forma feixes em torno das fibras musculares e o endomísio, que tem a função de unir estas fibras (BAILEY e LIGHT, 1989; LAWRIE, 2005).

A principal proteína do endomísio e perimísio é o colágeno, que apresenta uma grande variação entre os diferentes músculos. Normalmente, músculos que tem maior funcionalidade apresentam maior conteúdo de colágeno em relação aos músculos que desempenham menor esforço (TAYLOR, 2004).

Pesquisadores relataram a existência de 19 tipos de moléculas de colágeno nos tecidos dos mamíferos, dentre os quais, destacam-se os tipos I, II, III, e IV, que são considerados relevantes para o tecido muscular. No tecido conjuntivo, o colágeno tipo I, responsável pela formação do epimísio, é encontrado nos vasos sanguíneos, tendões, ossos, pele e na carne, o tipo II ocorre nos tecidos cartilagosos, enquanto que o tipo III, presente no endomísio e perimísio, principalmente, é encontrado nos pulmões, artérias e nos músculos. O colágeno tipo IV é encontrado nos tecidos epiteliais (BAILEY, 1987, BAILEY e LIGHT, 1989; LIRA, 1997; BAILEY, 2001; PURSLOW, 2005).

3.2.1 Características do colágeno

O colágeno é o principal componente estrutural do tecido conjuntivo e representa aproximadamente um terço do total de conteúdo protéico nos animais vertebrados (WOESSNER, 1961).

Em sua estrutura morfológica, o colágeno é composto por monômeros de tropocolágeno agregados para formar fibras estendidas no epimísio e perimísio ou, principalmente, uma matriz estrutural no endomísio (TORNBORG, 2005).

O colágeno caracteriza-se, quase exclusivamente, por apresentar elevada concentração do aminoácido hidroxiprolina (em torno de 14%), por esta razão a determinação deste aminoácido é aceita para quantificar a concentração de colágeno e suas frações (WOESSNER, 1961; SIMS e BAILEY, 1981; KOLAR, 1990; DUGAN, et al 2000). Os aminoácidos essenciais metionina, tirosina, histidina e cistina aparecem em quantidades menores no colágeno e os aminoácidos sulfurados e triptofano, são completamente ausentes (WOESSNER,1961; SGARBIERI, 1996).

A resistência que a força de cisalhamento de um músculo apresenta é proporcional ao seu conteúdo de colágeno intramuscular. Quando este colágeno é aquecido, ocorre a quebra das ligações de hidrogênio, induzindo ao encolhimento das fibra de colágeno que é seguido por solubilização e gelatinização (AKTAS, 2003).

3.2.2 Conteúdo e solubilidade de colágeno

O efeito das características do colágeno pode estar na dependência do tipo de músculo e pode ser determinante em conteúdos elevados de colágeno total e insolúvel. Neste sentido, estudos têm demonstrado que o aumento ou decréscimo da maciez da carne pode estar associado com variações da solubilidade (SHIMOKOMAKI, ELSDEN e BAILEY, 1972; DRANSFIELD, 1977; BAILEY e LIGHT, 1989; McCORMICK, 1999; TORRESCANO et al., 2003; VAZ e RESTLE, 2007; DUARTE et al., 2011).

Torrescano et al. (2003) analisaram 14 músculos bovinos e encontraram correlações positivas entre o conteúdo de colágeno total e insolúvel e os picos da força de cisalhamento.

Cross, Carpenter e Smith (1973) constataram que o conteúdo, solubilidade de colágeno e elastina foram os maiores determinantes dos componentes do estroma na maciez da carne dos músculos bovinos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus*, *Semimembranosus*, *Biceps femoris* e *Rectus femoris*.

Em pesquisa realizada por Dransfield (1977), músculos pertencentes ao mesmo animal, que apresentaram conteúdo de colágeno relativamente elevado, apresentaram maior dureza do que aqueles com menor quantidade de colágeno.

Norman (1982) encontrou uma quantidade menor de colágeno intramuscular no músculo *Psoas major* e concentração mais elevada de colágeno no músculo *Triceps brachii*. Os valores da força de cisalhamento foram significativamente mais elevados em todos os músculos da raça Nelore e Guzerá, exceto o *Psoas major*. Estas diferenças também foram detectadas pelo painel de avaliadores sensoriais.

Hadlich et al. (2006) avaliando o efeito do conteúdo de colágeno na maciez da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos abatidos entre 12 e 15 meses de idade, encontraram diferenças significativas ($p < 0,05$) nos teores de colágeno entre os grupos genéticos. Porém, não identificaram efeito da quantidade de colágeno total, insolúvel, teores de colágeno solúvel e dos grupos genéticos sobre a maciez da carne.

De acordo com Shimokomaki (1974), a textura da carne é devido a presença de colágeno, que se estabiliza à medida que o animal se torna mais idoso. A estabilização da molécula é devido à presença de ligações cruzadas que, biossinteticamente, se estabilizam emprestando ao colágeno uma maior estabilidade frente à solubilidade, aos solventes orgânicos e até mesmo aos enzimas. O número destas ligações cruzadas existentes entre as moléculas de colágeno no tecido conjuntivo está associado com a solubilidade de colágeno, embora não ocorra aumento de conteúdo de colágeno (GOLL, HOEKSTRA e BRAY, 1963).

Entretanto, McCormick (1999) relatou que as ligações cruzadas de colágeno, em animais adultos, representam um efeito aditivo na dureza da carne enquanto que, as correlações entre a maciez da carne e a solubilidade térmica do colágeno são baixas ou não significantes.

Koohmaraie et al. (1988) avaliaram fatores associados a maciez dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Psoas major* de novilhas e relataram que a quantidade ou a solubilidade de colágeno não poderiam explicar a

diferença nos valores da força de cisalhamento, analisadas no primeiro dia *post mortem*.

Herring, Cassens e Briskley (1967), em um estudo realizado com bovinos de diferentes idades, encontraram valores de correlação baixos e não significantes ($p > 0,05$) entre maturidade e solubilidade de colágeno indicando que a porcentagem de colágeno solúvel não poderia ser utilizada com efetividade para prognosticar maciez dentro de uma classificação de maturidade.

Contudo, em pesquisa recente realizada por Duarte et al. (2011), avaliando a influência da maturidade sobre as características da carcaça e qualidade da carne de touros Nelore, foi constatada uma correlação negativa ($r = -0,14$; $P < 0,01$) entre a força de cisalhamento e a solubilidade de colágeno.

3.2.3 Ligações cruzadas de colágeno

Ligações cruzadas covalentes são responsáveis por conectar as moléculas de colágeno e tornam-se cada vez mais termoestáveis com o envelhecimento do animal (SHIMOKOMAKI, ELSDEN e BAILEY, 1972). O conteúdo elevado de colágeno e a formação de ligações cruzadas termoestáveis de colágeno à medida que a idade avança são necessários para o tecido conjuntivo contribuir na dureza muscular (TAYLOR, 2004). O número, localização e estabilidade destas ligações determinam o aumento da temperatura de transição térmica do colágeno (KING, 1987; FLANDIN, BUFFEVANT e HERBAGE, 1984).

Field, Pearson e Schweigert (1970) avaliaram a estabilidade térmica do *Longissimus dorsi* e *Biceps femoris* em vacas da raça Holandês adultas e concluíram que as ligações cruzadas de colágeno podem ser responsáveis pela ocorrência de temperaturas de encolhimento térmico mais elevadas em músculos que, normalmente, apresentam maciez reduzida. Taylor (2004) e Light et al. (1985), também, verificaram que as ligações cruzadas de colágeno variam significativamente entre os tipos de músculos.

Entretanto, Miles et al. (2005) estudando a estabilidade térmica de ligações cruzadas de tendão da cauda de ratos, em diferentes níveis de hidratação,

reportaram que uma determinada solução de sal em um valor de pH, em particular, pode propiciar uma estabilização ou um efeito desestabilizador sobre a molécula de colágeno. Os autores relataram ainda que as ligações cruzadas apenas reduziram a quantidade de água entre as moléculas, todavia não afetaram a água ligada entre elas e a entalpia de desnaturação. Os pesquisadores concluíram que a desidratação causada por sujeitar as fibras de colágeno a um ambiente de baixa atividade de água resulta no aumento substancial em temperaturas de desnaturação seguintes as ligações cruzadas de colágeno.

O efeito das ligações cruzadas é, provavelmente, a característica crucial em termos de força global e resistência da fibra colágena normal. Por isto é importante considerar todas as formas de ligações cruzadas que ocorrem durante o processo de envelhecimento. Quando as ligações cruzadas de colágeno intramuscular tornam-se estáveis, ocorre aumento de ligações multivalentes intermoleculares, fibra de colágeno, tamanho dos feixes aumentam de modo que exista um aumento de resistência ao ataque enzimático por proteases intracelulares no processo natural de pós rigor (BAILEY e LIGHT, 1989).

Em estudo realizado por Light et al. (1985), a inconsistência em maciez entre seis diferentes músculos bovinos, provenientes do mesmo animal, foram atribuídas ao resultado da combinação de diferenças de conteúdo de colágeno, diâmetro das fibras de perímio e conteúdo de ligações cruzadas de colágeno.

Coró, Youssef e Shimokomaki (2002) demonstraram que a força de cisalhamento não estava relacionada com o conteúdo de colágeno, mas sim ao aumento na proporção de piridinolina, uma ligação cruzada madura, em músculo *Pectoralis major* de frangos de diferentes idades. Os autores reportaram ainda uma correlação inversa entre a solubilidade de colágeno e o conteúdo de piridinolina.

O aumento de piridinolina relacionado à idade foi também relatado em pesquisa realizada em colágeno muscular bovino por Bosselmann et al. (1995). Os pesquisadores constataram, também, influência do sexo e intensidade de alimentação sobre a formação das ligações cruzadas nos músculos *Longissimus dorsi*, *Semitendinosus* e *Extensor carpo ulnar*.

Embora muitos pesquisadores relatem contribuições positivas do colágeno em relação à maciez das carnes, algumas investigações buscando correlações entre as ligações cruzadas de colágeno, quantidade de colágeno solubilizada e força de cisalhamento, tem encontrado sucessos extremamente limitados (TAYLOR, 2004; PURSLOW, 2005).

Horgan, Kurth e Kuypers (1991), constataram que o maior determinante do colágeno, em relação a dureza da carne de cabras com idades diferentes, foi a quantidade de colágeno e não somente as ligações cruzadas.

Young, Braggins e Barker (1994) investigaram o tecido conjuntivo muscular de ovinos e encontraram uma correlação inversa entre a solubilidade de colágeno e a concentração de piridinolina nos músculos *Semimembranosus*, *Biceps femoris* e *Gluteus medius*. Entretanto, os pesquisadores relataram que a concentração de piridinolina não foi correlacionada significativamente com as propriedades sensoriais e de cisalhamento no *Semimembranosus* e que a concentração deste aminoácido não poderia explicar todas as propriedades de solubilidade em colágeno muscular ovino, confirmando a importância de outras ligações cruzadas termicamente estáveis.

3.3 Propriedades térmicas das proteínas musculares

As proteínas podem ser divididas em três grupos: miofibrilares, sarcoplasmáticas e proteínas do tecido conjuntivo. As proteínas miofibrilares constituem entre 50 e 55% do conteúdo total de proteínas, enquanto que as sarcoplasmáticas representam aproximadamente 30 a 34%. Os 10 a 15% restantes são as proteínas do tecido conjuntivo (TORNBERG, 2005).

As proteínas miofibrilares actina e miosina, juntamente com o colágeno, que é a principal proteína do tecido conjuntivo, representam as proteínas estruturais mais importantes presentes no músculo. O efeito de calor sobre estas proteínas e gorduras encontradas no músculo provoca mudanças importantes sobre a textura e sabor característicos da carne cozida (BRUNTON et al., 2006).

O colágeno representa apenas 2% da proteína total no músculo, mas é responsável por muitas das alterações na textura da carne que ocorrem durante o aquecimento (POWELL, HUNT e DIKEMAN, 2000).

Segundo Voutila et al. (2007), além da quantificação e determinação da solubilidade de colágeno, o estudo da influência do tecido conjuntivo sobre a maciez da carne tem sido realizado, por meio do monitoramento de temperatura de início (T_o), de pico (T_p), e de variações de entalpia (ΔH) de encolhimento térmico do tecido conjuntivo intramuscular. A temperatura de pico (T_p) é um termo correspondente a temperatura de transição ou de encolhimento térmico (T_s) referidas por King (1987); Judge e Aberle (1982); Flandin, Buffevant e Herbage (1984); Judge et al. (1984) e Bailey e Light (1989). A variação de entalpia de desnaturação (ΔH) é determinada por mudanças de estabilidade em diferentes estruturas conformacionais das proteínas induzidas por mudanças em pH e entalpias ionizantes (COSTAS, 1983).

A temperatura de encolhimento térmico (T_s) dos mamíferos é ao redor de 65°C comparada com 39°C da molécula em solução. A variação de T_s entre as espécies, naturalmente segue o conteúdo de hidroxiprolina da molécula. A precisão da temperatura de desnaturação varia com as condições ambientes em que é determinada. Fatores exógenos relacionados a variações em T_s incluem pH, taxa de aquecimento e concentração de soluto, entre outros (BAILEY e LIGHT, 1989).

Para Aktas (2003), a temperatura de transição térmica (T_s) do colágeno em solução depende de fatores importantes como o conteúdo de hidroxiprolina, pH e a composição iônica do meio aquoso. Entretanto, alguns autores consideram a estabilidade térmica das ligações cruzadas de colágeno como o principal fator na determinação da temperatura de transição, embora outros fatores como a presença de mucopolissacarídeos e o tipo genético possam dar contribuições menores (KING, 1987; FLANDIN, BUFFEVANT, HERBAGE, 1984).

A maturidade do colágeno é, claramente, importante na determinação da maciez da carne. O colágeno maduro gera uma alta tensão sobre encolhimento térmico e resulta em maior dureza da carne. A elevada tensão gerada pelas fibras

do colágeno mais maduro, devido ao seu conteúdo aumentado de ligações cruzadas termicamente estáveis, comprime junto com as fibras do músculo que resulta em uma considerável perda de líquido e, conseqüentemente, um encurtamento da carne. A contração do colágeno ocorre a partir do excesso de líquido expelido da carne, porém não resulta necessariamente em aumento de dureza, exceto se os feixes da fibra muscular forem compactados, aumentando assim o teor de proteína por unidade de área no valor das determinações de força de cisalhamento (BAILEY, 1985).

3.3.1 Calorimetria de varredura diferencial (DSC)

A calorimetria de varredura diferencial (DSC—*Differential Scanning Calorimetry*) é uma técnica termoanalítica utilizada para analisar o comportamento de materiais que passam por mudanças físicas e químicas durante o aquecimento (FLANDIN, BUFREVANT, HERBAGE, 1984). No equipamento de DSC, a principal medição é por comparação da taxa de fluxo de calor entre a amostra e um material inerte, que são aquecidos ou resfriados à mesma taxa. Mudanças nas amostras, que são associadas com absorção ou evolução de calor, causam uma mudança no fluxo de calor diferencial que é então registrado em um pico. A área do pico é diretamente proporcional a mudança de entalpia e sua direção indica se o evento térmico que está ocorrendo é endotérmico ou exotérmico (COSTAS, 1983).

Segundo Clas, Dalton e hancock (1999), a preferência de utilização da DSC é devido à sua capacidade em fornecer informações detalhadas sobre propriedades físicas e energéticas de uma substância. Isso é, informações que, frequentemente, não podem ser obtidas com precisão, facilidade ou rapidez, usando qualquer outra técnica. Os mesmos autores relatam, ainda, que a vantagem da DSC é a velocidade das medições e a pequena quantidade de amostra que é necessária e pode ser usada como um método de rastreio rápido de degradação, decomposição e determinações de estabilidade em conjunto com outras técnicas cromatográficas.

Este método foi desenvolvido para o estudo de mudanças estruturais em materiais associados a entalpia e tem sido usado por muitos anos para pesquisas envolvendo a desnaturação do colágeno (LEE et al., 1995), fornecendo um meio adequado para a determinação rápida de alterações nos padrões de ligações cruzadas de colágeno no tecido conjuntivo (FLANDIN, BUFFEVANT, HERBAGE, 1984).

De acordo com Lee et al. (1995), os testes de estabilidade térmica medem a temperatura em que o colágeno desnatura, a partir de sua estrutura de ligação de hidrogênio helicoidal tripla até uma forma espiral aleatória. Esta temperatura de desnaturação será aumentada, principalmente, por ligações cruzadas intramoleculares entre as moléculas individuais de colágeno em tripla hélice e secundariamente, por ligações cruzadas intermoleculares.

Voutila et al. (2007) analisaram três músculos suínos e encontraram diferença na estabilidade térmica destes músculos. O músculo *Infraspinatus* apresentou uma elevada solubilidade de colágeno em comparação com os músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus*, que apresentaram percentuais menores de solubilidade de colágeno.

Em estudo realizado por Judge et al. (1984), foram avaliadas as temperaturas de encolhimento térmico (T_s) de colágeno intramuscular de touros e novilhos de animais cruzados 7/8 Simental, 7/8 Charolês e Angus x Hereford. Os pesquisadores encontraram temperaturas de encolhimento térmico (T_s) mais elevadas ($P < 0,05$) em colágeno muscular de touros em relação aos novilhos. O uso de estimulação elétrica nas carcaças, não afetou as temperaturas de encolhimento térmico (T_s) em músculos de novilhos. Entretanto, a estimulação elétrica implicou em uma tendência de redução de temperaturas de encolhimento térmico (T_s) em colágeno de músculos de touros.

Judge e Aberle (1982) avaliaram a estabilidade térmica de colágeno intramuscular de vacas da raça Angus, Hereford e Angus x Hereford e novilhas, bois e bezerros da raça Holandês e constataram diferenças pequenas ($P < 0,05$) em temperaturas de encolhimento térmico (T_s) entre as raças e entre os grupos etários.

3.3.2 Efeito do aumento de temperatura

3.3.2.1 Desnaturação, encolhimento térmico e gelatinização

A desnaturação do colágeno consiste em uma reação endotérmica que ocorre em ritmo muito lento e é acompanhada por mudanças em algumas propriedades físicas e químicas do músculo, que podem ser monitoradas indiretamente por meio das alterações que ocorrem durante o aquecimento (BRUNTON et al., 2006).

Quando a carne é submetida a uma elevação de temperatura ao redor de 40 e 50°C, há um aumento de dureza devido à desnaturação das proteínas miofibrilares, que se agregam (Figura 1) para formar um gel firme (BAILEY, 1985). A estrutura da molécula de colágeno no músculo permanece relativamente estável devido a energia de cristalização da tripla hélice até a temperatura alcançar valores próximos a 64°C. A partir dessa temperatura, as fibras de colágeno começam a encolher, completando a desnaturação, normalmente, em torno de 70°C. Em um aquecimento contínuo da carne acima de 70°C, ocorre o rompimento das ligações peptídicas de colágeno, e encolhimento de aproximadamente um quarto do comprimento da molécula de colágeno, causando solubilização parcial do colágeno, gelatinização e uma redução eventual da força de cisalhamento (BAILEY e LIGHT, 1989; SIMS e BAILEY, 1981; TAYLOR, 2004).

Segundo Palka (1999), a uma temperatura de 60°C observa-se um decréscimo significativo do diâmetro da fibra de colágeno e as maiores perdas por cocção são observadas na faixa de temperatura de 60-70°C. Os autores relataram também, que as mudanças no tecido conjuntivo intramuscular, relacionadas com a desnaturação térmica do colágeno, ocorrem na faixa de 60 – 80°C e nesta faixa de temperatura o tecido conjuntivo intramuscular afeta a textura da carne.

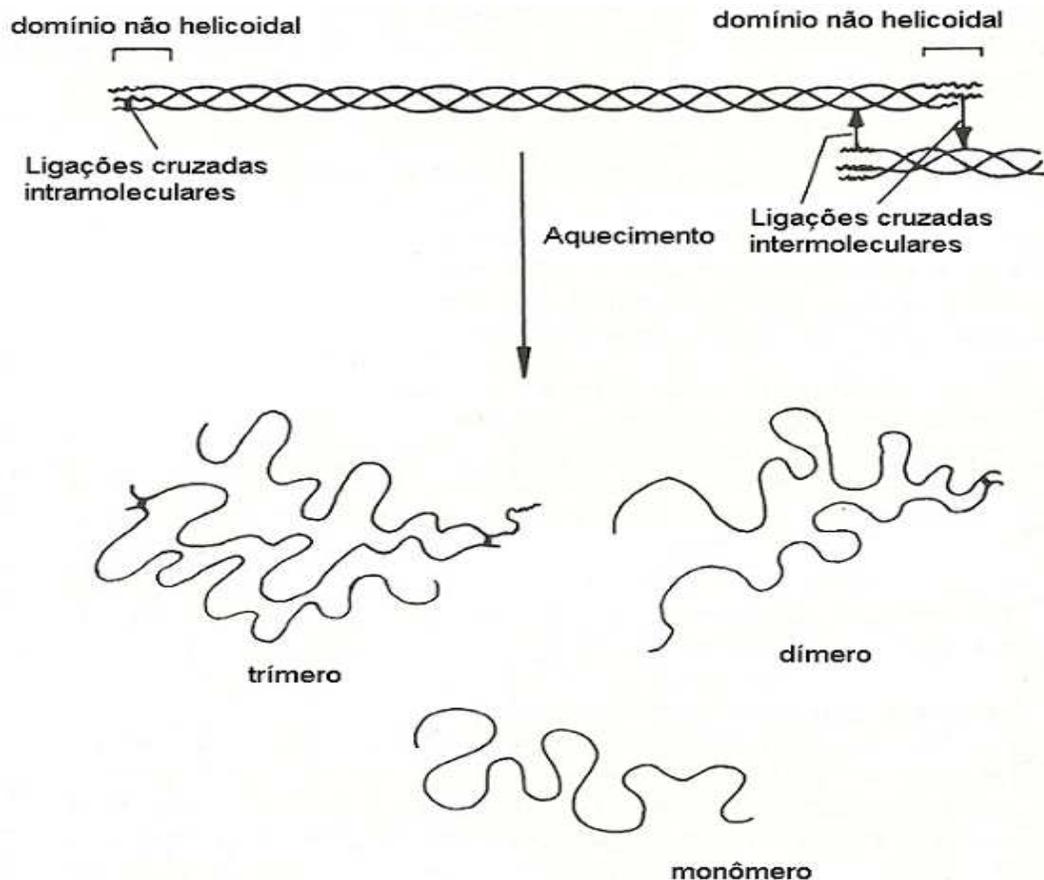


Figura 1. Diagrama representativo da desnaturação do colágeno em gelatina. Adaptado de Bailey e Light (1989).

A desnaturação térmica das moléculas de colágeno, quando na forma de fibras agregadas, é demonstrada pelo colapso da estrutura e conseqüente encurtamento da fibra. O fenômeno de encurtamento fornece uma medida de transição térmica, que é determinada como a temperatura em que a fibra, encolhe um quarto de seu comprimento original. Esta temperatura de encolhimento térmico (T_s) é normalmente ao redor de 27°C mais elevada do que a temperatura de desnaturação da molécula (T_D) devido a energia de cristalização aumentada derivada da interação entre as moléculas agregadas na fibra (BAILEY e LIGHT, 1989).

Norman (1982) verificou entre quatro raças bovinas: Nelore, Guzerá, Canchim e Charolês, a estabilidade de colágeno mais elevada para raças zebuínas, intermediária em Canchim e mais baixa em Charolês. Segundo este

autor, à 62°C, foi desnaturado 36,1% do colágeno em animais Charolês e 21,3% em Canchim, comparados a 10 e 11% obtidos para as raças Guzerá e Nelore, respectivamente.

Em experimento realizado por Rochdi, Foucat e Renou (2000), foi avaliada a desnaturação térmica em tecidos de vacas e bezerros por meio dos métodos de calorimetria de varredura diferencial - DSC e ressonância nuclear magnética - NMR. Os resultados de NMR diferenciaram o epimísio e tecidos intramusculares o que corresponde a diferenças nos tipos de colágeno, enquanto que o DSC discriminou diferenças devido à idade dos tecidos animais. Os autores observaram a ocorrência de alterações a partir dos primeiros 30 minutos de aquecimento até a temperatura de 90°C e que foram mais intensas em tecidos jovens como menos ligações cruzadas de colágeno e atribuíram a estas estruturas uma importante contribuição em relação a estabilidade térmica dos tecidos. Entretanto, os pesquisadores, encontraram também um número maior de interações hidrofóbicas, conhecidas por estabilizar as ligações cruzadas, em bezerros em relação as vacas e no epimísio em relação aos tecidos musculares. Os autores sugeriram uma maior contribuição de ligações de hidrogênio em tecidos mais jovens (bezerros) do que em tecidos mais velhos (vacas).

Paul, McCrae e Hofferber (1973) verificaram que colágeno solubilizado aumentou significativamente com a elevação da temperatura interna em músculos *Semitendinosus* e *Biceps femoris*. Os mesmos autores relataram a ocorrência de decréscimo da força de cisalhamento com o aumento de temperatura em *Biceps femoris*, mas não em *Semitendinosus*. Os pesquisadores concluíram que os músculos avaliados não se tornavam significativamente mais macios com o aumento das temperaturas de aquecimento, porém tornavam-se mais densos e compactos. De acordo com essas descobertas, os autores sugeriram que o aumento da coagulação das proteínas contráteis seria mais importante no controle das mudanças de maciez do que o colapso dos tecidos colagenosos sofrido pelos músculos avaliados em aquecimento controlado. Entretanto, de acordo com Rochdi, Foucat e Renou (2000), as diferenças entre os tecidos poderiam ser o

resultado de diferenças na hidrólise de ligações de hidrogênio durante a primeira etapa de desnaturação.

3.3.2.2 Processo de cocção

O processo de cocção pode contribuir para o aumento ou decréscimo na maciez da carne e depende de vários fatores incluindo a temperatura de cocção, o tempo de aquecimento e o tipo de músculo. Existe também uma ação sobre o tecido conjuntivo, que se torna mais macio pela conversão de colágeno em gelatina, que sofre coagulação e tende a endurecer as proteínas miofibrilares (LAWRIE, 2006).

A contribuição das propriedades do tecido conjuntivo na medição instrumental da textura na carne é eliminada principalmente quando a carne é coccionada. O tecido conjuntivo exerce uma grande contribuição para a textura da carne *in natura*, enquanto que as miofibrilas contribuem sensivelmente para a textura da carne coccionada (TAYLOR, 2004).

Durante a cocção ocorre uma inversão nas propriedades mecânicas das fibras musculares e do colágeno. As fibras musculares desnaturadas se agregam para formar um gel mais rígido, enquanto o colágeno desnaturado possui uma fração de sua força original. No entanto, a textura da carne é dependente da força da fibra de colágeno recém gelatinizada, uma vez que este é, agora, o ponto fraco na estrutura da carne submetida a processo térmico (BAILEY, 1985). Em um estudo dos efeitos térmicos que influem em músculos de frangos e de salmão, Kong et al. (2008) relataram que o músculo de salmão *in natura* é mais macio do que de frango devido ao baixo conteúdo de colágeno e menor número de ligações cruzadas de colágeno. Entretanto, após o cozimento os músculos podem se tornar mais duros, implicando em uma maior resistência ao corte das fibras musculares desnaturadas. Os autores concluíram que as diferenças na força de cisalhamento entre músculos de frango e salmão, durante o aquecimento, foi resultado do efeito combinado de várias interações caracterizadas quantitativamente em perda por cocção, área de encurtamento e solubilidade de colágeno.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais

Foram utilizadas 63 fêmeas bovinas adultas com idade média de 10 anos de 4 grupos genéticos, sendo 19 ½ Angus ½ Nelore (AN), 16 ½ Canchim ½ Nelore (CN), 13 ½ Simental ½ Nelore (SN) e 15 Nelore (NE), mantidas e terminadas em condições de pastagem cultivada de *Brachiaria brizantha*.

4.2 Abate

Foram realizados três abates, em matadouro frigorífico sob inspeção estadual no município de Bariri (São Paulo - Brasil).

No primeiro abate, foram abatidos 32 animais, no segundo abate, 15 animais e no último abate, 16 animais. Todos os abates foram realizados nos mesmos padrões para transporte, manejo, descanso, jejum e dieta hídrica e seguindo as normas preconizadas pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 1997).

Após o abate as meias-carcaças foram identificadas, pesadas e conduzidas à câmara de resfriamento.

4.3 Resfriamento

Foi utilizado o resfriamento convencional e as meia carcaças foram resfriadas durante 24 horas em câmara frigorífica com temperatura ajustada para 0°C registradas em termômetro digital e sistema de ventilação sob uma velocidade de circulação do ar de 0,5 a 3,0 m/s.

4.4 Músculos

Foram utilizados quatro músculos das meias carcaças esquerdas dos animais: *Longissimus thoracis* (LT), *Semitendinosus* (ST), *Supraspinatus* (SS) e *Infraspinatus* (IS).

No primeiro abate (32 animais), sendo 9 AN, 10 CN, 5 SN e 8 Ne, foram coletadas amostras dos quatro músculos para cada animal. Nos dois abates seguintes foram coletadas amostras somente do músculo *Longissimus*.

4.5 Desossa e separação das amostras

Logo após a pesagem, as meias carcaças foram divididas em quartos dianteiro, traseiro e ponta de agulha que foi em seguida destacada do traseiro e conduzidas à sala de desossa climatizada a 12°C.

As meias carcaças esquerdas foram divididas de modo a facilitar a remoção das amostras da seguinte maneira: as amostras do músculo *Longissimus thoracis* foram retiradas do segmento compreendido entre a 9ª e a 13ª costela. Os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* foram excisados integralmente para a obtenção das amostras.

Após a coleta, os músculos foram identificados e embalados em sacos plásticos, em seguida, em caixas de papelão e conduzidos em caixas isotérmicas de poliestireno expandido, até o laboratório de carnes da Embrapa Pecuária Sudeste (cidade de São Carlos - SP) onde foram mantidos em câmara frigorífica ($1 \pm 1^\circ\text{C}$) até a separação das amostras.

Foram utilizadas amostras de 2,5 cm de espessura (da região da 12ª costela) do músculo *Longissimus* para a realização das análises de pH, instrumental da cor da carne, força de cisalhamento (FC) e perda por cocção (PC). As amostras dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* foram separadas em seis bifês de 2,5 cm de espessura e identificadas em ordem cranial para caudal (A, B, C, D, E e F), embaladas a vácuo em filme CRYOVAC® em seladora à vácuo SELOVAC, modelo 300B.

Em seguida, três amostras de cada músculo foram imediatamente congeladas a -18°C até a realização das análises e três amostras de cada músculo foram destinadas à maturação ($1 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 14 dias).

4.6 Maturação

As amostras utilizadas no processo de maturação foram colocadas em caixas de papelão e levadas à câmara de refrigeração, onde foram mantidas a uma temperatura, de $1 \pm 1^{\circ}\text{C}$, monitorada por termômetro digital, durante um período de 14 dias. Após este período as amostras foram imediatamente congeladas a -18°C até a realização das análises.

4.7 Análises

As análises laboratoriais de pH, cor da carne, força de cisalhamento e perda por cocção do músculo *Longissimus* foram realizadas no laboratório de carnes da Embrapa Pecuária Sudeste, na cidade de São Carlos, SP, enquanto que as demais análises para este músculo e para os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* foram realizadas na planta piloto de carnes e nos laboratórios de físico-química e de instrumentação do Departamento de Tecnologia dos Alimentos – DTA (Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, SP – Brasil).

4.7.1 Área de olho de lombo (AOL)

A medição da área de olho de lombo foi feita na altura da 12^a costela, realizando-se um corte transversal ao comprimento do músculo *Longissimus* expondo a sua superfície. Após foi delimitado o seu contorno aparente em papel vegetal e posteriormente a área foi medida por meio de uma escala em transparência quadriculada, com um ponto no centro de cada quadrado de $0,25\text{ cm}^2$ cada, de modo que 4 pontos equivalem a 1 cm^2 .

4.7.2 Espessura de gordura (EG)

A espessura de gordura foi determinada na altura da 12^a costela, no mesmo corte onde foi realizada a medida da área de olho de lombo, por meio da medida da gordura que recobre o *Longissimus*.

4.7.3 pH

A medição de pH do músculo *Longissimus thoracis* foi realizada em triplicata, conforme protocolo da AOAC (1990), por meio de um potenciômetro digital portátil da marca TESTO, modelo 230.

Para os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* a análise de pH foi realizada em triplicata pelo método de solução conforme descrito por Terra e Brum (1988), por meio de um potenciômetro digital portátil da marca Toledo.

4.7.4 Força de cisalhamento (FC)

A avaliação da força de cisalhamento foi realizada de acordo com protocolo experimental da AMSA (1995).

A cocção dos bifes do músculo *Longissimus* de aproximadamente 2,5 cm de espessura foi realizada em forno industrial da marca TEDESCO, modelo TC06/ELT, equipado com 12 termopares metálicos que foram inseridos internamente até a região central, de cada bife, para o monitoramento de temperatura até atingir 71°C. Após a cocção, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente e embaladas em sacos plásticos, identificadas e submetidas à temperatura de refrigeração de 4°C por um período de 24 horas.

Para a medição da força de cisalhamento, utilizou-se um texturômetro da marca EXPONENT, modelo TA XT Plus, equipado com lâmina de 1 mm de espessura tipo Warner Blatzler, comprimento de 70 mm e ângulo de 60°.

Retiraram-se, de cada bife, seis a oito cilindros de 1,27 cm de diâmetro, no sentido longitudinal em relação às fibras musculares da amostra, utilizando-se um amostrador “coring” acoplado a uma furadeira elétrica. Cada cilindro foi seccionado uma única vez e o resultado expresso em kg, pela média ajustada das leituras de seis cilindros.

Os bifes dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de aproximadamente 2,5 cm de espessura foram descongelados em estufa BOD a 5°C por 24 horas, receberam um invólucro de folha de alumínio e foram colocados em um forno elétrico, da marca IMEQUI, modelo 8, pré-aquecido a 170°C para cocção.

Para o monitoramento de temperatura no interior dos bifes, foi utilizado um termopar metálico da marca TESTO, modelo 0602.5792, inserido internamente até a região central de cada bife.

Após atingirem a temperatura de 40°C, os lados das amostras virados para cima foram invertidos, permanecendo assim até atingirem a temperatura de 71°C.

Ao atingirem a temperatura ambiente foi feita a embalagem das amostras em sacos plásticos, identificadas corretamente e submetidas à temperatura de refrigeração de 4°C por um período de 24 horas.

Procedeu-se a realização da força de cisalhamento de maneira semelhante à descrita para o músculo *Longissimus*.

4.7.5 Perda por cocção (PC)

A perda por cocção para o músculo *Longissimus* foi realizada pela diferença de peso dos bifes antes a após a cocção, de acordo com protocolo experimental da AMSA (1995). Para os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* foi realizada inicialmente a pesagem individual das bandejas de alumínio, juntamente com a grelha e a folha de alumínio e, em seguida, adicionaram-se os bifes para uma nova pesagem deste conjunto. Após a cocção, foi realizada a pesagem dos bifes retirando-se o envólucro de folha de alumínio e

a pesagem em conjunto da bandeja de alumínio, grelha, folha de alumínio e o exsudato resultante da cocção.

4.7.6 Comprimento de sarcômero (S)

A medição do comprimento de sarcômero foi realizada pelo método de difração a laser de acordo com o descrito por Cross West e Dutson (1981) e Ramos e Gomide (2007), adaptado.

Inicialmente, foram obtidos cubos com aresta de 1 cm retirados da região central de bifes dos quatro músculos, evitando-se regiões ricas em colágeno e gordura, e escolhendo preferencialmente regiões em que as fibras musculares se encontravam distribuídas longitudinalmente nas amostras.

Em seguida, realizou-se a fixação das amostras em frascos de cintilação, deixando os cubos cobertos por duas soluções: A formulada com KCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$; ácido bórico 39 mmol L^{-1} ; EDTA 5 mmol L^{-1} e glutaraldeído 2,5 % e B formulada com KCl 25 mmol L^{-1} ; ácido bórico 39 mmol L^{-1} ; EDTA 5 mmol L^{-1} e glutaraldeído 2,5 %. A solução A foi usada para cobrir as amostras durante 2 horas a uma temperatura de 4°C . Em seguida, a solução A foi descartada e adicionou-se a solução B, para fixar as amostras, durante um período de 17 horas, à temperatura de 4°C .

Posteriormente, utilizou-se um criostato marca MICROM, modelo HM 505E, para o corte e fixação das amostras em lâminas histológicas.

As amostras foram congeladas em temperatura de -25°C e foram feitos três cortes de $100 \mu\text{m}$ de diâmetro para cada amostra. As amostras, então, foram fixadas em lâminas histológicas, identificadas e cobertas com lamínulas.

A leitura foi realizada, imediatamente, por difração através dos feixes emitidos em um anteparo pela incidência do laser Helio-Neon de $632,8 \text{ nm}$ sobre a fibra muscular. Os valores do comprimento dos sarcômeros foram obtidos por meio da média de nove leituras de cada amostra, utilizando a equação apresentada abaixo.

$$S = n * \lambda * \sqrt{\frac{1+L^2}{T^2}}$$

(Equação 1)

Em que:

T = distância entre dois máximos de difração;

L = distância entre a amostra e o anteparo;

n = número inteiro correspondente a cada máximo de difração;

λ = comprimento de onda do laser.

4.7.7 Análise instrumental da cor

A análise instrumental da cor, para o músculo *Longissimus*, foi realizada com o colorímetro portátil da marca Hunter Lab, modelo MiniScan X. Utilizou-se iluminante do tipo D65, com ângulo de observação de 10° e diâmetro fixo de área de medição de 10 mm. O sistema CIE – *Comission Internacionale de l'Eclariange* foi utilizado como referência para as leituras de cor em L*, a* e b* (MANCINI & HUNT, 2005). Onde L* representa a luminosidade, oscilando entre o claro (100) e o escuro (0), a* indica o ponto no eixo entre o vermelho (+) e o verde (-) e b*, o ponto no eixo entre o amarelo (+) e o azul (-) A partir dos valores de a* e b*, foram estimados os valores de cromaticidade (C*) e ângulo de tonalidade (h).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{Equação 2}$$

$$h = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad \text{Equação 3}$$

Para a realização das leituras, as amostras foram cortadas e expostas à luz da sala em temperatura de 10°C por um período de 30 minutos. Foram realizadas três leituras em diferentes pontos de cada amostra. Na avaliação instrumental da cor dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, as amostras foram descongeladas por um período de 24 horas em BOD e em

seguida foi conduzida a metodologia semelhante à realizada no músculo *Longissimus*.

4.7.8 Quantificação de colágeno total, insolúvel e porcentagem de colágeno solúvel

A metodologia utilizada para determinar a concentração de colágeno total e insolúvel fundamentou-se em Woessner (1961).

Foram pesadas, em triplicata, em tubos com tampa rosqueada, aproximadamente 5 g de amostra previamente trituradas e homogeneizadas em multiprocessador industrial. Em seguida, as amostras foram hidrolisadas com HCl 6N em estufa a 105°C por um período de 15 horas. Posteriormente as amostras foram filtradas, e tiveram o pH ajustado entre 6,0 e 7,0 com NaOH 50% e HCl 6N. Em seguida, as amostra foram diluídas e submetidas à oxidação da hidroxiprolina com a cloramina T e adição de ácido perclórico. Finalizando, o reagente de cor dimetilaminobenzaldeído foi adicionado para reagir com o complexo formado e proporcionar a formação de uma intensidade de cor, que foi medida a 557 nm, em espectrofotômetro da marca BECKMAN, modelo DU-70.

O conteúdo de colágeno total e insolúvel de cada fração foi obtido através da multiplicação da concentração de hidroxiprolina por 8,0 conforme método de Kolar (1990).

Para a determinação da solubilidade de colágeno, foram pesadas, em triplicata, aproximadamente 5 g de amostra, previamente trituradas e homogeneizadas em multiprocessador, adicionadas de água destilada e submetidas a banho termostático a 80°C por um período de duas horas. As amostras foram homogeneizadas durante um minuto em Ultra Turrax marca IKA, modelo T118, a uma velocidade de 22.000 rpm e então, os homogeneizados foram centrifugados a uma velocidade de 4.000 rpm, por um período de 15 minutos, em temperatura ambiente, em centrífuga marca BECKMAN, modelo J2 - 21 (GERHARDY, 1995; HADLICH et al., 2006; DUARTE et al., 2011).

O sobrenadante foi descartado e o sedimento foi utilizado para determinação do colágeno insolúvel, de maneira similar àquela descrita para determinação de colágeno total.

O colágeno solúvel foi determinado por diferença entre o colágeno total e o colágeno insolúvel. A porcentagem de colágeno solúvel foi determinada pela divisão entre o produto formado da multiplicação do colágeno solúvel por 100 com o colágeno total.

4.7.9 Estabilidade térmica

A avaliação da estabilidade térmica do tecido conjuntivo foi realizada através de calorimetria de varredura diferencial (DSC) e o procedimento utilizado foi baseado no descrito por Voutila et al. (2007). Foram pesadas 10 g de amostra de carne *in natura*, em duplicata, e homogeneizada em Ultra Turrax da marca IKA WERK, modelo D7813, a uma velocidade de 10.000 rpm durante 10 segundos em solução tampão de pH 5,75 formulada com KCl 0,1 mol L⁻¹ e KH₂PO₄ e com KCl 0,1 mol L⁻¹ e K₂HPO₄ de acordo com o descrito por Aktas e Kaya (2001) e Macfarlane, McKenzie e Turner (1982), à uma temperatura de 5 ± 1°C. A porção resultante dos tecidos conjuntivos, aderida às pás do Ultra Turrax foi recolhida e o líquido descartado, após três lavagens consecutivas. Posteriormente, a amostra foi submetida à agitação em 100 mL de água destilada por 10 segundos, descartando-se o líquido.

O instrumento usado para realização das análises de estabilidade térmica foi o aparelho de DSC da marca TA Instruments, modelo 2920 com sistema de refrigeração.

Amostras de aproximadamente 10 mg foram colocadas em cadinhos de alumínio para DSC, indicados pelo fabricante e fechados hermeticamente. Em seguida, as amostras foram aquecidas de 10°C até 95°C, à taxa de 5°C.min⁻¹. Utilizou-se um cadinho vazio como referência para a diferença de fluxo de calor com a amostra.

As determinações de temperatura inicial (T_o), temperatura de pico (T_p) e variação de entalpia (ΔH) foram realizadas por meio de termogramas (Figura 2).

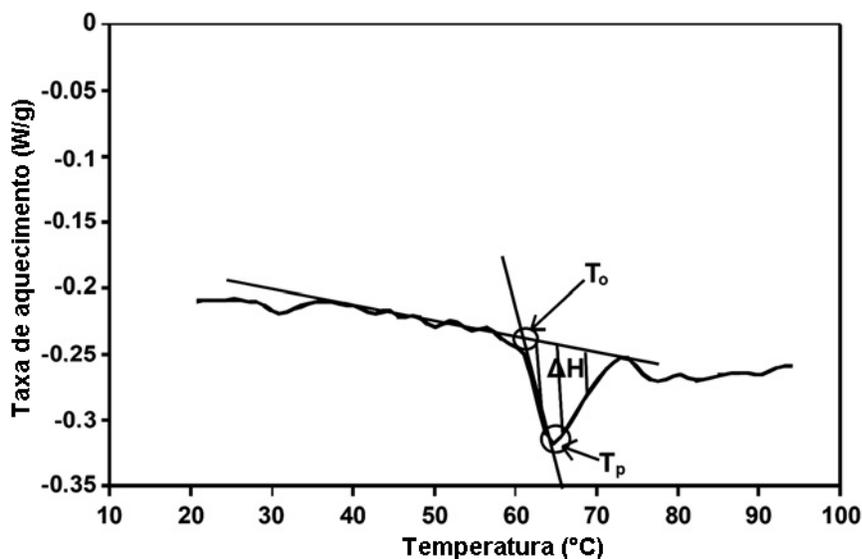


Figura 2. Determinação de temperatura inicial (T_o), de pico (T_p) e variação de entalpia (ΔH) de encolhimento térmico do tecido conjuntivo intramuscular. Adaptado de Voutila, Ruusunen e Puolanne (2008).

4.7.10 Composição centesimal

4.7.10.1 Umidade

A análise de umidade foi realizada em triplicata, por método gravimétrico, em estufa à 105°C até peso constante, de acordo com o método da AOAC (1990).

4.7.10.2 Proteína

A determinação da porcentagem de proteína total foi realizada, em triplicata, por meio da metodologia de micro-Kjeldahl, de acordo com o método descrito pela AOAC (1990), baseado na determinação do nitrogênio total.

A porcentagem de proteína foi calculada através da multiplicação dos teores de nitrogênio total pelo fator de 6,25.

4.7.10.3 Lipídios

A porcentagem de lipídios foi determinada, em triplicata, de acordo com o método descrito por Bligh e Dyer (1999).

4.7.10.4 Cinzas

Para a obtenção da porcentagem de cinzas foi utilizada mufla a 550°C, para destruição da matéria orgânica, sem apreciável decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização (AOAC, 1990).

4.8 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado no experimento foi inteiramente casualizado com fatoriais 4 (quatro grupos genéticos) x 1 (músculo *Longissimus*) x 2 (períodos de maturação), 4 (quatro grupos genéticos) x 3 (três músculos: *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*) x 2 (períodos de maturação) e 4 (quatro grupos genéticos) x 4 (quatro músculos) x 2 (períodos de maturação). Os dados das amostras de animais dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore; ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore, foram submetidas a análise de variância para testar os efeitos principais: grupo genético, músculo, período de maturação e interação entre os efeitos. As médias foram submetidas ao teste para diferenças mínimas significativas de Tukey, no nível de 5% de significância usando o PROC GLM do programa estatístico SAS, versão 9.1 (SAS Institute 2004).

As análises de correlações de Pearson foram realizadas pelo PROC CORR do SAS, para verificar possíveis associações entre as variáveis de maneira global em cada músculo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Peso da carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios de peso da carcaça quente (PCQ), área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura (EG) de quatro grupos genéticos.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão de peso da carcaça quente, área de olho de lombo e espessura de gordura de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	PCQ (kg)	AOL (cm ²)	EG (mm)
½ Simental ½ Nelore	164,77 (12,80) ^a	78,06 (5,86) ^a	8,92 (3,99) ^b
½ Canchim ½ Nelore	156,19 (11,35) ^b	73,00 (7,25) ^a	10,00 (4,23) ^{ab}
½ Angus ½ Nelore	167,95 (11,14) ^a	75,06 (8,87) ^a	13,63 (3,86) ^a
Nelore	152,13 (11,14) ^b	63,83 (8,57) ^b	12,13 (5,32) ^{ab}

Médias e desvios padrão das médias. (n=63).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05), pelo teste de Tukey.

PCQ: peso da carcaça quente; AOL: Área de olho de lombo; EG: Espessura de gordura.

Na análise de variância, pode-se verificar que houve efeito de grupo genético para o peso da carcaça quente (P<0,001) (Apêndice G), área de olho de lombo (P<0,001) (Apêndice G1) e espessura de gordura (P<0,001) (Apêndice H).

Constatou-se que as médias de peso da carcaça quente dos grupos ½ Simental ½ Nelore (SN) e ½ Angus ½ Nelore (AN) diferiram (P<0,001) dos grupos ½ Canchim ½ Nelore (CN), e Nelore (NE), que não diferiram (P>0,05) entre si.

Para a área de olho de lombo, houve diferença (P<0,001) entre as médias do grupo genético Nelore (NE) e as dos grupos ½ Simental ½ Nelore (SN), ½ Angus ½ Nelore (AN) e ½ Canchim ½ Nelore (CN), que não diferiram (P>0,05) entre si.

Em estudo realizado por Pereira et al. (2009) a área de olho de lombo (AOL) de novilhos foi maior nos grupos genéticos ½ Limousin ¼ Aberdeen Angus ¼ Nelore, que diferiram estatisticamente de animais da raça Nelore. Segundo os

autores, isto estaria associado a um efeito positivo do cruzamento para o aumento da musculabilidade.

Observou-se também que os grupos ½ Simental ½ Nelore (SN) e ½ Angus ½ Nelore (AN) apresentaram diferença ($P < 0,001$), nas médias de espessura de gordura. Contudo, não se detectou diferença ($P > 0,05$) dos grupos ½ Simental ½ Nelore (SN) e ½ Angus ½ Nelore (AN) com os demais grupos genéticos (Tabela 1).

5.2 pH, Força de cisalhamento e perda por cocção

5.2.1 Músculo *Longissimus*

Os valores médios e os desvios padrão de pH, força de cisalhamento e perda por cocção do músculo *Longissimus* de quatro grupos genéticos estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão de pH, força de cisalhamento (FC) e perda por cocção (PC) do músculo *Longissimus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	<i>Longissimus</i>		
	pH	FC (kg)	PC (%)
	<i>24 h</i>	<i>24 h</i>	<i>24 h</i>
½ Simental ½ Nelore	5,73 (0,11) ^a	6,29 (0,54) ^{ab}	24,49 (3,56) ^a
½ Canchim ½ Nelore	5,75 (0,10) ^a	6,02 (0,44) ^b	22,89 (1,98) ^a
½ Angus ½ Nelore	5,74 (0,13) ^a	5,82 (0,62) ^b	23,99 (3,91) ^a
Nelore	5,72 (0,08) ^a	6,88 (0,65) ^a	24,65 (3,05) ^a
	<i>14 dias</i>	<i>14 dias</i>	<i>14 dias</i>
½ Simental ½ Nelore	5,75 (0,07) ^a	4,47 (0,43) ^a	23,49 (2,75) ^a
½ Canchim ½ Nelore	5,75 (0,15) ^a	4,05 (0,47) ^a	24,24 (2,83) ^a
½ Angus ½ Nelore	5,75 (0,08) ^a	4,11 (0,38) ^a	24,40 (2,98) ^a
Nelore	5,74 (0,09) ^a	4,69 (0,54) ^a	24,97 (1,96) ^a

Médias e desvios padrão das médias. (n=63).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$) em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

FC: Força de cisalhamento; PC: Perda por cocção

Comparando-se os quatro grupos genéticos e os períodos de maturação para o pH, força de cisalhamento e perda por cocção do músculo *Longissimus*, verificou-se que não houve efeito ($P>0,05$) de grupo genético e de interação de grupo genético com período de maturação para o pH. Entretanto, houve efeito ($P<0,05$) de período de maturação (Apêndice A). Para a força de cisalhamento, houve efeito de grupo genético ($P<0,001$) e de período de maturação ($P<0,001$). Contudo, não houve efeito ($P>0,05$) de interação de grupo genético com o período de maturação (Apêndice B). Pode-se detectar também que para a perda por cocção não houve efeito de grupo genético ($P>0,05$) e de período de maturação ($P>0,05$) ou interação de grupo genético com período de maturação ($P>0,05$) (Apêndice C).

5.2.1.1 Efeito dos grupos genéticos

Pode-se verificar na Tabela 2 que não houve diferença ($P>0,05$) entre as médias dos grupos genéticos $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore (SN), $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore (CN), $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore (AN) e Nelore (NE), para o pH no músculo *Longissimus* em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Os quatro grupos genéticos não diferiram ($P>0,05$) quanto à perda por cocção no músculo *Longissimus*, independente do período de maturação (Tabela 2).

No músculo *Longissimus*, as médias de força de cisalhamento das vacas $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore, que não diferiram entre si, foram mais baixas ($P<0,001$) que as grupo genético Nelore, em 24 horas. Já as médias de força de cisalhamento dos animais do grupo genético $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore não diferiram de nenhum dos outros grupos, no mesmo período. Contudo, verificou-se que não houve diferença ($P>0,05$) entre os quatro grupos genéticos em 14 dias (Tabela 2).

Os resultados de força de cisalhamento do presente trabalho, verificados no primeiro dia *post mortem*, estão de acordo com as observações de Monson,

Sañudo e Sierra, (2004) que também relataram diferenças significantes na força de cisalhamento entre as raças Holandês, Pardo Suíço, Limousin e Blonde d'Aquitaine. Chambaz et al. (2003) concluíram que a carne bovina obtida a partir de animais de diferentes raças, criados nas mesmas condições, pode diferir substancialmente em qualidade.

Em pesquisa realizada por Pereira et al. (2009), a força de cisalhamento foi influenciada pelo fator racial em uma avaliação das características de carcaça e qualidade de novilhos de três grupos genéticos. Segundo os autores, as médias de força de cisalhamento da carne dos animais $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Limousin $\frac{1}{4}$ Aberdeen Angus $\frac{1}{4}$ Nelore não diferiram ($P>0,05$) entre si, e foram menores que a média do grupo Nelore.

Verificou-se que a genética influenciou a força de cisalhamento dos animais utilizados no presente trabalho para o músculo *Longissimus*. Entretanto, Shackelford, Wheeler e Koohmaraie (1995) sugeriram que a seleção genética para melhorar a maciez da carne por meio da avaliação de força de cisalhamento do músculo *Longissimus* não poderia ter um grande impacto na maciez de outros músculos. Os autores relataram também, que os sistemas utilizados para prever com precisão a maciez do músculo *Longissimus* em uma carcaça não poderiam prever, da mesma forma, a maciez nos músculos *Psoas major* (PM), *Triceps brachii* (TB), *Longissimus* (LD), *Semitendinosus* (ST), *Gluteus medius* (GM), *Supraspinatus* (SS), *Biceps femoris* (BF), *Semimembranosus* (SM) e *Quadriceps femoris* (QF). Os pesquisadores relataram que a força de cisalhamento de outros músculos nem sempre está fortemente associada com a variação apresentada pelo músculo *Longissimus*, devido a grande variação existente entre a maioria dos músculos.

Chambaz et al. (2003) não observaram diferença ($P>0,05$) para a força de cisalhamento entre as raças Angus, Simental, Charolês e Limousin, no entanto, os autores observaram carnes mais duras em novilhas Simental, quando comparadas com animais das raças Angus, Charolês e Limousin.

5.2.1.2 Efeito da maturação

Verificou-se diferença ($P < 0,001$) dos grupos genéticos dos animais quanto à força de cisalhamento, entre 24 horas e 14 dias de maturação.

Vários autores têm relatado que a maturação por 14 dias tende a homogeneizar diferenças em maciez, quando estas são observadas, normalmente, no primeiro dia *post mortem* (WULF et al., 1997; CAMPO et al., 2000; MONSON, SAÑUDO e SIERRA, 2004).

A maturação por período de 14 dias atuou positivamente ajudando reduzir a força de cisalhamento e as diferenças observadas entre os grupos genéticos, em 24h, no presente experimento. Sañudo et al. (2004) constataram efeito da raça sobre as medidas de força de cisalhamento entre períodos curtos de maturação. Entretanto, este efeito desapareceu aos 21 dias, o que explica que o período de maturação tende a homogeneizar o produto, independente da raça. De acordo com Monson, Sañudo e Sierra (2004) o tempo de maturação tende a eliminar diferenças na textura da carne entre raças e indivíduos dentro da mesma raça.

Kolczak et al. (2003) também reportaram aumento da maciez durante a maturação prolongada e associaram a isso a degradação do citoesqueleto. Este processo pode variar e depende da espécie, raça do animal, estrutura e atividade fisiológica do músculo e taxas de transformações associadas com a atividade catabólica de enzimas, no início do período *post mortem*.

Para Sañudo et al. (2004), a força de cisalhamento é suficientemente sensível para detectar mudanças estruturais da carne durante a maturação.

De acordo com Monson, Sañudo e Sierra (2004), a maturação é uma ferramenta importante para ajudar a reduzir as diferenças na qualidade da carne, fazer um produto mais homogêneo para o consumidor e aumentar o seu valor de mercado.

5.2.2 Músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

As médias e os desvios padrão de pH dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias, estão apresentadas na Tabela 3.

Na comparação dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore, dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, e dos períodos de maturação, verificou-se que para o pH houve efeito de músculo ($P < 0,001$) e período de maturação ($P < 0,01$). Contudo, não houve efeito de grupo genético e da interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$). Também não ocorreu efeito das interações de músculo com período de maturação ($P > 0,05$) e de grupo genético com período de maturação ($P > 0,05$) (Apêndice I).

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão de pH dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	pH		
	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
	24 h	24 h	24 h
½ Simental ½ Nelore	5,69 (0,04) ^{Aa}	5,79 (0,05) ^{Ba}	5,96(0,04) ^{Ca}
½ Canchim ½ Nelore	5,67 (0,02) ^{Aa}	5,79 (0,04) ^{Ba}	5,94 (0,05) ^{Ca}
½ Angus ½ Nelore	5,69 (0,04) ^{Aa}	5,78 (0,06) ^{Ba}	5,94 (0,06) ^{Ca}
Nelore	5,70 (0,04) ^{Aa}	5,80 (0,04) ^{Ba}	5,96 (0,06) ^{Ca}
	14 dias	14 dias	14 dias
½ Simental ½ Nelore	5,70 (0,02) ^{Aa}	5,83 (0,02) ^{Ba}	5,98 (0,06) ^{Ca}
½ Canchim ½ Nelore	5,70 (0,02) ^{Aa}	5,80 (0,02) ^{Ba}	5,95 (0,07) ^{Ca}
½ Angus ½ Nelore	5,70 (0,03) ^{Aa}	5,80 (0,04) ^{Ba}	5,96 (0,06) ^{Ca}
Nelore	5,70 (0,02) ^{Aa}	5,82 (0,02) ^{Ba}	5,99 (0,04) ^{Ca}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) em 24h e 14 dias pelo Teste de Tukey

Na Tabela 3 pode-se verificar que não houve diferença ($p > 0,05$) entre as médias dos quatro grupos genéticos para o pH nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, no primeiro e no 14° dia *post mortem*. Constatou-se também que os três músculos apresentaram diferença ($P < 0,001$) quanto aos valores médio de pH dos grupos genético ½ Simental ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore, tanto em 24 horas como em 14 dias.

Observou-se valores médios de pH menores para o músculo *Semitendinosus*, que variaram de 5,67 a 5,70 no primeiro e ficaram ao redor de 5,70, no 14° dia. O músculo *Supraspinatus* teve valores médios de pH intermediários que variaram de 5,78 a 5,80 (24 horas) e de 5,80 a 5,83 (14 dias). As médias mais elevadas de pH foram apresentadas pelo músculo *Infraspinatus*, que ficaram entre 5,94 e 5,96, no primeiro dia e entre 5,95 e 5,99, no 14° dia *post mortem* (Tabela 3).

Em avaliação de 14 músculos bovinos, realizada por Torrescano et al. (2003), foram constatadas diferenças ($P < 0,05$) de pH entre os músculos. Esta verificação é consistente com os resultados encontrados no presente experimento.

A semelhança das médias dos grupos genéticos para pH, em cada um dos músculos, está de acordo com os resultados da pesquisa realizada por King et al. (2010) que concluíram que os fatores genéticos não explicam variações em pH muscular final.

Jayasooriya et al. (2007) relataram que o pH normalmente aumenta com a maturação. Entretanto, Mckeena et al. (2005) avaliando dezenove músculos bovinos, observaram poucas diferenças nos valores de pH durante a maturação. Os autores verificaram que os valores de pH aumentaram aproximadamente 0,1 unidades do dia 0 ao dia 5 e consideraram esta pequena alteração como pouco relevante.

As médias e os desvios padrão de força de cisalhamento dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem* estão apresentadas na Tabela 4.

Comparando-se os quatro grupos genéticos e os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, em 24 horas e 14 dias, para a força de cisalhamento, constatou-se efeito de músculo ($P < 0,001$) e período de maturação ($P < 0,001$), bem como de grupo genético ($P < 0,001$). Verificou-se também que ocorreu efeito de interação de músculo com período de maturação ($P < 0,001$). Por outro lado, não existiu efeito de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) e de grupo genético com período de maturação ($P > 0,05$) (Apêndice J).

Tabela 4. Valores médios e desvios padrão de força de cisalhamento (FC) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	FC (kg)		
	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
	24 h	24 h	24 h
½ Simental ½ Nelore	7,61 (0,35) ^{Aa}	7,19 (0,57) ^{Aa}	4,62 (0,56) ^{Ba}
½ Canchim ½ Nelore	7,23 (0,37) ^{Ab}	6,99 (0,40) ^{Aa}	4,30 (0,32) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	6,98 (0,27) ^{Ab}	6,93 (1,12) ^{Aa}	4,12 (0,37) ^{Ba}
Nelore	7,84 (0,41) ^{Aa}	7,72 (1,16) ^{Aa}	4,47 (0,36) ^{Ba}
	14 dias	14 dias	14 dias
½ Simental ½ Nelore	6,47 (0,88) ^{Aa}	5,94 (0,28) ^{Aa}	4,09 (0,27) ^{Ba}
½ Canchim ½ Nelore	5,92 (0,66) ^{Aa}	5,91 (0,53) ^{Aa}	3,78 (0,39) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	6,20 (0,52) ^{Aa}	5,73 (0,64) ^{Aa}	3,73 (0,27) ^{Ba}
Nelore	6,80 (0,76) ^{Aa}	6,06 (0,52) ^{Ba}	4,11 (0,23) ^{Ca}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05), em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si (P<0,05) em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

FC: Força de cisalhamento

5.2.2.1 Efeito dos grupos genéticos

Verificou-se que não houve diferença (P>0,05) entre médias de força de cisalhamento dos quatro grupos genéticos nos músculos *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, no primeiro e 14° dia *post mortem* (Tabela 4). Entretanto, no músculo *Semitendinosus*, as médias de força de cisalhamento dos grupos genéticos Nelore e ½ Simental ½ Nelore, que não diferiram (P>0,05) entre si em 24 horas, foram mais elevadas e diferiram das médias, dos grupos ½ Canchim ½ Nelore e ½ Angus ½ Nelore. As médias de força de cisalhamento dos grupos ½ Canchim ½ Nelore e ½ Angus ½ Nelore não diferiram (P>0,05) entre si. Não houve diferença (P>0,05) entre os quatro grupos genéticos nos três músculos, em 14 dias *post mortem* (Tabela 4).

De acordo com Shackelford, Wheeler e Koohmaraie (1995), a diminuição da maciez com o aumento da porcentagem de *Bos Indicus* na herança genética é bem documentada para o músculo *Longissimus*. Por outro lado, pouco se sabe sobre o impacto do genótipo na maciez de outros músculos.

5.2.2.2 Efeito dos músculos

Na Tabela 4, verificou-se que houve diferença ($P < 0,001$) do músculo *Infraspinatus* com os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus*, nas médias de força de cisalhamento dos quatro grupos genéticos, independente do período de maturação. Pode-se observar também que não ocorreu diferença ($p > 0,05$) entre os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, em 24h e 14 dias. Contudo, em 14 dias, as médias do grupo Nelore diferiram ($P < 0,001$) entre os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus*. O que também foi verificado entre os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus* e entre o *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

O músculo *Infraspinatus* teve valores médios de força de cisalhamento mais baixos em relação aos outros dois (Tabela 4). Segundo Cuvelier et al. (2006) a grande diversidade do músculo esquelético pode ser uma importante razão para a inconsistência em maciez entre os diferentes músculos. Para este autor, cada músculo é diferente estruturalmente e metabolicamente e essas diferenças refletem seu alto grau de especialização funcional e adaptabilidade de acordo com a função a ser executada. De acordo com Cuvelier et al. (2006), a variabilidade na maciez da carne encontrada entre animais de grupos genéticos similares está dentro da normalidade. Entretanto, para Crouse, Cross e Seidman (1985) e Archile-Contreras, Mandell, Purslow (2010), as diferenças entre os músculos para força de cisalhamento são consistentes entre as condições de sexo, grupos raciais e tratamentos dietéticos.

Segundo Jurie et al. (2007), o tipo de músculo desempenha o papel mais importante na determinação de classes de maciez. Porém, as concentrações de colágeno total e insolúvel são os principais representantes das diferenças de maciez entre as características musculares.

5.2.2.3 Efeito da maturação

Nos resultados de força de cisalhamento apresentados na Tabela 4, verificou-se valores mais elevados para as médias do grupo Nelore no músculo *Semitendinosus*, em 24 horas. Constatou-se também a mesma tendência aos 14 dias de maturação, porém em menor intensidade (Tabela 4). A explicação para isso pode estar relacionada à proteólise reduzida das proteínas miofibrilares em animais *Bos indicus*, como por exemplo, Nelore, associada à maior atividade do inibidor calpastatina (KOOHMARAIE, 1988; WHIPPLE et al., 1990a; KOOHMARAIE, 1992).

Verificou-se também que todas as médias de força de cisalhamento dos quatro grupos genéticos diminuíram com a maturação por 14 dias nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*. Jayasooriya et al. (2007), também, verificaram redução progressiva de força de cisalhamento com a maturação nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus* em novilhas de 3 a 4 anos de idade. Esta melhora na maciez é consistente com estudos anteriores (KOOHMARAIE et al., 1987; JEREMIAH et al., 2003).

Koohmaraie et al. (1988) avaliaram a maciez dos músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Psoas major* da carcaça de novilhas, em 24 horas e 14 dias *post mortem* e também observaram, no primeiro dia, diferenças significantes para força de cisalhamento entre os músculos *Longissimus dorsi*, *Biceps femoris* e *Psoas major*, no entanto, esses valores reduziram consideravelmente, após 14 dias, devido à maturação.

Na Tabela 5 encontram-se as médias e os desvios padrão de perda por cocção em 24 horas e 14 dias *post mortem* dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, de quatro grupos genéticos.

Comparando-se os quatro grupos genéticos e os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, em 24 horas e 14 dias, para a perda por cocção, notou-se que houve efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,01$), bem como de período de maturação ($P < 0,01$). Entretanto, não ocorreu efeito de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) e de músculo com período de

maturação ($P>0,05$) ou de grupo genético com período de maturação ($P>0,05$) (Apêndice K).

Tabela 5. Valores médios e desvios padrão de perda por cocção (PC) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	PC %		
	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
	24 h	24 h	24 h
½ Simental ½ Nelore	36,67 (2,55) ^{Aa}	34,87 (2,32) ^{Aa}	32,73 (2,52) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	35,77 (2,45) ^{Aa}	33,79 (1,94) ^{ABa}	32,10 (2,40) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	35,10 (3,09) ^{Aa}	33,40 (2,45) ^{Aa}	31,94 (2,77) ^{Aa}
Nelore	36,93 (2,68) ^{Aa}	35,10 (2,27) ^{ABa}	32,96 (1,90) ^{Ba}
	14 dias	14 dias	14 dias
½ Simental ½ Nelore	36,35 (2,28) ^{Aa}	33,79 (2,63) ^{ABa}	31,29 (1,83) ^{Ba}
½ Canchim ½ Nelore	35,25 (2,51) ^{Aab}	32,76 (2,15) ^{ABa}	31,08(2,64) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	34,81 (1,54) ^{Ab}	32,54 (2,55) ^{ABa}	30,48 (2,00) ^{Ba}
Nelore	35,99 (2,17) ^{Aa}	34,17 (2,04) ^{ABa}	31,82 (1,98) ^{Ba}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P<0,05$), em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P<0,05$) em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

PC: Perda por cocção

Na Tabela 5, pode-se verificar que não houve diferença ($P>0,05$) entre as médias de perda por cocção dos quatro grupos genéticos no músculo *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, em 24 horas e 14 dias. Contudo, no músculo *Semitendinosus* detectou-se diferença ($P<0,01$), nas médias de perda por cocção, do grupo genético ½ Angus ½ Nelore com os grupos ½ Simental ½ Nelore e Nelore, em 14 dias, enquanto que o grupo genético ½ Canchim ½ Nelore não diferiu ($P>0,05$), dos outros três grupos.

Os resultados de perda por cocção encontrados no presente trabalho são consistentes com o estudo de Crouse, Cross e Seidman (1985) que não observaram diferença ($P>0,05$) entre as raças Angus e Simental para perda por cocção nos músculos *Longissimus dorsi* e *Semimenbranosus*, em bovinos machos das raças Angus e Simental.

Na verificação dos resultados de perda por cocção, não houve diferença ($P>0,05$) entre os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, nas médias de perda por cocção dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore e ½ Angus ½ Nelore. Constatou-se também que entre os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus* ocorreu diferença ($P<0,001$), nas médias dos grupos ½ Canchim ½ Nelore e Nelore, em 24 horas. Já aos 14 dias, observou-se diferença ($P<0,001$) entre os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus*, nas médias de perda por cocção dos quatro grupos genéticos. Contudo, o músculo *Supraspinatus* não diferiu ($P>0,05$) dos outros dois músculos, independente do período de maturação (Tabela 5).

De acordo com Allain et al. (1978) e Bailey (1985), a perda de líquido que ocorre na carne durante a cocção é originada do encurtamento das fibras de colágeno devido as altas temperaturas usadas na cocção provocando compressão das fibras musculares.

5.3 Análise instrumental da cor

5.3.1 Músculo *Longissimus*

Na Figura 3 estão apresentadas as médias e os erros padrão dos parâmetros de cores luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e tonalidade (h) do músculo *Longissimus* de quatro grupos genéticos.

Constatou-se que no músculo *Longissimus*, ocorreu efeito ($P<0,001$) de grupo genético para a luminosidade (L^*) (Apêndice D). Contudo, não houve efeito ($P>0,05$) de grupo genético para a cromaticidade (C^*) (Apêndice E) e para a tonalidade (h) (Apêndice F).

Nos resultados da Figura 3 verificou-se que houve diferença ($P<0,001$), nas médias de luminosidade (L^*) entre os grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore, enquanto que os outros grupos não diferiram. Por outro lado, não houve diferença ($P>0,05$) entre os quatro grupos genéticos para as médias de cromaticidade (C^*) e tonalidade (h).

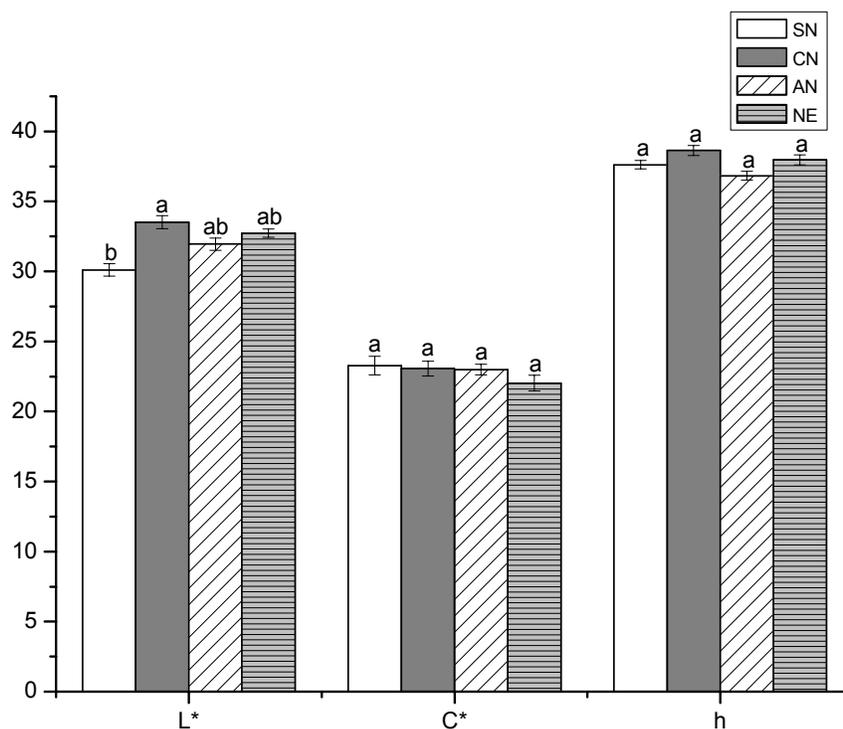


Figura 3. Médias e erros padrão de luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e tonalidade (h) do músculo *Longissimus* de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore).

^{ab} Letras iguais não diferem ($P > 0,05$), entre os grupos genéticos, para L*, C* e h, pelo teste de Tukey.

5.3.2 Músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Nas figuras 4, 5, 6, estão apresentadas as médias e os erros padrão dos parâmetros de cores luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e tonalidade (h) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Na comparação dos quatro grupos genéticos e os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* para a luminosidade (L*), notou-se que houve efeito de músculo ($P < 0,001$) e de interação de músculo com grupo genético ($P < 0,001$). Entretanto, não existiu efeito de grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice L).

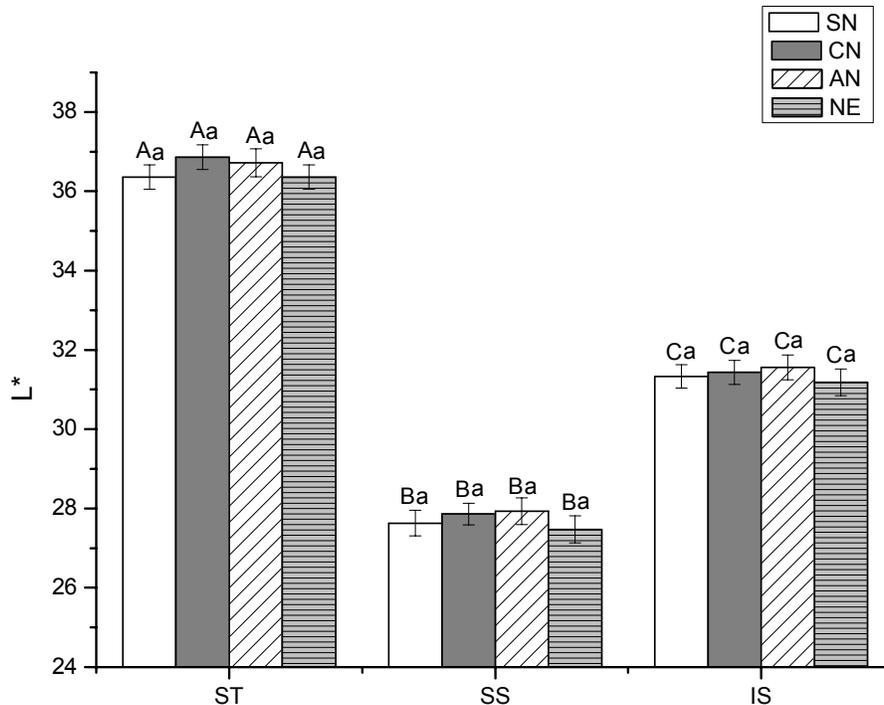


Figura 4. Médias e erros padrão de luminosidade (L^*) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore).

^{ab} Letras minúsculas iguais não diferem ($P > 0,05$), entre os grupos genéticos, em cada músculo, pelo teste de Tukey.

^{AB} Letras maiúsculas iguais não diferem ($P > 0,05$), entre os músculos, pelo teste de Tukey.

Na Figura 4, verificou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) para as médias de luminosidade (L^*) dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore; ½ Angus ½ Nelore; ½ Canchim ½ Nelore e Nelore, nos músculos *Semitendinosus* (ST), *Supraspinatus* (SS) e *Infraspinatus* (IS).

Foram verificadas diferenças ($P < 0,001$) entre os três músculos, nas médias de luminosidade dos quatro grupos genéticos. Os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, que diferiram entre si, também diferiram do *Infraspinatus* (Figura 4).

Vários pesquisadores constataram que existem diferenças significantes de cor entre músculos (VESTERGAARD, OBSBJERG e HENCKEL, 2000a; TORRESCANO et al., 2003; MCKENNA et al., 2005).

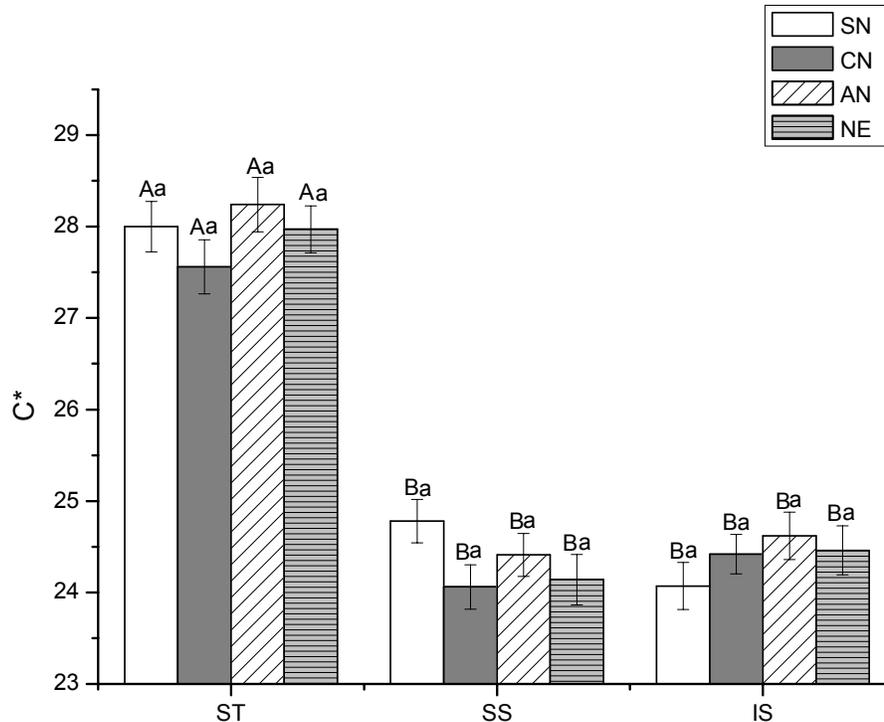


Figura 5. Médias e erros padrão de cromaticidade (L^*) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Canchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore).

^{ab} Letras minúsculas iguais não diferem ($P > 0,05$), entre os grupos genéticos, em cada músculo, pelo teste de Tukey.

^{AB} Letras maiúsculas iguais não diferem ($P > 0,05$), entre os músculos, pelo teste de Tukey.

Comparando-se os quatro grupos genéticos e os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* para a cromaticidade (C^*), detectou-se efeito de músculo ($P < 0,001$) e de interação de músculo com grupo genético ($P < 0,001$). Porém, não ocorreu efeito de grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice M).

As médias de cromaticidade (C^*) dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore não diferiram ($P > 0,05$) nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, apresentados na Figura 5.

Ocorreram diferenças ($P < 0,001$) entre os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus* e entre *Semitendinosus* e *Infraspinatus*, nas médias de cromaticidade (C^*) dos quatro grupos genéticos, enquanto que não existiram diferenças ($P > 0,05$) entre os músculos *Supraspinatus* e *Infraspinatus* (Figura 5).

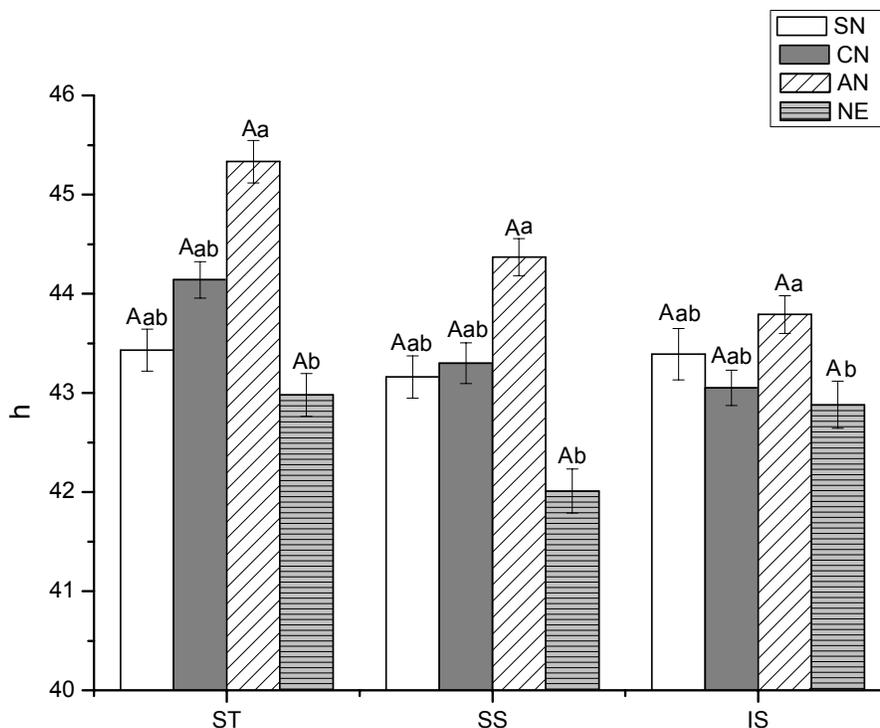


Figura 6. Médias e erros padrão de tonalidade (h) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos (SN: ½ Simental ½ Nelore; CN: ½ Ganchim ½ Nelore; AN: ½ Angus ½ Nelore e NE: Nelore).

^{ab} Letras minúsculas iguais não diferem ($P>0,05$), entre os grupos genéticos, em cada músculo, pelo teste de Tukey.

^{AB} Letras maiúsculas iguais não diferem ($P>0,05$), entre os músculos, pelo teste de Tukey.

Na análise de variância, pode-se verificar que para a tonalidade (h), não houve efeito ($P>0,05$) de músculo. Entretanto, houve efeito de grupo genético ($P<0,01$) e de interação de músculo com grupo genético ($P<0,05$) (Apêndice N).

5.3.2.1 Efeito dos grupos genéticos

Nas Figuras 4 e 5, verificou-se que os quatro grupos genéticos não diferiram ($P>0,05$), nas médias de luminosidade (L^*) e cromaticidade (C^*), nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, enquanto que, nos mesmos músculos, houve diferença ($P<0,01$) nos valores médios de tonalidade (h) entre os grupos ½ Angus ½ Nelore e Nelore. (Figura 6).

A diferença genética tem sido relatada, por muitos pesquisadores, como a causa de variações na cor da carne. Wulf et al. (1997) estudaram a cor do

músculo *Longissimus dorsi* em cruzamentos de várias raças *Bos indicus* e *Bos taurus* de diferentes origens e constataram que animais *Bos taurus* apresentaram os valores médios de força de cisalhamento mais baixos, enquanto que a maciez e a luminosidade (L*) foram mais elevadas em relação aos animais *Bos indicus*. Estas diferenças que ocorrem na cor também podem ser explicadas pelo metabolismo das fibras musculares. O metabolismo glicolítico está associado a um menor conteúdo de mioglobina intramuscular e maior luminosidade (L*). Por outro lado, músculos que possuem maior concentração de mioglobina são caracterizados por apresentarem metabolismo oxidativo (CUVELIER et al., (2006).

Como tem sido mostrado em outros estudos, King et al. (2011) encontraram concentrações de mioglobina baixas no músculo *Longissimus lumborum* bovino, que também apresentou maior estabilidade de cor, enquanto que o músculo *Triceps braquii* apresentou concentrações de mioglobina mais elevadas entre os músculos medidos. Para estes autores, a concentração de mioglobina poderia ser usada como um indicador do grau de metabolismo oxidativo muscular.

King et al. (2010) relataram concentrações de mioglobina inferiores em carcaças de Limousin e mais elevadas em Gelbveih, Red Angus e Simental. Já em carcaças de Charolês, Angus, Red Angus e Hereford, as concentrações de mioglobina foram intermediárias. De acordo com os autores, com a exceção de Angus, raças que apresentaram menor estabilidade de cor tinham valores mais elevados para a cor escura e valores de L* mais baixos do que raças com maior estabilidade de cor.

Os valores mais elevados em luminosidade (L*) foram verificados nos grupos ½ Canchim ½ Nelore e ½ Angus ½ Nelore dos músculos *Semitendinosus*, *Infraspinatus* e *Supraspinatus*, e podem estar relacionados à degradação das proteínas miofibrilares que ocorre no período *post mortem*, que contribui para o aumento dos valores de luminosidade (L*) (OFFER, 1991).

A carne das vacas do grupo genético ½ Simental ½ Nelore apresentou valor de L* inferior ao encontrado nos outros grupos, nos músculos *Semitendinosus*, *Infraspinatus* e *Supraspinatus*. Chambaz et al. (2003) constataram que a carne do músculo *Longissimus* de novilhos das raças Angus e Charolês ficou mais clara

(com maior valor de L^*), do que a de novilhos da raça Simental, ficando os animais Limousin em classificação intermediária. Os autores atribuíram a esta diferença, a correspondente diminuição do conteúdo de ferro heme no músculo *Longissimus* das raças Angus e Charolês em relação ao Simental. Os pesquisadores constataram também uma correlação negativa entre teor de ferro heme e a luminosidade (L^*) ($r=-0,68$; $P < 0,001$). De acordo com Chambaz et al. (2003), a elevada concentração de ferro heme na raça Simental pode ser atribuída a uma característica genuína desta raça, aumento mais rápido de concentração ou, de um modo geral, maior teor de ferro total no músculo.

Alguns investigadores concluíram que a genética dos animais apresenta menor importância, nas variações de estabilidade da cor, do que os efeitos dos músculos (KING et al., 2011). Entretanto, fatores ambientais como a taxa de aquecimento, temperatura de armazenamento e carga microbiana também podem contribuir para as variações de estabilidade da cor (KING et al., 2010). De acordo com King et al. (2011), estas variações são, até certo ponto, reguladas pela genética. Deste modo, algumas raças bovinas produzem carnes com cores mais vivas do que outras, provavelmente, por que seus músculos geram maior quantidade de metabólitos intermediários, resultando em mais NADH no estado disponível para a redução de metamioglobina.

5.3.2.2 Efeito dos músculos

Verificou-se que os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* diferiram entre si, nas médias de luminosidade (L^*) dos quatro grupos genéticos (Tabela 4), enquanto que o *Semitendinosus* diferiu dos músculos *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, nas médias de cromaticidade (C^*) dos quatro grupos genéticos (Tabela 5). Constatou-se também que os três músculos não diferiram ($P > 0,05$) entre si, nas médias de tonalidade (h) dos quatro grupos genéticos (Tabela 6).

O músculo *Semitendinosus* apresentou valores médios de luminosidade (L^*) e cromaticidade (C^*) mais elevados ($P < 0,001$), seguido do *Infraspinatus*,

enquanto que o *Supraspinatus* apresentou médias de L* inferiores ($P < 0,001$) aos outros dois músculos. As variações de cor da carne constatadas, podem ser atribuídas a maior taxa de consumo de oxigênio pelos músculos (McKENNA et al., 2005). Estas diferenças no consumo de oxigênio e a consequente estabilidade de cor são, normalmente, relacionadas com as diferenças e a distribuição do tipo de fibra muscular. Deste modo, músculos com maior concentração de fibras vermelhas apresentam, também, maior concentração de mitocôndrias, que resultam em maior consumo de oxigênio e menor estabilidade de cor (McKENNA et al., 2005; KING et al., 2011). McKenna et al. (2005) observaram também, que a carne de músculos com baixo teor de mioglobina apresentou as maiores médias de L*. No presente estudo, o músculo *Semitendinosus* (Figura 4) apresentou valores de L* mais elevados, em relação aos outros dois músculos. A explicação para isso pode estar parcialmente relacionada ao tipo de fibra predominante no músculo, como por exemplo as fibras brancas, que são caracterizadas por apresentarem menor concentração de mioglobina e uma aparência mais clara. Torrescano et al., (2003), também constataram valores de L* mais elevados no músculo *Semitendinosus* em relação aos *Infraspinatus*.

Segundo King et al. (2011), as diferenças na estabilidade de cor entre os músculos são geralmente atribuídas ao aumento do metabolismo oxidativo em músculos menos estáveis. Músculos com metabolismo oxidativo elevado apresentam maior concentração de mitocôndrias e enzimas mitocondriais, que competem com a mioglobina pelo oxigênio muscular disponível *post mortem*. Desta forma, segundo os autores, uma maior proporção de mioglobina permanece na forma desoxigenada, que é mais suscetível à oxidação do que a oximioglobina. Os autores constataram também, que a camada superficial de oximioglobina de cor vermelho-cereja é mais fina na carne de músculos que apresentam maior metabolismo oxidativo.

5.4 Quantificação e solubilidade de colágeno

5.4.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Nas Tabelas 6, 7 e 8 encontram-se os valores médios e os desvios padrão de colágeno total, colágeno insolúvel e porcentagem de colágeno solúvel dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Na análise de variância, pode-se verificar que para o conteúdo de colágeno total, ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$). Contudo, não houve efeito de grupo genético ($P > 0,05$) e de período de maturação ($P > 0,05$). Notou-se também que não houve efeito interativo de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) e de músculo com período de maturação ($P > 0,05$) ou de grupo genético com período de maturação ($P > 0,05$) (Apêndice O).

Tabela 6. Médias de colágeno total dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	Colágeno total (g/100g)*			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
	24 h	24 h	24 h	24 h
½ Simental ½ Nelore	3,15 (0,32) ^{Ca}	4,63 (0,38) ^{Ba}	5,05 (0,33) ^{Ba}	5,93 (0,31) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	3,18 (0,32) ^{Ca}	4,73 (0,43) ^{Ba}	5,08 (0,23) ^{Ba}	6,01 (0,32) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	3,19 (0,36) ^{Ca}	4,75 (0,41) ^{Ba}	5,14 (0,30) ^{Ba}	6,09 (0,41) ^{Aa}
Nelore	3,14 (0,37) ^{Ca}	4,65 (0,44) ^{Ba}	5,01 (0,30) ^{Ba}	5,96 (0,32) ^{Aa}
	14 dias	14 dias	14 dias	14 dias
½ Simental ½ Nelore	3,12 (0,28) ^{Ca}	4,65 (0,39) ^{Ba}	5,04 (0,31) ^{Ba}	5,95 (0,33) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	3,14 (0,28) ^{Ca}	4,69 (0,43) ^{Ba}	5,12 (0,29) ^{Ba}	5,99 (0,33) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	3,15 (0,30) ^{Ca}	4,78 (0,46) ^{Ba}	5,14 (0,31) ^{Ba}	6,11 (0,35) ^{Aa}
Nelore	3,24 (0,15) ^{Ca}	4,65 (0,44) ^{Ba}	5,05 (0,28) ^{Ba}	5,97 (0,30) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

* Base seca

5.4.1.1 Efeito dos grupos genéticos

Pode-se observar que não houve diferença ($P>0,05$) entre as médias do conteúdo de colágeno total dos quatro grupos genéticos nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Infraspinatus* e *Supraspinatus* (Tabela 6).

Como tem sido verificado em outros estudos, Norman (1982) também não encontrou diferença ($P>0,05$) no conteúdo de colágeno total intramuscular entre raças *Bos indicus* e *Bos Taurus* para os músculos *Longissimus dorsi*, *Semimenbranosus*, *Psoas major* e *Tríceps brachii*. De modo similar, Johnson et al. (1990) demonstraram que o colágeno total intramuscular não sofre influência do grupo racial, concordando com Whipple (1990a) em que o conteúdo de colágeno total não apresenta eficiência para explicar diferenças de maciez entre raças, incluindo *Bos indicus* e *Bos taurus*.

5.4.1.2 Efeito dos músculos

Na Tabela 6, observou-se que os músculos *Longissimus* e *Infraspinatus* diferiram ($P<0,001$) entre si e dos outros dois músculos, para o conteúdo de colágeno total, nas médias dos quatro grupos genéticos, em 24 horas. Constatou-se que não existiu diferença significativa no conteúdo de colágeno entre os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus*. Resultados similares foram detectados em 14 dias *post mortem*.

Nas determinações de colágeno total dos grupos $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore e Nelore dos quatro músculos, observou-se que o *Longissimus* apresentou médias mais baixas, em relação aos outros músculos, que variaram de 3,14 a 3,19 g/100g (24 horas) e de 3,12 a 3,24 g/100g (14 dias de maturação) (Tabela 6).

Os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, avaliados no presente estudo, apresentaram valores médios de conteúdo de colágeno intermediários em relação aos outros dois, que variaram de 4,63 a 4,75 g/100g (24 horas) e 4,65 a 4,78 g/100g (14 dias), para o músculo *Semitendinosus* e de 5,01 a 5,14 g/100g (24

horas) e 5,04 a 5,14 g/100g (14 dias), para o músculo *Supraspinatus*. Já, o músculo *Infraspinatus* teve as maiores médias em colágeno total, em relação aos outros três músculos, que variaram de 5,95 a 6,09 g/100g (24 horas) e 5,95 a 6,11 g/100g (14 dias de maturação) (Tabela 6).

Jurie et al. (2007) avaliaram quatro músculos de vacas de descarte das raças Holandês e Salers em que os valores médios de colágeno total foram 3,58 g/100g (Holandês) e 3,28 g/100g (Salers). Os músculos apresentaram valores médios de colágeno total de 2,57 g/100g (*Longissimus*), 3,70 g/100g (*Semimenbranosus*), 4,15 g/100g (*Semitendinosus*) e 3,32 g/100g (*Triceps brachii*), próximos aos encontrados em músculos similares, no presente estudo. Micol et al. (2009) estudaram efeitos da idade e castração em novilhos de 2 e 10 meses e não constataram diferença significativa entre as duas faixas etárias, nas médias de colágeno total dos músculos, que variaram de 2,65 a 2,83 g/100g e 2,76 a 2,86 g/100g (*Rectus abdominis*) e de 2,76 a 2,86 g/100g e 3,51 a 4,04 g/100g (*Triceps brachii*). Já Oliveira, Soares e Antunes (1998), relataram médias de colágeno total de 2,46 g/100g no músculo *Biceps femoris* e 3,26 g/100g no *Triceps brachii* de novilhos da raça Charolês.

Em pesquisa realizada por Cross, Carpenter e Smith (1973), o músculo *Semitendinosus* apresentou médias intermediárias de conteúdo de colágeno total e médias de solubilidade de colágeno inferiores, quando comparado com o músculo *Longissimus*, embora não implicando em diferenças de maciez. Voutila et al. (2007) também encontraram conteúdo de colágeno mais elevado no músculo *Infraspinatus* de suínos, em relação ao músculo *Longissimus dorsi*, que apresentou conteúdo de colágeno mais baixo.

Jurie et al. (2007) relataram conteúdos de colágeno total e insolúvel mais baixos no músculo *Longissimus thoracis* e mais elevados no músculo *Semitendinosus*, enquanto que o conteúdo de colágeno insolúvel não diferiu entre os músculos *Semimenbranosus*, *Semitendinosus* e *Triceps brachii*.

Cross, Carpenter e Smith (1973) descreveram valores inferiores para o conteúdo de colágeno total, hidroxiprolina e elastina no músculo *Longissimus dorsi*, que apresentou também porcentagem de colágeno solúvel mais elevada,

quando comparado aos músculos *Semitendinosus*, *Semimenbranosus*, *Biceps femoris* e *Rectus femoris*.

A grande variação de conteúdo de colágeno total observada entre os músculos foi explicada por Purslow (2005). Para esse autor, a quantidade e distribuição dos tecidos conjuntivos variam, principalmente, em desenvolvimento muscular, crescimento e função. Rhee et al. (2004), também relataram que os músculos variam muito em proteólise, comprimento de sarcômero e tecido conjuntivo contribuindo potencialmente para a sua variação de maciez. Para Jeremiah et al. (2003), as diferenças de tecido conjuntivo, colágeno total, conteúdo e solubilidade de colágeno, encontradas entre os músculos, exercem influência nos atributos de palatabilidade e aceitação do consumidor.

Torrescano et al. (2003) analisaram amostras de 14 músculos bovinos e suas relações com as características do colágeno e encontraram diferença entre o conteúdo de colágeno total dos músculos. Os pesquisadores apresentaram um ranking para o conteúdo de colágeno total e insolúvel que, para músculos semelhantes aos avaliados no presente trabalho, foi: *Longissimus lumborum* < *Semitendinosus* < *Infraspinatus*. Seidman (1986) pesquisou o conteúdo e a solubilidade de colágeno em cinco músculos de touros da raça Angus e Hereford e também apresentou um ranking dos músculos, do maior para o menor, que para o conteúdo de colágeno foi: *Semitendinosus* > *Biceps femoris* > *Longissimus dorsi* > *Semimenbranosus* > *Psoas major*, enquanto que para a porcentagem de colágeno solúvel foi: *Longissimus dorsi* > *Psoas major* > *Semitendinosus* > *Biceps femoris* > *Semimenbranosus*. Segundo os autores, o método de expressão para a quantidade de colágeno total e solúvel não mudou a ordem do ranking dos músculos quando analisados em base úmida, seca, ou desengordurada. No presente estudo, a ordem do ranking dos músculos, encontrada para o conteúdo de colágeno total, foi: *Longissimus* < *Semitendinosus* < *Supraspinatus* < *Infraspinatus* (Tabela 6). Rhee et al. (2004), em uma avaliação de onze músculos bovinos, também relataram um ranking para colágeno total, que para músculos similares aos estudados foi: *Longissimus dorsi* < *Semitendinosus* < *Supraspinatus*. Os pesquisadores também observaram, na comparação dos músculos, conteúdo

mais baixo de colágeno ($P < 0,05$) no músculo *Psoas major*, seguido por *Gluteus medius* e *Longissimus dorsi*, enquanto que os músculos *Biceps femoris*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, apresentaram as maiores concentrações de colágeno total.

No presente trabalho, o músculo *Longissimus*, que se localiza na região lombar, apresentou a menor concentração de colágeno total e insolúvel e o músculo *Semitendinosus* da região do traseiro apresentou teores intermediários de colágeno, enquanto que os músculos da região do dianteiro (*Supraspinatus* e *Infraspinatus*) tiveram médias de colágeno total e insolúvel mais elevadas.

A concentração mais elevada de colágeno total e a solubilidade reduzida, em determinados músculos do animal, tem sido atribuída à função locomotora desempenhada por estes músculos (BAILEY E LIGHT, 1989; PURSLOW, 2005; ARCHILE-CONTRERAS, MANDELL e PURSLOW, 2010).

Segundo Gerrard et al. (1987), o músculo *Semitendinosus*, localizado na região do quarto posterior, exerce uma grande tensão sobre o colágeno quando no estado contraído. De acordo com os pesquisadores, o alongamento das fibrilas de colágeno pode proporcionar a exposição de resíduos de alisina de ligações cruzadas adicionais, originando uma proteína mais insolúvel.

Como relatado nas pesquisas anteriores, os valores médios de conteúdo de colágeno ficaram próximos em animais avaliados em diferentes faixas de idade. Isto sugere que o aumento fisiológico da maturidade pode não influir na concentração de colágeno intramuscular. Duarte et al. (2011), em um estudo da influência da maturidade sobre as características de carcaça e qualidade da carne de bovinos da raça Nelore, não observaram diferença significativa do conteúdo de colágeno muscular entre animais de diferentes classes de maturidade. Embora não existam evidências que indiquem que o conteúdo de colágeno total, na carne, aumente com a idade, é fato que as fibras de colágeno aumentam em tamanho com o crescimento do animal, enquanto que os feixes das fibras tornam-se maiores e as ligações cruzadas de colágeno mais complexas. Existe também a possibilidade de um aumento interfibrilar, assim como ligações intermoleculares simples com o envelhecimento. Todas estas mudanças levam a um fortalecimento

da matriz de colágeno explicando as mudanças, bem documentadas, nas propriedades físico - químicas, como também resistência aumentada ao ataque proteolítico e decréscimo da maciez da carne (BAILEY e LIGHT, 1989).

5.4.1.3 Efeito da maturação

Verificou-se, na Tabela 6, que o conteúdo de colágeno dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* não diferiu ($P>0,05$), nas médias dos quatro grupos genéticos, entre o primeiro e o 14° dia *post mortem*.

Monson, Sañudo e Sierra (2004) e Jurie (2007) constataram que diferenças no conteúdo de colágeno entre músculos, verificadas em 24 horas, foram similares em 14 dias de maturação e poderiam explicar parte das variações de maciez.

Tabela 7. Médias de colágeno insolúvel dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	Colágeno insolúvel (g/100g)*			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
	24 h	24 h	24 h	24 h
½ Simental ½ Nelore	2,71 (0,22) ^{Ca}	4,10 (0,23) ^{Ba}	4,43 (0,18) ^{Ba}	5,93 (0,10) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	2,64 (0,23) ^{Da}	4,08 (0,25) ^{Ca}	4,36 (0,11) ^{Ba}	5,20 (0,14) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	2,60 (0,23) ^{Ca}	4,09 (0,29) ^{Ba}	4,39 (0,12) ^{Ba}	5,20 (0,22) ^{Aa}
Nelore	2,74 (0,26) ^{Ca}	4,22 (0,34) ^{Ba}	4,44 (0,16) ^{Ba}	5,23 (0,18) ^{Aa}
	14 dias	14 dias	14 dias	14 dias
½ Simental ½ Nelore	2,63 (0,18) ^{Cab}	4,08 (0,25) ^{Ba}	4,37 (0,14) ^{Ba}	5,07 (0,17) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	2,57 (0,20) ^{Uab}	3,99 (0,25) ^{Ca}	4,30 (0,07) ^{ba}	5,02 (0,15) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	2,52 (0,27) ^{Db}	4,01 (0,30) ^{Ca}	4,29 (0,09) ^{Ba}	5,09 (0,17) ^{Aa}
Nelore	2,81 (0,12) ^{Ua}	4,11 (0,30) ^{Ca}	4,42 (0,12) ^{ba}	5,18 (0,13) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P<0,05$), em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P<0,05$) em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

* Base seca

Em comparação dos grupos genéticos $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore e Nelore e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, em 24 horas e 14 dias, para o conteúdo de colágeno insolúvel, pode-se verificar que ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,01$), bem como de período de maturação ($P < 0,01$). Porém, não houve efeito interativo de músculo com período de maturação ($P > 0,05$) e de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) ou de grupo genético com período de maturação ($P > 0,05$) (Apêndice P).

Na Tabela 7, verificou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias de colágeno insolúvel dos quatro grupos genéticos nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* no primeiro dia *post mortem*. No 14º dia, pode-se verificar resultados semelhantes nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*. Contudo, no músculo *Longissimus* ocorreu diferença ($P < 0,01$), entre a média do grupo genético $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore e as médias do grupo Nelore, enquanto que os grupos $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore, não diferem entre si.

Constatou-se que os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus* não diferiram ($P > 0,05$), nas médias dos grupos genéticos $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore e Nelore. Porém, apresentaram diferença significativa ($P < 0,001$), nas médias do grupo $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore, em 24 horas. Verificou-se também que os quatro músculos diferiram entre si ($P < 0,001$), nas médias dos quatro grupos genéticos, em 14 dias, com exceção dos músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus* que não diferiram entre si, nas médias do grupo $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore (Tabela 7).

As médias de colágeno insolúvel encontradas para o músculo *Longissimus*, na Tabela 7, foram menores em relação aos outros músculos, que variaram entre quatro grupos genéticos, de 2,60 a 2,74 g/100g (24 horas) e 2,52 a 2,81 g/100g (14 dias). Os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus* apresentaram valores médios de colágeno insolúvel intermediários aos outros músculos, que variaram de 4,08 a 4,22 g/100g (24 horas) e 3,99 a 3,11 g/100g (14 dias) para o músculo *Semitendinosus* e de 4,36 a 4,44 g/100g (24 horas) e 4,29 a 4,42 g/100g (14 dias), para o músculo *Supraspinatus*. Pode-se observar ainda que o músculo

Infraspinatus apresentou as médias mais elevadas de colágeno insolúvel do que os outros três músculos, que variaram de 5,20 a 5,93 g/100g (24 horas) e 5,02 a 5,18 g/100g (14 dias).

Tabela 8. Médias de porcentagem de colágeno solúvel dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos, em 24 horas e 14 dias *post mortem*.

Grupos genéticos	Colágeno solúvel (%)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
	24 h	24 h	24 h	24 h
½ Simental ½ Nelore	13,79 (2,04) ^{Ab}	11,20 (2,86) ^{Aab}	12,21 (2,26) ^{Aa}	13,06 (2,92) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	16,67 (2,20) ^{Aa}	13,50 (3,26) ^{Aa}	14,12 (2,71) ^{Aa}	13,32 (3,05) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	18,29 (2,54) ^{Aa}	13,77 (2,33) ^{Ba}	14,58 (3,29) ^{Ba}	14,48 (2,81) ^{Ba}
Nelore	12,52 (2,10) ^{Ab}	9,20 (2,06) ^{Bb}	11,27 (2,26) ^{ABa}	12,13 (2,27) ^{ABa}
	14 dias	14 dias	14 dias	14 dias
½ Simental ½ Nelore	15,39 (2,25) ^{Ab}	11,92 (2,82) ^{Aab}	13,18 (2,67) ^{Aa}	14,55 (3,11) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	17,54 (1,92) ^{Aab}	14,75 (3,12) ^{Aab}	15,97 (4,22) ^{Aa}	16,15 (3,11) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	19,69 (2,74) ^{Aa}	15,94 (2,48) ^{Aa}	16,25 (3,76) ^{Aa}	16,58 (3,11) ^{Aa}
Nelore	13,31 (1,85) ^{Ac}	11,37 (2,55) ^{Ab}	12,40 (2,47) ^{Aa}	13,10 (2,37) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si (P<0,05), em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si (P<0,05) em 24h e 14 dias pelo teste de Tukey.

Comparando-se os quatro grupos genéticos e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, em 24 horas e 14 dias, para a porcentagem de colágeno solúvel, verificou-se que ocorreu efeito de músculo (P<0,001) e de grupo genético (P<0,001), bem como, de período de maturação (P<0,001). Contudo, não houve efeito de interação entre músculo com grupo genético (P>0,05) e entre músculo com período de maturação (P>0,05) ou entre grupo genético com período de maturação (P>0,05) (Apêndice Q).

5.4.1.4 Efeito dos grupos genéticos

De acordo com os resultados de porcentagem de colágeno solúvel no músculo *Longissimus*, em 24 horas, verificou-se que as médias dos grupos genéticos ½ Angus ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si, apresentaram diferença ($P < 0,001$) com as médias dos grupos Nelore e ½ Simental ½ Nelore, que também não diferiram ($P > 0,05$) entre si (Tabela 8). Aos 14 dias, houve diferença ($P < 0,001$) entre a média do grupo ½ Angus ½ Nelore com aquelas dos grupos Nelore e ½ Simental ½ Nelore. A média do grupo genético Nelore também diferiu ($P < 0,001$) das dos outros grupos genéticos na porcentagem de colágeno solúvel. No músculo *Semitendinosus*, detectou-se diferença significativa entre os grupos genéticos para a porcentagem de colágeno solúvel, em 24 horas (Tabela 8). O grupo Nelore diferiu ($P < 0,001$) dos grupos ½ Angus ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore, mas não diferiu ($P > 0,05$) do grupo ½ Simental ½ Nelore. As médias dos grupos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore também não foram diferentes ($P > 0,05$) entre si. No período de 14 dias *post mortem*, ocorreu diferença ($P < 0,001$) entre as médias dos grupos Nelore e ½ Angus ½ Nelore. Nos músculos *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, não ocorreram diferenças significantes entre as médias dos quatro grupos genéticos, independente do período de maturação (Tabela 8).

Diferenças entre raças para a porcentagem de colágeno solúvel, no músculo *Longissimus*, também foram constatadas por outros autores (CHAMBAZ et al., 2003; MONSON, SAÑUDO e SIERRA, 2004; CHRISTENSEN et al., 2011).

Monson, Sañudo e Sierra (2004) estudaram a influência das raças Holandês, Pardo suíço, Limousin e Blonde d'Aquitaine e seis períodos de maturação na qualidade da carne de vitelos e, também, observaram diferenças significantes entre raças para o conteúdo de colágeno total, insolúvel e porcentagem de colágeno solúvel, nos músculos *Longissimus thoracis* e *Longissimus lumborum*. Chambaz et al. (2003) encontraram diferenças significantes, nas médias de porcentagem de colágeno solúvel entre as raças Angus e Limousin, que não diferiram de Simental e Charolês.

5.4.1.5 Efeito dos músculos

Na tabela 8, verificou-se que não houve diferença ($P>0,05$) entre os quatro músculos para a porcentagem de colágeno solúvel, nas médias dos grupos genéticos $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore e $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore, em 24 horas. Por outro lado, o músculo *Longissimus* diferiu ($P<0,001$) do *Semitendinosus*, nas médias do grupo Nelore e dos músculos *Infraspinatus*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, nas médias do grupo $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore. Constatou-se, também, que não existiram diferenças ($P>0,05$) entre os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, nas médias de porcentagem de colágeno solúvel do grupo Nelore.

Em 14 dias, pode-se observar que os quatro músculos estudados não diferiram ($P>0,05$) para a porcentagem de colágeno solúvel.

Os resultados do presente experimento são consistentes com pesquisas anteriores, em que os músculos diferem tanto em colágeno total (TORRESCANO et al., 2003; JEREMIAH et al., 2003; RHEE et al., 2004), colágeno insolúvel (CHRISTENSEN et al., 2011) e solubilidade de colágeno (SEIDMAN, 1986; RHEE et al., 2004; STOLOWSKI et al., 2006; ARCHILE-CONTRERAS, MANDELL e PURSLOW, 2010).

As maiores médias de solubilidade de colágeno foram apresentadas pelo músculo *Longissimus*, seguido pelo *Infraspinatus*, na comparação entre os quatro músculos, embora diferindo parcialmente dos músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus* (Tabela 8). Os resultados médios de solubilidade de colágeno encontrados no presente estudo ficaram próximos aos relatados por (CROSS, SHANBACHER e CROUSE, 1984). Voutila et al. (2007), pesquisaram a estabilidade térmica do tecido conjuntivo em suínos e encontraram maior solubilidade de colágeno no músculo *Infraspinatus*, que ficou em 17,3%, enquanto que o músculo *Longissimus dorsi* apresentou valores médios de solubilidade de 13,5%, ficando o *Semimembranosus* com o percentual de solubilidade mais baixo de 12,4%.

Como tem sido verificado em outros estudos, o músculo *Longissimus* apresentou concentração de colágeno total menor e uma porcentagem de colágeno solúvel mais elevada do que o músculo *Semitendinosus* (SEIDMAN, 1986; GERHARDY, 1995; TORRESCANO et al., 2003; RHEE et al., 2004; STOLOWSKY et al., 2006). Archile-Contreras, Mandell e Purslow (2010), também, encontraram conteúdo de colágeno total mais elevado e solubilidade térmica menor para o músculo *Semitendinosus* em relação ao músculo *Longissimus dorsi*, em novilhos Hereford e Angus.

No presente estudo, o músculo *Infraspinatus* apresentou valores médios de força de cisalhamento mais baixos, em 24 horas e 14 dias, e mostrou médias de solubilidade mais elevadas em relação aos músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus*, que apresentaram força de cisalhamento mais elevadas. O músculo *Longissimus* apresentou médias de porcentagem de colágeno solúvel, similares e levemente superiores às do músculo *Infraspinatus*.

Embora os valores médios de porcentagem de colágeno solúvel, encontrados no presente trabalho, sejam similares aos relatados em várias pesquisas anteriores, outros pesquisadores observaram valores mais elevados SAÑUDO et al. (2004). Chambaz et al. (2003), analisando a qualidade da carne de novilhos, encontraram valores médios de colágeno solúvel de 34,3; 31,6; 29,6 e 28,6% para animais da raça Angus, Simental, Charolês e Limousin, respectivamente.

A diversidade dos resultados encontrados na literatura para a porcentagem de colágeno solúvel pode ser explicada, em parte, pelo método de solubilização adotado. A maioria dos pesquisadores utilizaram aquecimento a uma temperatura de 77°C por um período de 70 minutos (HILL, 1966), que normalmente contribui para médias mais baixas de colágeno solúvel (%) (HERRING, CASSENS e BRISKEY, 1967; BURSON et al., 1986; GERRARD et al., 1987; MANDELL et al., 1997), enquanto que outros autores utilizaram aquecimento a uma temperatura de 90°C, por um período de duas horas (BONNET e KOOP, 1984; BONNET e KOOP, 1992) obtendo uma maior proporção de colágeno solúvel (NAGPO et al., 2002; TORRESCANO et al., 2003; SANUDO et al., 2004; OURY et al., 2009;

CHRISTENSEN et al., 2011). No presente estudo, utilizou-se uma temperatura de aquecimento de 80°C por um período de duas horas, similares aos estudos de Hadlich et al. (2006) e Duarte et al. (2011).

A idade dos animais, também, é apontada por muitos autores como uma das causas da inconsistência em médias de solubilidade de colágeno (SHIMOKOMAKI, ELSDEN e BAILEY, 1972; BAILEY et al., 1979; BAILEY e LIGHT, 1989; PURSLOW, 2005). De acordo com estes pesquisadores, à medida que a idade dos animais avança, as ligações cruzadas de colágeno tornam-se mais numerosas e tem sua estabilidade aumentada. Isto leva a uma diminuição do percentual de colágeno solubilizado (DUARTE et al., 2011; GERRARD et al., 1987). Contudo, as vacas contemporâneas utilizadas no presente trabalho, tinham entre 8 e 11 anos, destas 90% com 10 – 11 anos, que estavam dentro da mesma classificação de maturidade tipo E (com cartilagens completamente ossificadas e separação com o processo espinhoso) (MÜLLER, 1987). Além disso, em análise prévia, não foram constatadas correlações significantes entre a idade dos animais e a solubilidade de colágeno.

Outros pesquisadores atribuíram ao sistema de alimentação dos animais, a causa de variações na solubilidade de colágeno. Animais que receberam dietas com alto nível de energia apresentaram maior solubilidade devido ao depósito de colágeno sintetizado recentemente (MONSON, SAÑUDO e SIERRA, 2004; PURSLOW, 2005). As vacas utilizadas no presente estudo foram criadas e mantidas, até o abate, em sistema similar de alimentação em pastagem cultivada.

5.4.1.6 Efeito da maturação

A porcentagem de colágeno solúvel aumentou ($P < 0,001$) com a maturação por 14 dias, em todos os grupos genéticos. Estes resultados foram similares aos relatos de Oliveira, Soares e Antunes (1998), que encontraram uma maior quantidade de colágeno solubilizado em músculos maturados, em relação aos não maturados. Observações similares foram feitas por Whipple et al. (1990b), que analisaram as características bioquímicas e histológicas do músculo *Longissimus*

que predizem a maciez da carne em cruzamentos entre raças Hereford x Angus e Sahival x Hereford e verificaram que a porcentagem de colágeno solúvel aumentou de 13,9 % para 15,5 %, entre 24 horas e 14 dias de maturação.

Hadlich et al. (2006) estudaram o efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos dos grupos genéticos Nelore, ½ Nelore x ½ Aberdeen Angus e ½ Nelore x ½ Simental e também verificaram variação da porcentagem de colágeno solúvel, entre os grupos genéticos, de 16,1 a 19,6%, em 24 horas, 19,9 a 21,2%, em 7 dias de maturação e de 18,4 a 19,9%, em 14 dias de maturação.

Stolowski et al. (2006) pesquisaram os fatores que exercem influência na variação de maciez, em sete músculos bovinos de três cruzamentos raciais de Angus e Brahmam, em 2, 14, 28 e 42 dias de maturação e observaram valores médios da porcentagem de colágeno solúvel muito próximos aos encontrados no presente trabalho, variando de 12,67 a 14,06 % no músculo *Semitendinosus* e de 17,21 a 17,39 % no *Longissimus*.

5.5 Estabilidade térmica

5.5.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Nas Tabelas 9, 10 e 11 estão contidos os resultados médios e os desvios padrão de temperatura inicial (T_0), temperatura de pico (T_P) e variação de entalpia (ΔH) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Tabela 9. Médias de temperatura inicial (T_o) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	T_o (°C)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	62,59 (0,98) ^{Aab}	62,73 (0,67) ^{Aa}	63,27 (0,94) ^{Aa}	62,64 (0,97) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	62,48 (0,60) ^{Aab}	62,41 (0,70) ^{Aa}	63,24 (0,84) ^{Aa}	62,38 (0,99) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	61,98 (0,59) ^{Bb}	61,94 (0,82) ^{Ba}	63,15 (0,53) ^{Aa}	62,32 (0,64) ^{ABa}
Nelore	62,92(0,62) ^{Aa}	62,86 (1,24) ^{Aa}	63,55 (0,80) ^{Aa}	62,81 (0,48) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

T_o : Temperatura inicial

Comparando-se os grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* para a temperatura inicial (T_o), pode-se observar que ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,05$). Contudo, não existiu efeito de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice R).

Na Tabela 9, verificou-se que no músculo *Longissimus* houve diferença ($P < 0,05$) entre as médias de temperatura inicial (T_o) dos grupos genéticos Nelore e ½ Angus ½ Nelore. Os grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre si e com os outros dois grupos. Entretanto, nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias de temperatura inicial (T_o) dos quatro grupos genéticos.

Pode-se constatar também que os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Infraspinatus* e *Supraspinatus* não diferiram entre si ($P > 0,05$), nas médias de temperatura inicial (T_o) dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore. Já o músculo *Supraspinatus*, que não diferiu do *Infraspinatus*, teve diferença ($P < 0,05$) com os músculos *Longissimus* e *Semitendinosus* na média do grupo ½ Angus ½ Nelore (Tabela 9).

Na comparação dos quatro grupos genéticos e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, para a temperatura de pico (T_p),

pode-se constatar que ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,05$). Verificou-se também que houve efeito de interação de músculo com grupo genético ($P < 0,05$) (Apêndice S).

Tabela 10. Médias de temperatura de pico (T_P) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	T_P (°C)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	67,55(0,65) ^{Aab}	67,37 (0,94) ^{ABa}	68,40 (0,48) ^{Aa}	65,50 (0,94) ^{Ba}
½ Canchim ½ Nelore	67,21 (0,34) ^{Aab}	67,26 (0,55) ^{Aa}	68,15 (0,96) ^{Aa}	65,35 (0,55) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	66,70 (0,91) ^{Ab}	67,07 (0,83) ^{Aa}	67,53 (0,83) ^{Aa}	65,23 (0,82) ^{Ba}
Nelore	67,80 (0,96) ^{ABa}	67,69 (0,71) ^{Ba}	68,45 (0,78) ^{Aa}	66,20 (0,71) ^{Ba}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

T_P : Temperatura de pico

5.5.2 Efeito dos grupos genéticos

Na Tabela 10, verificou-se que as médias de temperatura de pico (T_P) (encolhimento térmico) diferiram ($P < 0,05$) entre os grupos genéticos ½ Angus ½ Nelore e Nelore no músculo *Longissimus*, enquanto que as médias dos grupos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore não apresentaram diferença entre si ($P > 0,05$). Por outro lado, não houve diferença ($P > 0,05$) entre as médias de temperatura de pico (T_P), dos quatro grupos genéticos nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Judge e Aberle (1982) também observaram diferenças na temperatura de encolhimento térmico entre raças, analisando vacas de seis anos da raça Angus, Angus x Hereford e novilhas Holandês.

Na Figura 7, é apresentado o termograma do tecido conjuntivo do músculo *Longissimus* dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore, realizada em temperaturas de 10 a 95°C em taxa de aquecimento de 5°C/minuto. Verificou-se, que na disposição do termograma, o

grupo Nelore apresentou a formação de picos, a partir da linha base, com uma tendência em apresentar temperaturas iniciais (T_o) e de pico (T_P) levemente mais elevadas em relação aos outros grupos, principalmente com o 1/2 Angus 1/2 Nelore. Esta observação pode ser confirmada por meio dos resultados apresentados na Tabela 10, em que o grupo Nelore teve valores médios de temperatura de pico (T_P) mais elevados ($P < 0,05$) em relação ao grupo 1/2 Angus 1/2 Nelore e revelou, também, uma tendência em apresentar valores médios de temperaturas iniciais (T_o) levemente mais elevados, em comparação com os outros grupos (Tabela 9).

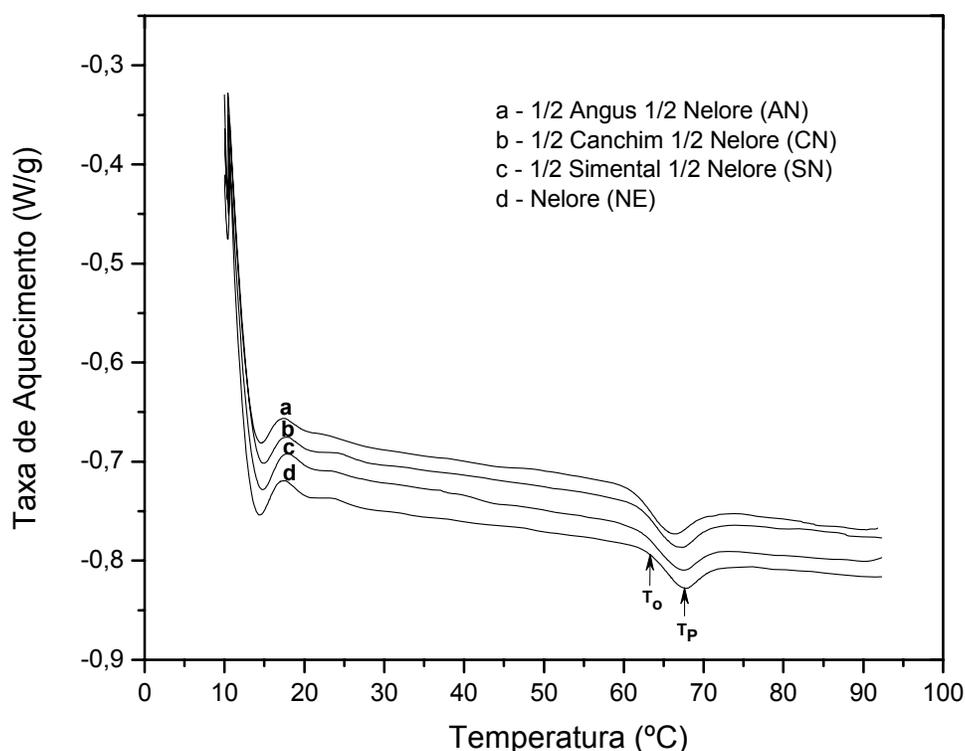


Figura 7. Termograma do tecido conjuntivo intramuscular do músculo *Longissimus*, de fêmeas bovinas adultas de quatro grupos genéticos.

5.5.3 Efeito dos músculos

Na Tabela 10, pode-se verificar que os músculos *Longissimus* e *Semitendinosus* não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre si, nas médias de temperatura de pico (T_P) dos quatro grupos genéticos, enquanto que o músculo

Semitendinosus apresentou diferença do *Infraspinatus*, nas médias do grupo Nelore. Verificou-se ainda que o músculo *Semitendinosus* não diferiu ($P>0,05$) dos outros músculos, nas médias do grupo ½ Simental ½ Nelore.

As médias de temperatura de pico (T_P) do músculo *Supraspinatus* foram mais elevadas em relação aos outros músculos em todos os grupos. Verificou-se que o músculo *Supraspinatus* não diferiu ($P>0,05$) dos músculos *Longissimus* e *Semitendinosus*, nas médias de temperatura de pico (T_P) dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e ½ Angus ½ Nelore. Entretanto, detectou-se diferença ($P<0,001$) do músculo *Supraspinatus* com os músculos *Infraspinatus* e *Semitendinosus*, nas médias do grupo Nelore. O músculo *Infraspinatus* teve as médias de temperatura de pico (T_P) mais baixas e diferiu ($P<0,001$) dos outros músculos em todos os grupos. O músculo *Semitendinosus* não diferiu ($P>0,05$) do *Infraspinatus* no grupo ½ Simental ½ Nelore. Pode-se observar, ainda, que houve diferença ($P<0,001$) de temperatura de pico (T_P), entre os músculos *Infraspinatus* e *Supraspinatus*, nas médias dos quatro grupos genéticos (Tabela 10).

A variação de temperatura de encolhimento térmico entre músculos de um mesmo animal tem sido constatada por vários pesquisadores (FIELD, PEARSON e SCHWEIGERT, 1970; KING, 1987; HORGAN, KURT e KUYPERS, 1991; VOUTILA et al., 2007).

Os valores médios de temperatura de pico (T_P) observados no presente trabalho variaram no intervalo de 66,70 a 67,80°C, no músculo *Longissimus*; 67,07 a 67,69°C, no *Semitendinosus*; 67,53 a 68,45°C no *Supraspinatus* e 65,23 a 66,20°C no *Infraspinatus* (Tabela 10). Os valores mais baixos foram observados para o músculo *Infraspinatus* e ficaram próximos de 65°C, considerado por Bailey e Light (1989) como a temperatura de pico dos mamíferos. Voutila, Ruusunen, Puolanne (2008) e Voutila et al., (2007) também descreveram médias de temperatura de pico (T_P) de aproximadamente 65°C para o músculo *Semimembranosus* de suínos. Contudo, no presente estudo, as médias de temperatura de pico (T_P) mais elevadas foram verificadas no músculo *Supraspinatus*, que ficaram em 68,45°C, próximas a 69,2°C encontrada por Aktas

e Kaya (2001) avaliando vacas adultas em taxa de aquecimento de 5°C por minuto. Os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus* apresentaram médias de temperatura de pico (T_P) intermediárias as verificadas nos outros dois músculos (Tabela 10).

Segundo Judge et al. (1984), a temperatura de encolhimento térmico (T_s) reflete parcialmente a solubilidade de colágeno. No presente estudo, o músculo *Infraspinatus*, que apresentou médias de solubilidade elevadas em todos os grupos genéticos (Tabela 8), mostrou também médias menores de temperatura de pico (T_P) e diferiu ($P < 0,001$) dos músculos *Longissimus*, *Supraspinatus* e *Semitendinosus*, nas médias de T_P dos grupos $\frac{1}{2}$ Canchim $\frac{1}{2}$ Nelore, $\frac{1}{2}$ Angus $\frac{1}{2}$ Nelore e Nelore, com exceção do grupo $\frac{1}{2}$ Simental $\frac{1}{2}$ Nelore (Tabela 10). Torrescano et al. (2003), relataram que o músculo *Flexor digitorum* apresentou temperatura de encolhimento térmico mais baixa e foi relacionado com alta porcentagem de colágeno solúvel, quando comparado com outros músculos, apesar de possuir elevado conteúdo de colágeno. Contudo, o músculo *diaphragm* apresentou temperatura de encolhimento térmico elevada em consequência da baixa solubilidade apresentada por este músculo.

Voutila et al. (2007) estudaram o teor e a estabilidade térmica do tecido conjuntivo nos músculos *Infraspinatus*, *Longissimus* e *Semimembranosus* de suínos e relataram que a estabilidade térmica do tecido conjuntivo diferiu nos três músculos suínos avaliados. O músculo *Infraspinatus*, apresentou temperatura de encolhimento térmico e solubilidade de colágeno mais elevadas em relação aos músculos *Longissimus* e *Semimembranosus*, que apresentaram temperaturas de encolhimento térmico e solubilidade de colágeno inferiores.

As temperaturas de início (T_o) e de pico (T_P) podem ser influenciadas por fatores externos, como pH, presença de sais e ácidos, utilização de estimulação elétrica e regime de alimentação dos animais. Aktas (2003) concluiu que a temperatura inicial (T_o) e a temperatura de encolhimento térmico (T_P) recebem grande influência do pH, sugerindo que o tecido conjuntivo intramuscular, deveria ser equilibrado em um pH comum, anteriormente a medição destas temperaturas. Este procedimento foi realizado no presente trabalho, em que as amostras de

tecido conjuntivo tiveram o pH equilibrado em tampão fosfato (pH 5,75), anteriormente, à avaliação da estabilidade térmica.

Tabela 11. Médias de variação de entalpia (ΔH) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	ΔH (J/g)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	2,48 (0,39) ^{Aa}	1,73 (0,14) ^{Ba}	2,30 (0,26) ^{Aa}	2,26 (0,33) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	2,32 (0,27) ^{Aa}	1,70 (0,13) ^{Ba}	2,25 (0,23) ^{Aa}	2,14 (0,25) ^{Aab}
½ Angus ½ Nelore	2,13 (0,24) ^{Aa}	1,62 (0,16) ^{Ba}	2,18 (0,21) ^{Aa}	2,02 (0,31) ^{Ab}
Nelore	2,35 (0,31) ^{Aa}	1,74 (0,13) ^{Ba}	2,34 (0,12) ^{Aa}	2,33 (0,31) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) em pelo teste de Tukey.

ΔH : Variação de entalpia

Na análise de variância, constatou-se que para a variação de entalpia ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,001$). Contudo, não houve efeito de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice T).

Na Tabela 11, verificou-se que as médias de variação de entalpia (ΔH) dos quatro grupos genéticos não diferiram ($P > 0,05$) nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus*. Contudo, no músculo *Infraspinatus* detectou-se diferença ($P < 0,001$) entre os grupos genéticos ½ Angus ½ Nelore e Nelore, que não diferiram dos outros dois grupos. Os grupos ½ Simental ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Já o músculo *Semitendinosus* apresentou as médias de variação de entalpia (ΔH) mais baixas nos quatro grupos genéticos, diferindo ($P < 0,001$) dos músculos *Longissimus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si (Tabela 11).

5.6 Comprimento de sarcômero (S)

5.6.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

As médias de comprimento de sarcômero dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos estão apresentadas na Tabela 12.

Comparando-se os grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore, Nelore e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* para o comprimento de sarcômero, pode-se observar que ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$). Contudo, não houve efeito de grupo genético ($P > 0,05$) e interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice U).

Tabela 12. Valores médios e desvios padrão de comprimento de sarcômero (S) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	S (μm)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	1,74 (0,03) ^{Da}	2,01 (0,03) ^{Ba}	1,84 (0,03) ^{Ca}	2,25 (0,04) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	1,73 (0,04) ^{Da}	1,97 (0,03) ^{Ba}	1,82 (0,04) ^{Ca}	2,23 (0,03) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	1,74 (0,03) ^{Da}	1,96 (0,03) ^{Ba}	1,83 (0,03) ^{Ca}	2,24 (0,05) ^{Aa}
Nelore	1,75 (0,04) ^{Da}	1,96 (0,04) ^{Ba}	1,84 (0,02) ^{Ca}	2,25 (0,03) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

S: Comprimento de sarcômero

5.6.2 Efeito dos grupos genéticos

As médias de comprimento de sarcômero dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore não apresentaram

diferença ($P>0,05$) nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

A semelhança entre raças para o comprimento de sarcômero, também, foi relatada por Whipple et al. (1990a), que não observaram diferença significativa entre *Bos indicus* e *Bos taurus* (Hereford x Angus e Sahival x Hereford) para o comprimento de sarcômero. Muchenje et al. (2008) encontraram comprimento de sarcômeros similares entre amostras do músculo *Longissimus thoracis* e *lumborum* de novilhos criados em pastagem natural das raças Aberdeen Angus, Bosmara e Nguni. De modo similar, Norman (1982) não observou diferenças significantes nas medidas de comprimento de sarcômero do músculo *Longissimus* entre *Bos indicus* (Nelore e Guzerá) e *Bos taurus* (Canchim e Charolês).

5.6.3 Efeito dos músculos

Na Tabela 12, observou-se que houve diferença ($P<0,001$) entre os quatro músculos avaliados, nas médias de comprimento de sarcômero dos quatro grupos genéticos.

Os músculos *Longissimus* e *Supraspinatus* apresentaram as médias menores de comprimento de sarcômero, que variaram de 1,73 a 1,75 μm (*Longissimus*) e 1,82 a 1,84 μm (*Supraspinatus*), enquanto que as médias mais elevadas foram apresentadas pelos músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus*, que variaram de 1,96 a 2,01 μm e de 2,23 a 2,25 μm para os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus*, respectivamente (Tabela12).

Os resultados médios para comprimento de sarcômero encontrados no presente estudo também foram relatados por Torrescano et al. (2003), que variaram de 1,57 a 3,42 μm entre 14 músculos bovinos. Os autores observaram valores médios de 2,05 μm em amostras do músculo *Semitendinosus*, 2,21 μm em amostras do músculo *Infraspinatus* e de 1,57 e 1,95 μm em amostras do músculo *Longissimus lumborum* e *Longissimus thoracis*, respectivamente. McKeith et al. (1985) avaliaram trinta importantes músculos bovinos e também constataram, em

músculos similares aos estudados, resultados médios de comprimento de sarcômero, próximos aos verificados do presente trabalho (Tabela 12).

5.7 Composição centesimal

5.7.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Os valores das médias de umidade, proteína, lipídios e cinzas dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos encontram-se nas tabelas 13, 14, 15 e 16, respectivamente.

Na comparação dos quatro grupos genéticos e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* para a porcentagem de umidade, pode-se detectar que houve efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,001$). Entretanto, não houve efeito de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice V).

Tabela 13. Valores médios e desvios padrão de umidade dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	Umidade (%)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	71,18 (0,37) ^{Cb}	73,66 (0,50) ^{Aa}	73,35 (0,28) ^{ABa}	72,81 (0,21) ^{Ba}
½ Canchim ½ Nelore	71,53 (0,20) ^{Ca}	73,98 (0,43) ^{Aa}	73,63 (0,27) ^{Aa}	73,06 (0,34) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	71,51 (0,29) ^{Ca}	73,94 (0,36) ^{Aa}	73,61 (0,32) ^{Aa}	73,11 (0,34) ^{Ba}
Nelore	71,26 (0,23) ^{Ca}	73,81 (0,51) ^{Aa}	73,43 (0,28) ^{Aa}	72,96 (0,28) ^{Ba}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32).

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na Tabela 13, verificou-se que no músculo *Longissimus* houve diferença ($P < 0,001$) entre as médias de porcentagem de umidade do grupo genético ½ Simental ½ Nelore com as dos grupos ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore. Contudo, não ocorreu diferença ($P > 0,05$) de porcentagem de umidade

entre os quatro grupos genéticos nos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

O músculo *Longissimus* apresentou diferença ($P < 0,001$) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, nas médias de teor de umidade dos grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore e Nelore, enquanto que os músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus* não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Pode-se observar também que os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus* diferiram ($P < 0,001$), nas médias dos quatro grupos genéticos. Contudo, não houve diferença ($P > 0,05$) do músculo *Supraspinatus* com os músculos *Semitendinosus* e *Infraspinatus*, nas médias do grupo ½ Simental ½ Nelore.

Tabela 14. Valores médios e desvios padrão de proteína dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	Proteína (%)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	24,23 (0,34) ^{Aa}	22,38 (0,62) ^{Ba}	22,07 (0,46) ^{Ba}	21,87 (0,84) ^{Ba}
½ Canchim ½ Nelore	24,18 (0,30) ^{Aa}	22,27 (0,64) ^{Ba}	21,95 (0,56) ^{Ba}	21,76 (0,39) ^{Ba}
½ Angus ½ Nelore	24,18 (0,78) ^{Aa}	22,43 (0,35) ^{Ba}	22,11 (0,28) ^{Ba}	21,95 (0,32) ^{Ba}
Nelore	24,06 (0,35) ^{Aa}	22,52 (0,55) ^{Ba}	22,15 (0,49) ^{Ba}	21,98 (0,38) ^{Ba}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32)

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Na análise de variância, verificou-se que para a porcentagem de proteína houve efeito de músculo ($P < 0,001$). Contudo, não houve efeito de grupo genético ($P > 0,05$) e de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice X).

Na Tabela 14, constatou-se que não houve diferença ($P > 0,05$) entre os quatro grupos genéticos nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, quanto à porcentagem de proteína.

É possível observar também que o músculo *Longissimus* apresentou diferença ($P < 0,001$) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*,

nas médias de porcentagem de proteína dos quatro grupos genéticos, enquanto que os músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* não diferiram ($p>0,05$) entre si.

Tabela 15. Valores médios e desvios padrão de lipídios dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	Lipídios (%)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	2,11 (0,13) ^{Ca}	2,49 (0,24) ^{BCa}	2,75 (0,27) ^{Ba}	3,76 (0,26) ^{Aa}
½ Canchim ½ Nelore	2,17 (0,05) ^{Ca}	2,64 (0,39) ^{Ba}	2,84 (0,21) ^{Ba}	3,85 (0,34) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	2,15 (0,06) ^{Ca}	2,61 (0,46) ^{Ba}	2,77 (0,22) ^{Ba}	3,83 (0,20) ^{Aa}
Nelore	2,12 (0,06) ^{Ca}	2,72 (0,55) ^{Ba}	2,99 (0,20) ^{Ba}	3,88 (0,30) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32)

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P<0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste de Tukey.

Na comparação dos quatro grupos genéticos e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* para o teor de lipídios, pode-se observar que existiu efeito de músculo ($P<0,001$). Por outro lado, não houve efeito de grupo genético ($P>0,05$) e efeito interativo de músculo com grupo genético ($P>0,05$) (Apêndice Z).

Na Tabela 15, verificou-se que não houve diferença ($P>0,05$) para a porcentagem de lipídios entre os grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

O músculo *Longissimus* diferiu ($P<0,001$) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, nas médias de porcentagem de lipídios dos quatro grupos genéticos, com exceção das médias do grupo ½ Simental ½ Nelore, que não diferiram ($P>0,05$) entre os músculos *Longissimus* e *Semitendinosus*.

Observou-se também que o músculo *Longissimus* apresentou diferença ($P<0,001$) com os músculos *Supraspinatus* e *Infraspinatus*, nas médias do teor de lipídios do grupo ½ Simental ½ Nelore, enquanto que os músculos

Semitendinosus e *Infraspinatus* diferiram, nas médias dos grupos ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore. Os músculos *Supraspinatus* e *Infraspinatus* diferiram ($P < 0,001$), nas médias dos quatro grupos genéticos.

Tabela 16. Valores médios e desvios padrão de cinzas dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

Grupos genéticos	Cinzas (%)			
	<i>Longissimus</i>	<i>Semitendinosus</i>	<i>Supraspinatus</i>	<i>Infraspinatus</i>
½ Simental ½ Nelore	1,18 (0,07) ^{Aa}	1,09 (0,07) ^{Ba}	1,14 (0,08) ^{ABa}	1,17 (0,08) ^{ABa}
½ Canchim ½ Nelore	1,09 (0,08) ^{Aa}	1,04 (0,09) ^{Aa}	1,07 (0,05) ^{Ab}	1,09 (0,04) ^{Aa}
½ Angus ½ Nelore	1,12 (0,06) ^{Aa}	1,06 (0,06) ^{Aa}	1,08 (0,07) ^{Aab}	1,11 (0,06) ^{Aa}
Nelore	1,10 (0,06) ^{Aa}	1,07 (0,04) ^{Aa}	1,10 (0,09) ^{Aab}	1,14 (0,04) ^{Aa}

Médias e desvios padrão das médias. (n=32)

^{ab} Valores seguidos de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{AB} Valores seguidos de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem e entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Comparando-se os quatro grupos genéticos e os músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus* quanto ao teor de cinzas, pode-se observar que ocorreu efeito de músculo ($P < 0,001$) e de grupo genético ($P < 0,001$). Entretanto, não houve efeito de interação de músculo com grupo genético ($P > 0,05$) (Apêndice AA).

Na Tabela 16, verificou-se que os grupos genéticos ½ Simental ½ Nelore, ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore, não diferiram ($P > 0,05$) nos valores médios do teor de cinzas nos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus* e *Infraspinatus*. Porém, constatou-se que no músculo *Supraspinatus* houve diferença ($P < 0,001$) entre os grupos ½ Simental ½ Nelore e ½ Canchim ½ Nelore.

Observou-se também que ocorreu diferença ($P < 0,001$) entre os músculos *Longissimus* e o *Semitendinosus*, nas médias do teor de cinzas do grupo genético ½ Simental ½ Nelore. Contudo, não houve diferença ($P > 0,05$) entre os quatro músculos, nas médias dos grupos ½ Canchim ½ Nelore, ½ Angus ½ Nelore e Nelore.

De acordo com Gerhard (1984), o músculo *Semitendinosus* e o músculo *L. dorsi* diferem estatisticamente quanto à textura e análises físico-químicas. Della Torre, Lichtig e Beraquet (2004) verificaram menores teores de umidade, e maiores teores de gordura em cortes cárneos suínos, quando comparados com a carne industrial e cortes cárneos do dianteiro bovino.

Em consistência com os resultados encontrados no presente experimento, Brackebush et al. (1991), avaliando composição aproximada dos principais músculos bovinos, relataram que as amostras do músculo *Infraspinatus* apresentou médias de porcentagem de gordura mais elevadas e menor umidade em relação aos músculos *Semitendinosus* e *Supraspinatus*. Os pesquisadores relataram também que as maiores médias em proteínas foram observadas em amostras dos músculos *Longissimus dorsi* e *Semitendinosus*, em relação ao *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

5.8 Correlações

5.8.1 pH, força de cisalhamento e perda por cocção

5.8.1.1 Músculo *Longissimus*

Verificou-se na análise de correlação geral das variáveis que para o músculo *Longissimus* ocorreram correlações negativas do valor de pH com a luminosidade (L^*) ($r=-0,228$; $P<0,05$) (Apêndice BB), significando que quanto menor o pH, maior a luminosidade.

Detectou-se, no músculo *Longissimus*, que existiu uma correlação negativa da força de cisalhamento com a porcentagem de colágeno solúvel ($r=-0,373$; $P<0,01$) (Apêndice CC). Amostras que apresentaram valores menores de força de cisalhamento tiveram maior porcentagem de colágeno solúvel.

Uma correlação negativa entre a perda por cocção e a cromaticidade (C^*) ($r=-0,198$; $P<0,05$) pode ser verificada no músculo *Longissimus*, indicando que

amostras com maior perda por cocção apresentaram menores valores de cromaticidade (C^*).

5.8.1.2 Músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

5.8.1.2.1 pH

No músculo *Supraspinatus*, notou-se uma correlação positiva do valor de pH com a luminosidade (L^*) ($r=0,266$; $P<0,05$) (Apêndice EE), isto é, o valor de pH foi maior quando a luminosidade foi mais alta. Já no músculo *Infraspinatus*, o valor de pH foi correlacionado positivamente com a variação de entalpia ($r=0,282$) (Apêndice FF), indicando que amostras com valores mais altos de pH apresentaram variações de entalpia mais elevadas.

Muchenje et al. (2008) também observaram correlação significativa ($P<0,05$) entre valor de pH e a luminosidade (L^*).

5.8.1.2.2 Força de cisalhamento

Verificou-se que ocorreram correlações negativas da força de cisalhamento com a porcentagem de colágeno solúvel nos músculos *Semitendinosus* ($r=-0,525$; $P<0,01$) (Apêndice DD), *Supraspinatus* ($r=-0,323$; $P<0,05$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=-0,263$; $P<0,05$) (Apêndice FF). Amostras que apresentaram valores menores de força de cisalhamento tiveram maior porcentagem de colágeno solubilizado.

Duarte et al. (2011), avaliaram a influência da maturidade sobre as características da carcaça e qualidade da carne de touros Nelore e encontraram uma correlação negativa ($r=-0,14$; $P<0,01$) entre a força de cisalhamento e a solubilidade de colágeno.

No músculo *Semitendinosus*, constatou-se também uma correlação positiva da força de cisalhamento com o valor de cromaticidade (C^*) ($r=0,394$; $P<0,01$) (Apêndice DD), significando que amostras com maior força de cisalhamento

apresentaram maior cromaticidade (C^*). Constatou-se correlações negativas da força de cisalhamento com o valor de cromaticidade (C^*) para os músculos *Infraspinatus* ($r=-0,430$; $P<0,01$) (Apêndice FF) e *Supraspinatus* ($r=-0,532$; $P<0,01$) que ainda apresentou correlação negativa da força de cisalhamento com a luminosidade (L^*) ($r=-0,359$; $P<0,01$) (Apêndice EE). Purchas e Zou (2008), estudando composição e a qualidade da carne em vários grupos genéticos bovinos terminados em pastagem, relataram que amostras de novilhos do grupo genético Wagyu apresentaram os maiores valores de cromaticidade (C^*) e os mais baixos de força de cisalhamento.

Uma correlação positiva da força de cisalhamento com o colágeno insolúvel foi detectada no músculo *Infraspinatus* ($r=0,290$; $P<0,05$) (Apêndice FF), indicando que amostras com maior força de cisalhamento tiveram valor mais elevado de conteúdo de colágeno insolúvel.

Verificou-se também, no músculo *Infraspinatus*, que ocorreram correlações positivas da força de cisalhamento com a temperatura inicial (T_o) ($r=0,230$), a variação de entalpia (ΔH) ($r=0,227$) e a temperatura de pico (T_p) ($r=0,218$) (Apêndice FF), que indica que valores mais elevados de força de cisalhamento são encontrados em amostras do músculo *Infraspinatus* que apresentam valores mais elevados de temperatura inicial, encolhimento térmico e variação de entalpia.

5.8.1.2.3 Perda por cocção

Na verificação dos resultados do músculo *Semitendinosus*, notou-se que houve uma correlação negativa da perda por cocção com a temperatura inicial (T_o) ($r=-0,311$, $P<0,05$) e com a temperatura de pico (T_p) ($r=-0,336$, $P<0,01$) (Apêndice DD), significando que, no músculo *Semitendinosus*, amostras que tiveram maiores perdas durante a cocção apresentaram valores mais baixos de temperatura inicial e de temperatura de encolhimento térmico.

Quando analisado o músculo *Infraspinatus*, observou-se que ocorreu uma correlação positiva da perda por cocção com a força de cisalhamento ($r=0,325$; $P<0,01$) e a variação de entalpia (ΔH) ($r=0,323$; $P<0,01$) (Apêndice FF). As

amostras que tiveram valores de força de cisalhamento mais elevados apresentaram maiores perdas por cocção e valores mais altos de variação de entalpia.

No músculo *Infraspinatus* ocorreram ainda correlações negativas da perda por cocção com a luminosidade (L^*) ($r=-0,348$; $P<0,01$) e a temperatura de pico (T_P) ($r=-0,287$; $P<0,05$) (Apêndice FF), indicando que a perda por cocção foi maior em amostras com baixa luminosidade (L^*) e menor temperatura de encolhimento térmico.

5.8.2 Análise instrumental da cor

5.8.2.1 Músculo *Longissimus*

Na análise da correlação geral dos dados, constatou-se que a luminosidade (L^*) do músculo *Longissimus* teve uma correlação negativa com a cromaticidade (C^*) ($r=-0,417$; $P<0,01$). Verificou-se também que a cromaticidade (C^*) do músculo *Longissimus* apresentou uma correlação positiva com a tonalidade (h) ($r=0,485$; $P<0,01$), significando que amostras com maior luminosidade apresentaram menor cromaticidade (C^*) e amostras com maior cromaticidade (C^*) tiveram valores menores de tonalidade (h). Contudo, não ocorreram correlações significantes entre a tonalidade (h) e as demais variáveis (Apêndice BB).

5.8.2.2 Músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

5.8.2.2.1 Luminosidade (L^*)

Ocorreram correlações positivas da luminosidade (L^*) com a tonalidade (h) nos músculos *Semitendinosus* ($r=0,223$) (Apêndice DD) e *Supraspinatus* ($r=0,293$) (Apêndice EE).

Constatou-se também que no músculo *Semitendinosus* houve uma correlação negativa da luminosidade (L^*) com a temperatura inicial (T_o) ($r=-0,248$)

(Apêndice DD), indicando que amostras com maior luminosidade, apresentaram menor temperatura inicial (T_o). Já no músculo *Infraspinatus* (IS), notou-se que ocorreu uma correlação positiva da luminosidade (L^*) com a cromaticidade (C^*) ($r=0,251$) (Apêndice FF).

5.8.2.2.2 Cromaticidade (C^*)

Na análise das correlações do músculo *Semitendinosus*, detectou-se uma correlação positiva da cromaticidade (C^*) com a temperatura inicial (T_o) ($r=0,293$; $P<0,05$) (Apêndice DD). Assim, para maiores valores de cromaticidade (C^*) ocorreram temperaturas iniciais mais elevadas.

No músculo *Supraspinatus*, observou-se que ocorreu uma correlação positiva da cromaticidade (C^*) com a temperatura de pico (T_P) ($r=0,224$) (Apêndice EE). Em maiores valores de cromaticidade (C^*), obteve-se temperaturas de encolhimento térmico mais elevadas.

No que se refere cromaticidade (C^*) para o músculo *Infraspinatus* (IS), notou-se que houve uma correlação positiva com a tonalidade (h) ($r=0,251$) (Apêndice FF).

5.8.2.2.3 Tonalidade (h)

Nos músculos *Semitendinosus* (Apêndice DD) e *Infraspinatus* (Apêndice FF), não ocorreram correlações significantes da tonalidade (h) com as demais variáveis. Contudo, verificou-se no músculo *Supraspinatus* que existiram correlações negativas da tonalidade (h) com a temperatura de pico (T_P) ($r=-0,440$; $P<0,01$) (Apêndice EE), indicando que amostras com maiores valores de tonalidade (h) apresentaram temperaturas de encolhimento térmico menores.

5.8.3 Comprimento de sarcômero

5.8.3.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Não foram detectadas correlações significantes entre o comprimento de sarcômero e a força de cisalhamento. De maneira similar, O'Halloran, Troy e Buckley (1997) relataram que uma relação clara entre o comprimento de sarcômero e a maciez da carne nem sempre é encontrada.

5.8.4 Quantificação e solubilidade de colágeno

5.8.4.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

5.8.4.1.1 Colágeno total

Na análise geral dos dados, verificaram-se correlações positivas do conteúdo de colágeno total com o conteúdo de colágeno insolúvel nos músculos *Longissimus* ($r=0,912$; $P<0,01$) (Apêndice CC), *Semitendinosus* ($r=0,908$; $P<0,01$) (Apêndice DD), *Supraspinatus* ($r=0,723$; $P<0,01$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=0,761$; $P<0,01$) (Apêndice FF).

Constatou-se também que ocorreram correlações positivas do conteúdo de colágeno total com a porcentagem de colágeno solúvel nos músculos *Longissimus* ($r=0,466$; $P<0,01$) (Apêndice CC), *Semitendinosus* ($r=0,697$; $P<0,01$) (Apêndice DD), *Supraspinatus* ($r=0,863$; $P<0,01$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=0,794$; $P<0,01$) (apêndice FF).

Christensen et al., (2011), também observaram uma correlação altamente significativa ($r=0,95$; $p<0,01$) entre o conteúdo de colágeno total e o insolúvel, no músculo *Longissimus thoracis* e uma correlação positiva fraca entre a porcentagem de colágeno solúvel e conteúdo de colágeno total.

Pode-se verificar também, no músculo *Longissimus*, que existiu uma correlação positiva do conteúdo de colágeno total com a temperatura inicial (T_o) ($r=0,348$; $P<0,01$) (Apêndice CC), indicando que quanto maior o conteúdo de colágeno total, maior foi a temperatura inicial.

Constatou-se, ainda, que para no músculo *Infraspinatus* ocorreram correlações positivas do conteúdo de colágeno total com a cromaticidade (C^*) ($r=0,247$) e a tonalidade (h) ($r=0,222$) (Apêndice FF).

O conteúdo de colágeno não teve correlação significativa com a força de cisalhamento. Vestgaard et al. (2000b), investigaram a influência da dieta na qualidade e características de maciez dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus* e *Supraspinatus* de touros jovens e também não encontraram correlação significativa entre colágeno total e força de cisalhamento. Portanto, o conteúdo de colágeno não seria suficiente para predizer resultados de maciez.

5.8.4.1.2 Colágeno insolúvel

Analisando-se os resultados de colágeno insolúvel do músculo *Longissimus*, verificou-se que ocorreram correlações positivas com a temperatura inicial (T_o) ($r=0,438$; $P<0,01$) e a temperatura de pico (T_p) ($r=0,289$; $P<0,05$) (Apêndice CC). Amostras que tiveram maior concentração de colágeno insolúvel apresentaram temperaturas inicial e de encolhimento térmico mais elevadas.

Verificou-se que existiram correlações positivas do conteúdo de colágeno insolúvel com a porcentagem de colágeno solúvel para os músculos *Semitendinosus* ($r=0,335$; $P<0,05$) (Apêndice DD) e *Supraspinatus* ($r=0,276$; $P<0,05$) (Apêndice EE). Para conteúdos mais elevados de colágeno insolúvel houve maior solubilidade de colágeno. No músculo *Supraspinatus* existiu também uma correlação negativa do conteúdo de colágeno insolúvel com a temperatura inicial (T_o) ($r=-0,246$; $P<0,05$) (Apêndice EE).

Na análise do músculo *Supraspinatus*, pode-se observar que existiu ainda uma correlação negativa do conteúdo de colágeno insolúvel com a luminosidade (L^*) ($r=-0,366$; $P<0,01$) (Apêndice EE).

Constatou-se uma correlação positiva do conteúdo de colágeno insolúvel com a variação de entalpia nos músculos *Supraspinatus* (ΔH) ($r=0,227$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=0,291$; $P<0,05$) (Apêndice FF), indicando que amostras com maior conteúdo de colágeno insolúvel apresentaram valores maiores de variação de entalpia.

5.8.4.1.3 Porcentagem de colágeno solúvel

Na análise de correlação geral dos dados, verificou-se que ocorreram correlações negativas da porcentagem de colágeno solúvel com a temperatura de encolhimento térmico nos músculos *Longissimus* ($r=-0,276$; $P<0,05$) (Apêndice CC), *Supraspinatus* ($r=-0,278$; $P<0,05$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=-0,227$) (Apêndice FF). Amostras que tiveram maior porcentagem de colágeno solúvel apresentaram temperatura de encolhimento térmico inferiores.

Constatou-se que ocorreram correlações negativas da porcentagem de colágeno solúvel com a temperatura inicial (T_0) nos músculos *Supraspinatus* ($r=-0,306$; $P<0,01$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=-0,266$; $P<0,05$), (Apêndice FF). Em porcentagens de colágeno solúvel maiores ocorreram temperaturas iniciais mais baixas.

Verificou-se que existiram correlações negativas da porcentagem de colágeno solúvel com a variação de entalpia nos músculos *Longissimus* (ΔH) ($r=-0,274$; $P<0,05$) (Apêndice CC) e *Infraspinatus* (ΔH) ($r=-0,244$) (Apêndice FF).

Amostras com maior porcentagem de colágeno solúvel foram aquelas com menores valores de variação de entalpia (ΔH).

Analisando-se as correlações da porcentagem de colágeno solúvel no músculo *Semitendinosus*, detectou-se que ocorreram correlações positivas com a luminosidade (L^*) ($r=0,265$; $P<0,05$) e a tonalidade (h) ($r=0,274$; $P<0,05$) (Apêndice DD).

No músculo *Infraspinatus*, observou-se que existiram correlações positivas da porcentagem de colágeno solúvel com a cromaticidade (C^*) ($r=0,338$; $P<0,01$)

(Apêndice FF). Amostras com maior porcentagem de colágeno solúvel apresentaram valores mais elevados de cromaticidade (C^*).

5.8.5 Estabilidade térmica

5.8.5.1 Músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

5.8.5.1.1 Temperatura inicial (T_o)

Quando verificadas as correlações da temperatura inicial (T_o), detectou-se que ocorreram correlações positivas com a temperatura de pico (T_p) nos músculos *Longissimus* ($r=0,470$; $P<0,01$) (Apêndice CC), *Semitendinosus* ($r=0,544$; $P<0,01$) (Apêndice DD), *Supraspinatus* ($r=0,650$; $P<0,01$) (Apêndice EE) e *Infraspinatus* ($r=0,499$; $P<0,01$) (Apêndice FF).

Constatou-se também que no músculo *Longissimus* ocorreu uma correlação positiva entre a temperatura inicial (T_o) e o comprimento de sarcômero ($r= 0,312$; $P<0,05$) (Apêndice CC).

5.8.5.1.2 Temperatura de pico (T_p)

No músculo *Semitendinosus*, observou-se que existiu uma correlação negativa da temperatura de pico (T_p) com o comprimento de sarcômero ($r=-0,454$; $P<0,01$) (Apêndice DD), indicando que temperaturas de encolhimento térmico mais elevadas ocorreram em amostras que tiveram comprimentos de sarcômeros menores.

5.8.5.1.3 Variação de entalpia (ΔH)

Constatou-se que existiram correlações positivas da variação de entalpia (ΔH) com a temperatura de pico (T_p) nos músculos *Longissimus* ($r=0,242$)

(Apêndice CC), *Semitendinosus* ($r=0,346$; $P<0,01$) (Apêndice DD) e *Supraspinatus* ($r=0,267$; $P<0,05$) (Apêndice EE). Pode-se verificar que para o músculo *Infraspinatus* não existiram correlações significantes entre a variação de entalpia (ΔH) e as demais variáveis (Apêndice FF).

6 CONCLUSÕES

O conteúdo de colágeno total de cada músculo não é influenciado pelo grupo genético, porém os músculos diferem no conteúdo de colágeno total, insolúvel e na solubilidade do colágeno.

A porcentagem de colágeno solúvel dos músculos é influenciada pelo grupo genético em dois deles (*Longissimus* e *Semitendinosus*), mas não nos outros dois (*Supraspinatus* e *Infrapinatus*).

A força de cisalhamento medida em texturômetro com lâmina de Warner Bratzler é influenciada pelo músculo (*Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infrapinatus*) e pelo grupo genético nos músculos *Longissimus* e *Semitendinosus*.

Em cada músculo, o conteúdo de colágeno total não influencia na força de cisalhamento da carne.

Existem correlações negativas e estatisticamente significantes da porcentagem de colágeno solúvel com as variáveis que representam a estabilidade térmica do colágeno (temperatura inicial, de encolhimento térmico e variação de entalpia) e, também, com a força de cisalhamento nos quatro músculos.

A maturação por 14 dias aumenta a porcentagem de colágeno solúvel e é importante para reduzir a força de cisalhamento e as diferenças entre os grupos genéticos verificadas no primeiro dia *post mortem*.

As vacas dos cruzamentos com Angus ou Canchim têm vantagens sobre as do cruzamento com Simental e as da raça Nelore, porque o seu músculo *Longissimus* (contrafilé) apresenta menor força de cisalhamento Warner Blatzler e maior porcentagem de colágeno solúvel um dia *post mortem*. Além disso, a carne do mesmo músculo do cruzamento com Angus apresenta temperatura de encolhimento térmico inferior a das vacas Nelore.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKTAS, N.; KAYA, M. Influence of weak organic acids and salts on the denaturation characteristics of intramuscular connective tissue: a differential scanning calorimetry study. **Meat Science**, v. 58, p. 413-419, 2001.
- AKTAS, N. The effects of pH, NaCl and CaCl₂ on thermal denaturation characteristics of intramuscular connective tissue. **Meat Science**, v. 407, p. 105-112, 2003.
- ALLAIN, J. C.; LE LOUS, M.; BAZIN, S.; BAILEY, A. J.; DELAUNAY, A. Isometric tension developed during heating of collagenous tissues: relationships with collagen cross-linking. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 533, p. 147-155, 1978.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2010.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. **Live Stock and Meat Board**, Chicago, IL, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 15. Ed. Washington DC: v.1, p. 99 – 101, 1990.
- ARCHILE-CONTRERAS, A. C.; MANDELL, I. B.; PURSLOW, P. P. Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. **Meat Science**, v. 86, p. 491-497, 2010.
- BAILEY, A. J. The basis of meat texture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 23, p. 995-1007, 1972.
- _____. The biological diversity of collagen: a family of molecules. **Advances in Meat Research**, v. 4, p. 1-17, 1987.
- _____. The role of collagen in the development of muscle and its relationship to eating quality. **Journal of Animal Science**, v. 60, p. 1580-1587, 1985.
- _____. Molecular mechanisms of ageing in connective tissues. **Meat Science**, v. 122, p. 735-755, 2001.
- BAILEY, A. J.; LIGHT, N. D. Connective tissue in meat and meat products. London: **Elsevier Science Publishers**, 1989. 356 p.
- BAILEY, A. J.; RESTALL, D. J.; SIMS, T. J.; DUANCE, V. C. Meat tenderness: immunofluorescent localization of the isomeric forms of collagen in bovine muscles of varying texture. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 30, p. 203-210, 1979.

BAILEY, A. J.; SHIMOKOMAKI, M. S. Age related changes in the reducible cross-links of collagen. **FEBS Letters**, v. 16, p. 86-88, 1971.

BAILEY, A. J.; SIMS, T. J. Meat tenderness: distribution of molecular species of collagen in bovine muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, p. 565-570, 1977.

BEKHIT, A. E. D.; GEESINK, G. H.; MORTON, J. D.; BICKERSTAFFE, R. Metmyoglobin reducing activity and colour stability of ovine longissimus muscle. **Meat Science**, v. 57, p. 427-435, 2001.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipids extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959. In: CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. Campinas: Editora da Unicamp, 1999, 212p.

BONNET, M.; KOPP, J. Dosage du collagène dans les tissus conjonctifs, la viande et les produits carnes. **Viandes et Produits Carnés**, v. 7, p. 263-266, 1984.

_____. Préparation des échantillons pour le dosage et la caractérisation qualitative de collagène musculaire. **Viandes et Produits Carnés**, v. 13, p. 87-91, 1992.

BOSELDMANN, A.; MOLLER, C.; STEINHART, H.; KIRCHGESSNER, M.; SHWARZ, F. J. Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. **Journal of Food Science**, v. 60, p. 953-958, 1995.

BOUTTEN, B.; BRAZIER, N.; MORCHE, N.; MOREL, A.; VENDEUVRE, J. L. Effects of animal and muscle characteristics on collagen and consequences for ham production. **Meat Science**, v. 55, p. 233-238, 2000.

BRACKEBUSCH, S. A.; McKEITH, F. K.; CARR, T.R.; Mc LAREN, D. G. Relationship between *Longissimus* and the composition of other major muscles of the beef carcass. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 631-640, 1991.

BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1997. 241p.

BRUNTON, N. P.; LYNG, J. G.; ZHANG, L.; JACQUIER, J. C. The use of dielectric properties and other physical analyses for assessing protein denaturation in beef *biceps femoris* muscle during cooking from 5 to 85°C. **Meat Science**, v. 72, p. 236-244, 2006.

BURSON, D. E.; HUNT, M. C.; UNRUH, J. A.; DIKEMAN, M. F. Proportion of types I and III Collagen in Longissimus from bulls and steers. **Journal Animal of Science**, v. 63, p. 453-456, 1986.

CAMPO, M. M.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; LEPETIT, J.; OLLETA, J. L.; PANEA, B.; ALBERTI, P. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v. 55, p. 371-378, 2000.

CHAMBAZ, A.; SCHEEDER, M.R.L.; KREUZER, M.; DUFEY, P. A. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais and Limousine steers compared at the same intramuscular fat content. **Meat Science**, v. 63, p. 491-500, 2003.

CHRISTENSEN, M.; ERTBJERG, P.; FAILLA, S.; SAÑUDO, C.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; OLLETA, J. L.; PANEA, B.; ALBERTI, P.; JUÁRES, M.; HOCQUETTE, J. F.; WILLIAMS, J. L. Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. **Meat Science**, v. 87, p. 61-65, 2011.

CLAS, S. D.; DALTON, C. R.; HANCOCK, B. C. Differential scanning calorimetry: applications in drug development. **Pharmaceutical Science and Technology Today**, v. 2, p. 311-320, 1999.

CORÓ, F. A. G.; YOUSSEF, E. Y.; SHIMOKOMAKI, M. Age related changes in poultry breast meat collagen pyridinoline and texture. **Journal of Food Biochemistry**, v. 26, p. 533-541, 2003.

COSTAS, G. B. Differential scanning calorimetry in food research- A review. **Food Chemistry**, v. 10, p. 239-265, 1983.

CROSS, H. R.; CARPENTER, Z. L.; SMITH, G. C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. **Journal of Food Science**, v. 38, p. 998-1003, 1973.

CROSS, H. R.; WEST, R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef *Semitendinosus* muscle. **Meat Science**, v. 5, p. 261-266, 1980-81.

CROSS, H. R.; SCHANBACHER, B.D.; CROUSE, J.D. Sex, age and breed related changes in bovine testosterone and intramuscular collagen. **Meat Science**, v. 10, p. 187-195, 1984.

CROUSE, J. D.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M.; KOOMARAIE, M.; SEIDMAN, S. C. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 2161-2668, 1989.

CROUSE, J. D.; CROSS, H. R.; SEIDERMAN, S. C. Effects of sex condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. **Journal of Animal Science**, v. 60, p. 1228-1234, 1985.

CUVELIER, C.; CLINQUART, A.; HOCQUETTE, J. F.; CABARAUX, J. F.; DUFRASNE, I.; ISTASSE, L.; HORNICK, J. L. Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. **Meat Science**, v. 74, p. 522-531, 2006.

DELLA TORRE, J.C. de M.; LICHTIG, J.; BERAQUET, N. J. Validação do método espectrofotométrico para quantificação do aminoácido hidroxiprolina em conservação de carnes. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 63, p. 35-42, 2004.

DRANSFIELD, E. Intramuscular composition and texture of beef muscles. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 28, p. 833-842, 1977.

DRANSFIELD, E. Optimization of tenderization, ageing and tenderness. **Meat Science**, v. 36, p. 105-121, 1994.

DUARTE, M. S.; PAULINO, P. V. R.; FONSECA, M. A.; DINIZ, L. L.; CAVALI, J.; SERÃO, N. V. I.; GOMIDE, L. A. M.; REIS, S. F.; COX, R. B. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nelore bulls. **Meat Science**, v. 88, p. 431-446, 2011.

DUGAN, M. E. R.; THACKER, R. D.; AALHUS, R. D.; JEREMIAH, L. E.; LIEN, K. A. Analysis of 4-hydroxiprolin using 4-chloro-7-nitrobenzo-2-oxa-13diazol derivatization and micellar electrokinetic chromatography combined with laser induced fluorescence detection. **Journal of Chromatography**, v. 744, p. 195-199, 2000.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Animal Production and Health Division. **Meat & Meat Products**. Disponível em: <<http://www.fao.org/AG/AGINFO/themes/en/meat/home.html>> . Acesso em: 24.ago.2011.

FELÍCIO, P. E. de. Fatores ante e post-mortem que influenciam na qualidade de carne vermelha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 43-52, 1993.

FELÍCIO, P. E. de. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Porto Alegre. **Anais da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 36, p. 89-97, 1999.

FELÍCIO, P. E. de; ALLEN, D. M.; CORTE, O. O. Influência da maturidade da carcaça sobre a qualidade da carne de novilhos zebu. **COL. ITAL**, Campinas, SP, v. 12, p. 137-179, 1982.

FIELD, R.; McCORMICK, R.; BALASUBRAMANIAN, V.; SANSON, D.; WISE, J.; HIXON, D.; RILEY, M.; RUSSEL, W. Tenderness variation among loin steaks from A to C maturity carcasses of heifers similar in chronological age. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 693-699, 1997.

FIELD, R. A.; PEARSON, A. M.; SCHWEIGERT, B. S. Hydrothermal shrinkage of bovine collagen. **Journal of Animal Science**, v. 30, p. 712-716, 1970.

FLANDIN, F.; BUFJEVANT, C.; HERBAGE, D. A differential scanning calorimetry analysis of the age-related changes in the thermal stability of rat skin collagen. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 791, p. 205-211, 1984.

GERRARD, D. E.; JONES, S. J.; ABERLE, E. D.; LEMENAGER, R. P.; DICKMAN, M. A.; JUDGE, M. D. Collagen stability, testosterone secretion and meat tenderness in growing bulls and steers. **Journal Animal of Science**, v. 65, p. 1236-1242, 1987.

GERHARDY, H. Quality of beef from commercial fattening systems in northern Germany. **Meat Science**, v. 40, p. 103-120, 1995.

GOLL, D. E.; HOEKSTRA, W. G.; BRAY, R. W.; Age-associated changes in bovine muscle connective tissue. II. Exposure to increasing temperature. **Journal Food Science**, v. 28, p. 615-621, 1963.

HADLICH, J. C.; MORALES, D. C.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N.; CHARDULO, L. A. L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Scientiarum**, v. 28, p. 57-62, 2006.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F.; ROMANELLI, P. F. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin – Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 963-971, 2003.

HERRING, H. K.; CASSENS, R. G.; BRISKEY E. J. Factors affecting collagen solubility in bovine muscles. **Journal of Food Science**, v. 32, p. 534-538, 1967.

HILL, F. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. **Journal of Food Science**, v. 31, p. 161-166, 1966.

HORGAN, D. J.; KURTH, L. B.; KUYPERS, R. pH effects on thermal transition temperature of collagen. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1203-1204, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sidra**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12.out.2011.

_____. _____. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14.jan.2012.

JAYASOORIYA, S. D.; TORLEY, P. J.; D'ARCY, B. R.; BHANDARI, B. R. Effect of high power ultrasound and ageing on physical properties of bovine *semitendinosus* and *longissimus* muscles. **Meat Science**, v. 75, p. 628-639, 2007.

JATURASITHA, S.; THIRAWONG, P.; LEANGWUNTA, V.; KREUZER, M. Reducing toughness of beef from *Bos indicus* draught steers by injection of calcium chloride: effects of concentration and time postmortem. **Meat Science**, v. 68, p. 61-69, 2004.

JEREMIAH, L. E.; DUGAN, M. E. R.; AALHUS, J. L.; GIBSON, L. L. Assessment of the chemical and cooking properties of the major beef muscles and muscle groups. **Meat Science**, v. 65, p. 985-992, 2003.

JOHNSON, D. D.; HUFFMAN, R. D.; WILLIAMS, S. E.; HARGROVE, D. D. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristics. **Journal Animal of Science**, v. 68, p. 1980-1986, 1990.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D. Effects of chronological age and postmortem aging on thermal shrinkage temperature of bovine intramuscular collagen. **Journal Animal of Science**, v. 54, p. 68-71, 1982.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; CROSS, H. R.; SCHANBACHER, B. D. Thermal shrinkage temperature of intramuscular collagen of bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v. 59, p. 706-709, 1984.

JURIE, C.; PICARD, B.; HOCQUETTE, E. DRANSFIELD, E.; MICOL, D.; LISTRAT, A. Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. **Meat Science**, v. 77, p. 459-466, 2007.

KING, N. L.; HARRIS, P.V. Heat-induced tenderization of meat by endogenous carboxyl proteases. **Meat Science**, v. 6, p. 137-148, 1982.

KING, N. L. Thermal transition of collagen in ovine connective tissues. **Meat Science**, v. 20, p. 25-37, 1987.

KING, D. A.; SHACKELFORD, S. D.; KUEHN, L. A.; KEMP, C. M.; RODRIGUEZ, A. B.; THALLMAN, R. M.; WHELLER, T. L. Contribution of genetic influences to animal-to-animal variation in myoglobin content and beef lean color stability. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 1160-1167, 2010.

KING, D. A.; SCHACKELFORD, S. D.; RODRIGUEZ, A. B.; WHEELER, T. L. Effect of time of measurement on the relationship between metmyoglobin reducing activity and oxygen consumption to instrumental measures of beef longissimus color stability. **Meat Science**, v. 87, p. 26-32, 2011.

KOLAR, K. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products: NMKL collaborative study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, v. 71, p. 54-57, 1990.

KOLCZAK, T.; POSPIECH, E.; PALKA, K.; LACKI, J. Changes in structure of *psaos major* and *minor* and *semitendinosus* muscles of calves, heifers and cows during post-mortem ageing. **Meat Science**, v. 64, p. 77-83, 2003.

KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C.; SCHOLLMAYER, J. E.; DUTSON, T. R.; GROUSE, J. D. Effects of post-mortem storage on Ca⁺⁺ dependent proteases, their inhibitor and myofibril fragmentation. **Meat Science**, v. 19, p. 187-196, 1987.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SCHACKELFORD, S. D.; VEISETH, E.; WHEELER, T. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? **Meat Science**, v. 62, p. 345-352, 2002.

KOOHMARAIE, M.; SEIDEMAN, S. C.; SCHOLLMAYER, J. E.; DUTSON, T. R.; BABIKER, A. S. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 407-410, 1988.

KOOHMARAIE, M. The role of Ca⁺² dependent proteases (calpains) in post-mortem proteolysis and meat aging. **Meat Science**. v. 74, p. 239-245, 1992.

_____. Muscle proteinases and meat aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104, 1994.

_____. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, v. 43, p. S193-S201, 1996.

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

KONG, F. B.; TANG, J. M.; RASCO, B.; CRAPO, C. Kinetics of salmon quality changes during thermal processing. **Journal of Food Engineering**, v. 83(4), p. 510-520, 2007.

KONG, F.; TANG, J.; LIN, M.; RASCO, B. Thermal effects on chicken and salmon muscles: tenderness, cook loss, area shrinkage, collagen solubility and microstructure. **LWT-Food Science and Technology**, v. 4, p. 1210-1233, 2008.

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

LAWRIE R. A. The eating quality of meat, **Meat Science**, v. 10, p. 280-341, 2006.

LEE, J. M.; PEREIRA, C. A.; ABDULLA, D.; NAIMARK, W. A.; CRAWFORD, I. A multi-sample denaturation temperature tester for collagenous biomaterials. **Medical Engineering and Physics**, v. 17, p. 115-121, 1995.

LEPETIT, J. A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. **Meat Science**, v. 76, p. 147-159, 2007.

LIGHT, N., CHAMPION, A. E., VOYLE, C., & BAILEY, A. J. The role of epimysial, perimysial and endomysial collagen in determining texture in six bovine muscles. **Meat Science**, v. 13, p. 137-149, 1985.

LIRA, G. M. Influência do colágeno sobre textura de carnes. **Higiene Alimentar**. v. 11, p. 12-18, 1997.

LISTRAT, A.; HOCQUETE, J.F. Analytical limits of total insoluble collagen content measurements and of type I and II collagen analysis by electrophoresis in bovine muscles. **Meat Science**, v. 68, p. 127-136, 2004.

MACFARLANE, J.J.; McKENZIE, I.J.; TURNER, R.H. Pressure-induced pH and length changes in muscle. **Meat Science**, v. 7, p. 169-181, 1982.

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

MANDELL, J. B.; GULLETT, E. A.; WILTON, J. W.; KEMP, R. A.; ALLEN, O. B. Effects of gender and breed on carcass traits, chemical composition and palatability attributes in Hereford and Simmental bulls and steers. **Livestock Production Science**, v. 49, p. 235-248, 1997.

McCORMICK, R. J. The flexibility of the collagen compartment of muscle. **Meat Science**, v. 36, p. 79-91, 1994.

McCORMICK, R. J. Extracellular modifications to muscle collagen: implications for meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 785-791, 1999.

McKEITH, F. K.; DeVOL, D. L.; MILES, R. S.; BECHTEL, P. J.; CARR, T. R. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 869-872, 1985.

McKENNA, D.R.; MIES, P.D.; BAIRD, B. E.; PFEIFFER, K. D.; ELLEBRACHT, J. W.; SAVELL, J. W. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**, v. 70, p. 665-682, 2005.

MILES, C. A.; AVERY, N. C.; RODIN, V. V.; BALEY, A. J. The increase in denaturation temperature following cross-linking of collagen is caused by dehydration of the fibres. **Journal of Molecular Biology**, v. 346, p. 551-556, 2005.

MONSON, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. **Meat Science**, v. 68, p. 395-602, 2004.

MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e curso de carcaça de novilhos**. 2ª ed. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 1987. 31p.

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; RAATS J. G. STRYDOM, P. E. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Abeerden Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. **Meat Science**, v. 79, p. 20-28, 2008.

NGAPO, T. M.; BERGE, P.; CULIOLI, J.; DE SMET, S. Perimysial collagen crosslinking in Belgian Blue double-muscling cattle. **Food Chemistry**, v. 77, p. 15-26, 2002.

NISHIMURA, T.; LIU, A.; HATTOR, A.; TAKAHASHI, K. Changes in mechanical strength of intramuscular connective tissue during postmortem aging of beef. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 528-532, 1998.

NORMAN, G. A. Effect of breed and nutrition on the productive traits of beef cattle in south-east Brazil: part 3 – meat quality. **Meat Science**, v. 6, p. 79-96, 1982.

OFFER, G. Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, v. 30, p. 157-184, 1991.

O' HALLORAN, G. R.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. The relationship between early- post-mortem glycolytic rate and beef muscle. **Meat Science**, v. 45, p. 239-251, 1997.

OLIVEIRA, L. B.; SOARES, G. J. D.; ANTUNES, P. L. Influência da Maturação de Carne Bovina na Solubilidade do Colágeno e Perdas de Peso por Cozimento. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 4, n. 3, p. 166-171, 1998.

OLIVEIRA, A. L. Qualidade da carne bovina. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 205, p. 39-47, jul./ago, 2000.

OURY, M. P.; PICARD, B.; BRIAND, M.; BLANQUET, J. P.; DUMMONT, R. Interrelationships between meat quality traits, texture measurements and physicochemical characteristics of *M. rectus abdominis* from Charolais heifers. **Meat Science**, v. 83, p. 293-301, 2009.

- PAUL, P. C.; McCRAE, S. E.; HOFFERBER, L. M. Heat-induced changes in extractability of beef muscle collagen. **Journal of Food Science**, v. 38, p. 66-68, 1973.
- PEREIRA, P. M. R. C.; PINTO, M. F.; DE ABREU, U. G. P.; De LARA, J. A. F. Características de carcaça e qualidade de novilhos superprecoces de três grupos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1520-1527, 2009.
- POWELL, T. H.; HUNT, M. C.; DIKEMAN, M. E. Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. **Meat Science**, v. 54, p. 307-311, 2000.
- PRINGLE, T. D.; WILLIAMS, S. E.; LAMB, B. S.; JOHNSON, D. D.; WEST, R. L. Carcass characteristics, the calpain proteinase system and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 2955-2961, 1997.
- PURCHAS, R. W.; ZOU, M. Comparison and quality differences between the longissimus and infraspinatus muscles for several groups of pasture-finished cattle. **Meat Science**, v. 80, p. 470-479, 2008.
- PURSLOW, P. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. **Meat Science**, v. 70, p. 435-447, 2005.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. MG: Ed. UFV, 2007. 599p.
- RHEE, M. S.; WHELLER, T. H.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. Variation in palatability and biochemical traits within and among major beef muscles. **Journal of Animal Science**, v. 55, p. 535-550, 2002.
- _____. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 534-550, 2004.
- RILEY, D. G.; JOHNSON, D. D.; CHASE, Jr.; C. C.; WEST, R. L.; COLEMAN, S. W.; OLSON, T. A.; HAMMOND, A. C. Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. **Meat Science**, v. 70, p. 347-356, 2007.
- ROCHDI, A.; FOUCAT, L.; RENOU, J. NMR and DSC studies during thermal denaturation of collagen. **Food Chemistry**, v. 69, p. 295-299, 2000.
- RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E. de; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo *Bos indicus* na atividade da calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no Sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, p. 405-409, 1998.

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

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS Institute. **User's guide**. Cary N.C., 2004.

SEIDEMAN, S. C. Methods of expressing collagen characteristics and their relationship to meat tenderness and muscle fiber types. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 273-276, 1986.

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

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

SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.; CUNDIF, L. V.; GREGORY, K. E.; ROHRER, G. A.; SAVELL, J. W. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner- Bratzler shear force, retail product yield and growth rate. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 857-863, 1994.

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

SHIMOKOMAKI, M.; ELSDEN, D. F.; BAILEY, A. J. Meat tenderness: age related changes in bovine intramuscular collagen. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 892-896, 1972.

SHIMOKOMAKI, M. Amaciamento da carne- ação de enzimas proteolíticas sobre o colágeno de músculos e tendões do boi. **SBCTA – Boletim Informativo**, v. 27, p. 23-24, 1974.

SHIMOKOMAKI, M. Aproveitamento de sub-produtos nas indústrias de carnes para a produção de colágeno e suas aplicações. **Revista Nacional da Carne**, v. 16, p. 32-34, 1992.

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

SIMS, T. J., BAILEY, A. J. Connective tissue. In: LAWRIE, R. **Developments in Meat Science**, Elsevier Applied Science, London, 1981.

STOLOWSKI, G. D.; BAIRD, B. E.; MILLER, R. A.; SAVELL, J. W.; SAMS, A. R.; TAYLOR, J. F.; SANDERS, J. O.; SMITH, S. B. Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. **Meat Science**, v. 73, p. 475-483, 2006.

TARRANT, V. Prioridades na pesquisa para a indústria da carne, **1º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes**, p. 380, 2001.

TAYLOR R. G. Connective tissue structure, function and influence on meat quality, In. **Encyclopedia of Meat Sciences**, p. 306-313, 2004.

TERRA, N.N.; & BRUM, M.A.R. **Carne e seus derivados**: técnicas de controle de qualidade. São Paulo: Nobel, 1988. 121p.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, p. 493-508, 2005.

TORRESCANO, G.; SANCHEZ-ESCALANTE, A.; GIMÉNEZ, B.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J. A. Shear values of raw samples of 14 bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. **Meat Science**, v. 64, p. 85-91, 2003.

VAZ, F. N. RESTLE, J. Características de carcaça de carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 8, p. 31-40, 2007.

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

VESTERGAARD, M.; THERKILDSEN, M.; HENCKEL, P.; JENSEN, L. R.; ANDSERSEN, H. R.; SEJRSEN, K. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fiber characteristics, fiber fragmentation and meat tenderness. **Meat Science**, v. 54, p. 187-195, 2000b.

VOUTILA, L.; RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. Comparison of the thermal characteristics of connective tissue in loose structures and normal structured porcine *M. semimembranosus*. **Meat Science**, v. 80, p. 1024-1030, 2008.

VOUTILA, L.; MULLEN, A. M.; RUUSUNEM, M. R.; TROY, D.; MUSCLES, E. Thermal stability of connective tissue from porcine muscles. **Meat Science**, v. 76, p. 474-480, 2007.

WHEELER, T. L.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LUNT, D. K.; SMITH, S. B. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Rereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 4206-4220, 1990.

WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M.. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 958-965, 2000.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D.; HUNT, M.; KLEMM R.D. Evaluation of attributes that affect Longissimus muscle tenderness in Bos taurus and Bos indicus cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2716-2728, 1990a.

WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M. E.; CROUSE, J. D. Predicting beef-longissimus from various biochemical and histological muscle tratts. **Journal Animal of Science**, v. 68, p. 4193-4199, 1990b.

WOESSNER, J. E. The determination of hydroxyproline in tissus and protein samples Containing small proportion on this amino acid. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 93, p. 440-447, 1961.

WULF, D. M.; O'CONNOR, S. F.; TATUM, J. D.; SMITH,G.C. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 684-692, 1997.

YOUNG, O. A.; BRAGGINS, T. J.; BARKER, G. J. Pyridinoline in ovine intramuscular collagen. **Meat Science**, v. 37, p. 297-303, 1994.

APÊNDICES

Apêndice A. Resumo da análise de variância para o pH do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	0,0077	0,0025	0,29	0,830 ^{NS}
Período de maturação	1	0,0445	0,0445	5,09	0,025*
Grupo genético x Período de maturação	3	0,0026	0,0008	0,10	0,959 ^{NS}
CV = 1,6369%	R ² = 0,05044		Média Global = 5,72		

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice B. Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (FC) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	8,1932	2,731077	7,15	0,0002*
Período de maturação	1	68,7040	68,704017	179,75	<0,0001*
Grupo genético x Período de maturação	3	0,4786	0,1595	0,42	0,741 ^{NS}
CV = 14,7902%	R ² = 0,6397		Média Global = 5,30 kg		

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice C. Resumo da análise de variância para a perda por cocção (PC) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	23,0760	7,6920	0,87	0,4586 ^{NS}
Período de maturação	1	3,4296	3,4296	0,39	0,5345 ^{NS}
Grupo genético x Período de maturação	3	18,3221	6,10738	0,69	0,5592 ^{NS}
CV = 12,3136%	R ² = 0,0444		Média Global = 24,14%		

NS=não significante

Apêndice D. Resumo da análise de variância para a luminosidade (L*) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	89,85	29,95	3,16	0,0032*
CV = 7,9161%	R ² = 0,2031		Média Global = 2,5931		

*significante a 1%

Apêndice E. Resumo da análise de variância para a cromaticidade (C*) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	13,80	4,60	0,27	0,849 ^{NS}
CV = 18,16%		R ² = 0,013			Média Global = 22,84

NS=não significante

Apêndice F. Resumo da análise de variância para a tonalidade (h) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	29,36	9,79	1,43	0,243*
CV = 7,0194%		R ² = 0,0798			Média Global = 2,6595

NS=não significante

Apêndice G. Resumo da análise de variância para o peso da carcaça quente (PCQ).

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	2638,2247	879,4083	6,59	0,0006*
CV=7,1939%		R ² = 0,2511			Média Global = 160,5397 kg

*significante a 1%

Apêndice G1. Resumo da análise de variância para a área de olho de lombo (AOL) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	3314,5526	1104,8509	17,87	<0,0001*
CV = 10,8481%		R ² = 0,3124			Média Global = 72,48 cm ²

*significante a 1%

Apêndice H. Resumo da análise de variância para a espessura de gordura (EG) do músculo *Longissimus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Grupo genético	3	427,5593	142,5197	7,49	<0,0001*
CV = 38,3354%		R ² = 0,1599			Média Global = 11,38 mm

*significante a 1%

Apêndice I. Resumo da análise de variância para o pH dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	2	2,06	1,03	563,94	<0,0001*
Grupo genético	3	0,01	0,005	2,61	0,053 ^{NS}
Período de maturação	1	0,02	0,02	9,11	0,003*
Músculo x Grupo genético	6	0,004	0,001	0,42	0,865 ^{NS}
Músculo x Período de maturação	2	0,000	0,000	0,02	0,977 ^{NS}
Grupo genético x Período de maturação	3	0,000	0,000	0,06	0,980 ^{NS}
CV = 0,7340%		R ² = 0,8803		Média Global = 5,82	

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice J. Resumo da análise de variância para a força de cisalhamento (FC) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	2	285,33	142,66	456,66	<0,0001*
Grupo genético	3	10,40	3,47	11,10	<0,0001*
Período de maturação	1	41,53	41,53	132,95	<0,0001*
Músculo x Grupo genético	6	1,44	0,24	0,77	0,595 ^{NS}
Músculo x Período de maturação	2	6,03	3,02	9,66	<0,0001*
Grupo genético x Período de maturação	3	0,18	0,086	0,19	0,904 ^{NS}
CV = 9,57%		R ² = 0,8638		Média Global = 5,84 kg	

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice K. Resumo da análise de variância para a perda por cocção (PC) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	2	512,12	256,06	48,02	<0,0001*
Grupo genético	3	66,91	22,30	4,18	0,007*
Período de maturação	1	39,87	39,87	7,48	0,008*
Músculo x Grupo genético	6	3,49	0,58	0,11	0,995 ^{NS}
Músculo x Período de maturação	2	4,11	2,05	0,39	0,681 ^{NS}
Grupo genético x Período de maturação	3	4,18	0,06	0,01	0,998 ^{NS}
CV = 6,84%		R ² = 0,4031			Média Global = 33,73%

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice L. Resumo da análise de variância para a luminosidade (L*) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	2	1151,88	575,94	421,63	<0,0001*
Grupo genético	3	2,80	0,93	0,68	0,565 ^{NS}
Músculo x Grupo genético	5	1154,68	230,94	169,06	<0,0001*
CV = 3,67%		R ² = 0,9125			Média Global = 31,90

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice M. Resumo da análise de variância para a cromaticidade (C*) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	2	247,27	123,63	183,88	<0,0001*
Grupo genético	3	1,45	0,48	0,72	0,543 ^{NS}
Músculo x Grupo genético	5	248,72	49,74	73,98	<0,0001*
CV = 3,21%		R ² = 0,8204			Média Global = 25,55

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice N. Resumo da análise de variância para a tonalidade (h) dos músculos *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	2	54,74	10,95	3,23	0,176 ^{NS}
Grupo genético	3	12,05	6,03	1,78	0,008*
Músculo x Grupo genético	5	42,69	14,23	4,20	0,0104*
CV = 4,23%		R ² = 0,1661			Média Global = 43,50

*significante a 1%, ** significante a 5%, NS=não significante

Apêndice O. Resumo da análise de variância para o colágeno total dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	249,87	83,29	726,63	<0,0001*
Grupo genético	3	0,37	0,12	1,07	0,363 ^{NS}
Período de maturação	1	0,00	0,00	0,00	0,961 ^{NS}
Músculo x Grupo genético	3	0,01	0,00	0,13	0,994 ^{NS}
Músculo x Período de maturação	9	0,15	0,02	0,15	0,998 ^{NS}
Grupo genético x Período de maturação	3	0,02	0,01	0,05	0,985 ^{NS}
CV = 4,09%		R ² = 0,2105			Média Global = 5,26 g/100g

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice P. Resumo da análise de variância para o colágeno insolúvel dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	195,55	65,18	1589,37	<0,0001*
Grupo genético	3	0,59	0,20	4,81	0,003*
Período de maturação	1	0,31	0,31	7,60	0,006*
Músculo x Grupo genético	3	0,03	0,01	0,27	0,847 ^{NS}
Músculo x Período de maturação	9	0,13	0,01	0,36	0,951 ^{NS}
Grupo genético x Período de maturação	3	0,04	0,01	0,37	0,778 ^{NS}
CV = 5,00%		R ² = 0,9578			Média Global = 4,53 g/100g

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice Q. Resumo da análise de variância para a porcentagem de colágeno solúvel dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	405,18	135,06	18,72	<0,0001*
Grupo genético	3	679,59	226,53	31,40	<0,0001*
Período de maturação	1	137,16	137,16	19,01	<0,0001*
Músculo x Grupo genético	3	4,52	1,51	0,21	0,890 ^{NS}
Músculo x Período de maturação	9	56,41	6,27	0,87	0,554 ^{NS}
Grupo genético x Período de maturação	3	4,06	1,35	0,19	0,905 ^{NS}
CV = 18,72%		R ² = 0,4581			Média Global = 14,34%

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice R. Resumo da análise de variância para a temperatura inicial (T₀) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	30,16	10,05	16,92	<0,0001*
Grupo genético	3	6,64	2,21	3,73	0,012**
Músculo x Grupo genético	9	6,06	0,67	1,13	0,340 ^{NS}
CV = 1,23%		R ² = 0,2444			Média Global = 62,65°C

*significante a 1%, ** significante a 5%, NS=não significante

Apêndice S. Resumo da análise de variância para a temperatura de pico (T_p) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	30,16	10,05	16,92	<0,0001*
Grupo genético	3	6,64	2,21	3,73	0,012**
Músculo x Grupo genético	9	13,67	1,52	2,46	0,011**
CV = 1,23%		R ² = 0,2444			Média Global = 67,02°C

*significante a 1%, ** significante a 5%

Apêndice T. Resumo da análise de variância para a variação de entalpia (ΔH) dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	14,74	4,91	84,82	<0,0001*
Grupo genético	3	1,36	0,45	7,83	<0,0001*
Músculo x Grupo genético	9	0,70	0,08	1,35	0,213 ^{NS}
CV = 11,44%		R ² = 0,5654			Média Global = 2,10 j/g

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice U. Resumo da análise de variância para o comprimento de sarcômero dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	9,17	3,06	2361,07	<0,0001*
Grupo genético	3	0,01	0,00	2,59	0,054 ^{NS}
Músculo x Grupo genético	9	0,02	0,00	1,53	0,137 ^{NS}
CV = 1,85%		R ² = 0,9682			Média Global = 1,95 μ m

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice V. Resumo da análise de variância para a porcentagem de umidade dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	230,09	76,70	706,51	<0,0001*
Grupo genético	3	3,44	1,14	10,55	<0,0001*
Músculo x Grupo genético	3	0,19	0,02	0,19	0,995 ^{NS}
CV = 0,45%		R ² = 0,9023			Média Global = 72,95%

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice X. Resumo da análise de variância para a porcentagem de proteína dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	209,40	69,80	297,40	<0,0001*
Grupo genético	3	0,83	0,28	1,18	0,316 ^{NS}
Músculo x Grupo genético	9	0,85	0,09	0,40	0,933 ^{NS}
CV = 2,14%		R ² = 0,7942			Média Global = 22,63%

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice Z. Resumo da análise de variância para a porcentagem de lipídios dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	97,53	32,51	411,15	<0,0001*
Grupo genético	3	0,61	0,20	2,58	0,054 ^{NS}
Músculo x Grupo genético	9	0,37	0,04	0,52	0,861 ^{NS}
CV = 9,82%		R ² = 0,8424		Média Global = 2,86%	

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice AA. Resumo da análise de variância para a porcentagem de cinzas dos músculos *Longissimus*, *Semitendinosus*, *Supraspinatus* e *Infraspinatus*

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Músculo	3	0,13	0,04	10,16	<0,0001*
Grupo genético	3	0,13	0,04	9,81	<0,0001*
Músculo x Grupo genético	9	0,02	0,00	0,49	0,878 ^{NS}
CV = 6,00%		R ² = 0,2164		Média Global = 1,09%	

*significante a 1%, NS=não significante

Apêndice BB. Coeficientes de correlação de *Pearson* entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e tonalidade (h) do músculo *Longissimus* de quatro grupos genéticos.

VAR	pH	PC	FC	L*	C*	h
pH	1	-0,087	0,073	-0,228 ²	0,105	0,049
PC		1	0,023	-0,141	-0,198 ²	-0,140
FC			1	-0,134	0,126	-0,158 ³
L*				1	-0,417 ¹	0,104
C*					1	0,485 ¹
h						1

¹P<0,01; ²P<0,05; ³P<0,10.

Apêndice CC. Coeficientes de correlação de *Pearson* entre os dados globais para as variáveis força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), temperatura inicial (T_o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (T_p) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo *Longíssimus* de quatro grupos genéticos.

VAR	FC	C-tot	C-insol	P-colsol	T_o	ΔH	T_p	compsarc
FC	1	-0,102	0,022	-0,321 ²	0,068	0,150	0,098	0,094
C-tot		1	0,912 ¹	0,466 ¹	0,348 ¹	-0,128	0,143	0,030
C-insol			1	0,064	0,438 ¹	-0,023	0,289 ²	0,039
P-colsol				1	-0,097	-0,274 ²	-0,276 ²	0,073
T_o					1	0,206	0,470 ¹	0,312 ²
ΔH						1	0,242 ³	0,116
T_p							1	0,094
compsarc								1

¹P<0,01; ²P<0,05; ³P<0,10.

Apêndice DD. Coeficientes de correlação de *Pearson* entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), tonalidade (h), temperatura inicial (T_o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (Tp) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo *Semitendinosus* de quatro grupos genéticos.

VAR	pH	PC	FC	C-tot	C-insol	P-colsol	L*	C*	h	T _o	ΔH	Tp	compsarc
pH	1	0,104	-0,100	0,026	-0,018	0,086	-0,150	0,063	-0,120	-0,086	-0,171	0,028	-0,053
PC		1	0,140	0,003	0,125	-0,210	0,125	-0,069	-0,110	-0,311 ²	-0,077	-0,336 ¹	0,095
FC			1	-0,168	0,082	-0,525 ¹	-0,147	0,394 ¹	-0,204	-0,108	0,012	-0,064	0,098
C-tot				1	0,908 ¹	0,697 ¹	0,096	-0,061	0,080	-0,078	0,068	0,100	-0,107
C-insol					1	0,335 ²	-0,040	-0,015	-0,046	-0,134	0,109	0,047	-0,037
P-colsol						1	0,265 ²	-0,119	0,274 ²	0,061	-0,019	0,143	-0,187
L*							1	-0,048	0,223 ³	-0,248 ³	0,045	-0,098	0,096
C*								1	-0,098	0,293 ²	-0,093	0,136	-0,186
h									1	0,035	-0,090	0,059	-0,151
T _o										1	0,169	0,544 ¹	0,082
ΔH											1	0,346 ¹	0,034
Tp												1	-0,454 ¹
compsarc													1

¹P<0,01; ²P<0,05; ³P<0,10.

Apêndice EE. Coeficientes de correlação de *Pearson* entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), tonalidade (h), temperatura inicial (T_o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (Tp) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo *Supraspinatus* de quatro grupos genéticos.

VAR	pH	PC	FC	C-tot	C-insol	P-colsol	L*	C*	h	T _o	ΔH	Tp	compsarc
pH	1	0,104	-0,013	-0,069	-0,005	-0,101	0,266 ²	0,186	0,057	0,099	0,182	0,099	0,107
PC		1	0,136	-0,049	0,069	-0,128	-0,143	-0,131	-0,120	0,115	0,182	0,201	0,094
FC			1	-0,135	0,172	-0,323 ²	-0,359 ¹	-0,532 ¹	0,016	0,194	0,247 ³	0,173	0,083
C-tot				1	0,723 ¹	0,863 ¹	-0,126	-0,002	-0,050	-0,347 ¹	0,069	-0,187	-0,072
C-insol					1	0,276 ²	-0,366 ¹	-0,057	-0,198	-0,246 ²	0,227 ³	0,022	-0,057
P-colsol						1	0,089	0,041	0,076	-0,306 ¹	-0,082	-0,278 ²	-0,087
L*							1	0,263	0,293 ¹	-0,191	-0,019	-0,170	-0,102
C*								1	-0,091	0,156	-0,192	0,224 ³	-0,097
h									1	-0,199	-0,107	-0,440 ¹	0,054
T _o										1	-0,050	0,650 ¹	0,113
ΔH											1	0,267 ²	0,064
Tp												1	0,005
compsarc													1

¹P<0,01; ²P<0,05; ³P<0,10.

Apêndice FF. Coeficientes de correlação de *Pearson* entre os dados globais para as variáveis pH (pH), perda por cocção (PC), força de cisalhamento (FC), colágeno total (C-tot), colágeno insolúvel (C-insol), porcentagem de colágeno solúvel (P-colsol), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), tonalidade (h), temperatura inicial (T_o), variação de entalpia (ΔH), temperatura de pico (Tp) e comprimento de sarcômero (compsarc) do músculo *Infraspinatus* de quatro grupos genéticos.

VAR	pH	PC	FC	C-tot	C-insol	P-colsol	L*	C*	h	T _o	ΔH	Tp	compsarc
pH	1	-0,007	-0,05	-0,114	-0,039	-0,209	0,190	0,099	-0,022	0,153	0,282 ²	0,142	0,295 ²
PC		1	0,325 ¹	0,095	0,216	-0,048	-0,348 ¹	-0,099	0,151	-0,058	0,323 ¹	-0,287 ²	0,053
FC			1	0,006	0,290 ²	-0,263 ²	-0,206	-0,430 ¹	-0,142	0,230 ³	0,227 ³	0,218 ³	0,049
C-tot				1	0,761 ¹	0,794 ¹	-0,004	0,247 ³	0,222 ³	-0,173	0,018	-0,061	-0,143
C-insol					1	0,212	-0,201	0,030	0,135	-0,002	0,291 ²	0,147	0,081
P-colsol						1	0,188	0,338 ¹	0,206	-0,266 ²	-0,244 ³	-0,227 ³	-0,093
L*							1	0,251 ³	0,041	0,102	-0,200	0,097	-0,045
C*								1	0,251 ³	-0,048	-0,094	-0,213	0,063
h									1	-0,096	-0,203	-0,126	0,007
T _o										1	-0,023	0,499 ¹	0,086
ΔH											1	0,093	0,156
Tp												1	-0,058
compsarc													1

¹P<0,01; ²P<0,05; ³P<0,10.