

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos**

ANDREZZA MARIA FELÍCIO

**Estudo genético-quantitativo de número e diâmetro de
fibras musculares em linhagem macho de frangos**

Pirassununga
2008

ANDREZZA MARIA FELÍCIO

**Estudo genético-quantitativo de número e diâmetro de
fibras musculares em linhagem macho de frangos**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de
Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz

FICHA CATALOGRÁFICA

preparada pela

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

F314e

Felício, Andrezza Maria

Estudo genético-quantitativo de número e diâmetro de fibras musculares em linhagem macho de frangos / Andrezza Maria Felício – Pirassununga, 2008.

96 f.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo.

Departamento de Ciências Básicas

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz

Unitermos: 1. Características histológicas 2. Melhoramento animal 3. Parâmetros genéticos e fenotípicos 4. Qualidade de carne. I. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Edna e José Carlos,
Por todo o amor que me oferecem, permitindo-me ultrapassar barreiras, medos e
dúvidas.
Obrigada por serem exemplo de vida, e por depositarem confiança em meus
sonhos.

Ao meu namorado, Marcos, pela sua ajuda incansável na realização deste
trabalho, pela paciência e por todo amor que sempre recebi.

Agradecimento Especial

À DEUS, por permanecer o tempo todo ao meu lado e pelo simples fato de existir.

Agradecimentos

Ao **Professor e Orientador Dr. José Bento Sterman Ferraz** pela oportunidade, confiança, orientação, ensinamentos e amizade.

Minha eterna gratidão ao **Professor Dr. Júlio Balieiro** por estar sempre presente com grande apoio, auxílio inestimável na condução desta dissertação. Muito obrigada.

Ao **Professor e amigo Dr. Joanir Pereira Eler**, pelos ensinamentos, paciência e incentivos constantes.

À grande amiga e companheira **Elisângela**, pela grande contribuição, aprendizado e paciência, que tornaram possível a realização deste trabalho.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, que proporcionou não somente minha bolsa de estudo, mas todo apoio financeiro necessário à condução deste trabalho, contribuindo também ao meu aperfeiçoamento junto ao meio acadêmico.

À **Agroceres Ross Melhoramento de Aves S.A.**, pelo apoio ao desenvolvimento do estudo.

Ao **Professor Dr. Francisco Blazquez** da FMVZ da USP de São Paulo pela intensa colaboração na condução das análises histológicas.

Ao **Professor Dr. Paulo José Sobral** e à funcionária **Ana Mônica** do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, pela disponibilidade do equipamento "Colorímetro".

À grande amiga **Rachel** por sempre estar ao meu lado e pelos ensinamentos.

Às grandes amigas **Tschorny** e **Lili**, pelo apoio e companheirismo, mesmo quilômetros de distância.

À amiga **Leila** pela ajuda indispensável na execução deste trabalho.

Aos extraordinários estagiários **Maria Elisa, Tschorny, Vítor, Rodrigo Muller, Bruna** e **Natália**, pela colaboração, empenho e amizade neste trabalho.

Aos amigos e colegas do Grupo de Melhoramento Animal (GMA), pela convivência e troca de experiência.

Às amigas Aline Zampar, Jane e Sandra e ao amigo "Preto", pela amizade, ensinamentos e alegrias compartilhadas.

Meu grande reconhecimento aos Funcionários do Matadouro-Escola, pela concretização deste trabalho, dedicação, conselhos e eterna amizade.

Ao Laboratório de Citologia e Imunohistoquímica da FZEA , em especial, ao meu grande amigo Nilton, pelo aprendizado das técnicas de histologia, convivência e paciência, e à Professora Dr. Cláudia, pela confiança.

Ao Professor Dr. Flávio Meirelles e à Giovana do Laboratório de Morfofisiologia Molecular e Desenvolvimento (LMMD) pelo auxílio, atenção e disponibilidade de equipamentos.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos que ajudaram e contribuíram nas diversas fases deste trabalho.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

CERTEZA

De Tudo, Ficaram Três Coisas:

A certeza de que estamos sempre começando...

A certeza de que precisamos continuar...

A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...

PORTANTO DEVEMOS:

Fazer da interrupção um caminho novo...

Da queda um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura...um encontro.

(Fernando Pessoa)

"O FUTURO NÃO É UM LUGAR PARA ONDE ESTAMOS INDO, MAS UM LUGAR QUE ESTAMOS CRIANDO. O CAMINHO PARA ELE NÃO É ENCONTRADO, MAS CONSTRUÍDO. E O ATO DE FAZÊ-LO MUDA TANTO O REALIZAR QUANTO O DESTINO".

RESUMO

FELÍCIO, A. M. **Estudo genético-quantitativo de número e diâmetro de fibras musculares em linhagem macho de frangos.** 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

O presente estudo teve como objetivo estimar parâmetros genéticos e fenotípicos de número, diâmetro e área de fibras musculares, bem como de características de desempenho, carcaça e qualidade de carne em uma linhagem de frangos pertencentes a um programa de seleção do tipo *sib test*, onde foram coletadas informações de carcaça dos irmãos completos dos indivíduos a serem selecionados, oriundos de um rebanho de *pedigree*, fornecidos pela Agrocere Ross Melhoramento de Aves S.A. Também foram fornecidos pela empresa 73.142 e 34.949 dados de peso à seleção juvenil e medidas de ultra-sonografia do músculo peitoral, respectivamente. As características analisadas foram: peso à seleção (PS), medidas de ultra-sonografia de músculo peitoral (US), peso ao abate (PA), peso de peito (PPEI), medida de pH inicial (pH_i), medida de pH final (pH_f), teor de luminosidade (L*), teor de vermelho (a*), teor de amarelo (b*), perdas de água por exsudação (EXSU), perdas de água por descongelamento (CONG), perdas de água por cozimento (COZ), força de cisalhamento (FC), número de fibras musculares (NCel), diâmetro de fibras musculares (DIAM) e área de fibras musculares (AREA). Os componentes de (co) variância foram estimados através do método de máxima verossimilhança restrita, utilizando-se o programa MTDFREML. A matriz de parentesco foi composta por 77.474 animais. As estimativas dos coeficientes de herdabilidade foram moderadas a altas para as características NCel, PS, US, PPEI, CONG, L* e a*. As estimativas de correlações genéticas obtidas foram indicativas de associações importantes entre as características histológicas e as características de qualidade industrial de carne, que pode reduzir as perdas de água da carne e a força de cisalhamento. Essas características devem ser consideradas como critérios de seleção pelos programas de seleção de frangos.

Palavras-chave: características histológicas, melhoramento animal, parâmetros genéticos e fenotípicos, qualidade de carne

ABSTRACT

FELÍCIO, A. M. **Quantitative-genetic study of muscle fibers of number and diameter in a male broiler line.** 2008. 96 f. M.Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

This research was conducted to estimate genetic and phenotypic parameters of muscle fibers of number, diameter and area, as well as of performance, carcass and meat quality traits in a male broiler line belonging to a program of selection of the type sib test, in which data from complete brothers of the individuals were selected, bred in a pedigree flock provided by Agroceres Ross Melhoramento de Aves S. A. Also were provided by the company 73,142 and 34,949 data concerning body weight at juvenile selection and ultrasound records of pectoral muscle, respectively. The traits analyzed were: body weight at juvenile selection (PS), ultrasound records of pectoral muscle (US), body weight at slaughter (PA), meat breast weight (PPEI), initial pH measure (pH_i), final pH measure (pH_f), lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), weep losses (EXSU), drip losses (CONG), shrink losses (COZ), shear force (FC), muscle fibers of number (NCel), muscle fibers of diameter (DIAM) and muscle fibers area (AREA). (Co) variance components were estimated by restricted maximum likelihood method, using the software MTDFREML. The numerator relationship matrix was composed by 77,474 individuals. Heritability coefficients estimates were from moderate to high magnitude for NCel, US, PPEI, CONG, L* and a*. Genetic correlation estimates indicated important associations among histological and industrial meat quality traits, that can reduce water losses of meat and Warner-Bratzler shear force. Selection programs should consider those traits in their selection criteria.

Keywords: animal breeding, genetic and phenotypic parameters, histological traits, meat quality

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Estrutura do tecido muscular.....	24
Figura 2 -	1. Bandas das linhas Z; 2. Filamentos de actina no interior do sarcômero; 3. Filamentos de actina; 4. Filamento de tropomiosina; 5. Tropomina; 6. Banda central de miosina, no centro do sarcômero; 7. Filamentos de miosina; 8. Sarcômero; 9. Bandas I; 10. Banda A; 11. Banda H.....	28
Figura 3 -	Retirada da amostra do músculo <i>Pectoralis major</i> (A); fragmento colocado em tubo identificado em formalina (B); fragmento colocado em “caixa de papéis” (C); fragmento coberto por parafina (D); Blocos de parafina rígidos (E); navalha de aço usada para o corte (F); micrótomo (G); coloração em HE (H); lâminas histológicas.....	51
Figura 4 -	Microscópio Axioplan.....	52
Figura 5 -	Tela do <i>software</i> Axionvision 4.6.....	52
Figura 6 -	Leituras histológicas de número e diâmetro de fibras musculares.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das medidas de temperatura testadas como covariável.....	58
Tabela 2-	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso inicial de exsudação, testado como covariável.....	59
Tabela 3 -	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso inicial de congelamento, testado como covariável.....	59
Tabela 4 -	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso final de congelamento, testado como covariável.....	60
Tabela 5 -	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso final de cozimento, testado como covariável.....	60
Tabela 6 -	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso de peito, testado como covariável.....	60
Tabela 7 -	Covariáveis significativas (5%) para as características estudadas.....	62
Tabela 8 -	Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das características analisadas.....	64
Tabela 9 -	Número de pais e de mães e número de lotes dos animais dos quais foram coletadas as características.....	65
Tabela 10 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características de	

	número de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características.....	67
Tabela 11 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características de diâmetro de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises- bi-características.....	68
Tabela 12 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características área de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características.....	69
Tabela 13 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características de número de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características.....	70
Tabela 14 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características de diâmetro de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características.....	71
Tabela 15 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características de área de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características.....	72
Tabela 16 -	Estimativas de componentes de (co) variância para características histológicas, obtidas por meio de análises bi-características.....	73
Tabela 17 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características de número de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características.....	75
Tabela 18 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características de diâmetro de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características.....	76
Tabela 19 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características de área de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio	

	de análises bi-características.....	77
Tabela 20 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características de número de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características.....	78
Tabela 21 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características de diâmetro de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características.....	79
Tabela 22 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características de área de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características.....	80
Tabela 23 -	Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características histológicas, obtidas por meio de análises bi-características.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AREA	área de fibras musculares
CONG	perdas de água por descongelamento
COZ	perdas de água por cozimento
CV	coeficiente de variação
DIAM	diâmetro de fibras musculares
DP	desvio-padrão
EXSU	perdas de água por exsudação
FC	força de cisalhamento
g	gramas
HE	hematoxilina-eosina
Kg	quilogramas
Kgf	quilogramas força
M	média
MAX	valor máximo
MIN	valor mínimo
mm	milímetros
MTDFREML	<i>multiple trait derivative free restricted maximum likelihood</i>
N	número de observações
NCel	número de fibras musculares
PA	peso ao abate
PE	peso eviscerado
PS	peso à seleção
pH	potencial hidrogeniônico
pHi	pH inicial
pHf	pH final
PPEI	peso de peito
PPER	peso de pernas
PROC GLM	procedimento <i>general linear models</i>
PSE	pálida, flácida e exsudativa
REML	<i>restricted maximum likelihood</i>
RS	retículo sarcoplasmático

SAS

Statistical Analysis System

US

medida de ultra-sonografia de profundidade de músculo peitoral

LISTA DE SÍMBOLOS

h^2	coeficiente de herdabilidade
r_g	correlação genética
r_p	correlação fenotípica
L^*	teor de luminosidade
a^*	teor de vermelho
b^*	teor de amarelo
$^{\circ}C$	graus Celsius
μm	micrômetros
μm^2	micrômetros ao quadrado
GC	grupo de contemporâneos
SN	semana de nascimento
MG	grupo de acasalamento dos pais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Estrutura da carne.....	23
2.1.1 Tecido muscular.....	23
2.1.2 Músculo esquelético.....	23
2.1.2.1 Organização do músculo esquelético.....	23
2.1.2.2 Tecido muscular estriado esquelético ou voluntário.....	24
2.1.3 Organização das fibras musculares esqueléticas.....	26
2.1.3.1 Proteínas dos miofilamentos.....	27
2.1.4 Musculatura esquelética das aves.....	28
2.2 Qualidade da carne.....	36
2.2.1 Cor.....	37
2.2.2 Capacidade de retenção de água.....	37
2.2.3 Maciez.....	38
2.3 Carne Pálida, Flácida e Exsudativa (PSE).....	40
2.4 Coeficientes de herdabilidade.....	42
2.5 Correlações genéticas e fenotípicas.....	44
3 HIPÓTESES	45
4 OBJETIVOS	46
5 MATERIAL E MÉTODOS	47
5.1 Origem dos dados.....	47
5.2 Coleta de dados.....	47
5.3 Controle de <i>pedigree</i> e automatização do sistema.....	53
5.4 Metodologia de análise.....	54
5.4.1 Modelos.....	55
5.4.2 Efeitos fixos e covariáveis testadas.....	57
5.4.3 Formação dos grupos de contemporâneos.....	61
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
6.1 Descrição estatística dos dados.....	63
6.2 Análises genéticas.....	65
6.2.1 Componentes de (co)variância obtidos em análises bi-características.....	66

6.2.2 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos obtidas em análises bi-características.....	74
7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES.....	87
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira vem registrando avanços consideráveis em sua produtividade, levando diretamente à questão das oportunidades de mercado que se abrem no país para o setor e às tendências que irão orientá-lo daqui adiante, fazendo com que as empresas avícolas movimentem-se na busca do modelo que ditará as linhas mestras da atividade no futuro.

O melhoramento genético é de grande e fundamental importância na evolução da agropecuária e, neste sentido, a avicultura é a atividade que apresentou maior índice de desenvolvimento com o melhoramento das linhagens nas últimas décadas.

A melhoria contínua no esquema e nas ferramentas dos programas de melhoramento genético permite com que a indústria avícola busque sempre aves compatíveis com as exigências dos mercados produtivo, industrial e consumidor. Desta forma, as linhagens comerciais de frangos de corte são resultados bem sucedidos de programas de seleção, que buscam o rápido ganho de peso e a conformação, favorecendo o peso do peito em relação às demais partes da carcaça. O número e o tamanho das fibras musculares são influenciados por alguns fatores genéticos e ambientais, e diferenças na massa muscular estão relacionadas ao número e tamanho das fibras musculares. Entretanto, estas diferenças nas características quantitativas do tecido muscular parecem estar relacionadas com problemas ligados à qualidade da carne dos frangos, e isto significa muitas perdas para a indústria processadora e também para o mercado consumidor, afetando os atributos e as propriedades funcionais da carne.

Num programa de melhoramento genético são fundamentais as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos das características utilizadas, especialmente quando se pretende incluir um novo critério de seleção. Estas estimativas permitem o monitoramento da variabilidade genética dos animais da linhagem utilizada para várias características. Dessa forma, pode-se verificar quanto da variabilidade total ligada à expressão de uma característica está correspondendo à variação genética aditiva, o que permitirá o estabelecimento de programas de seleção mais eficientes.

O estudo dos parâmetros genéticos (herdabilidades e correlações genéticas) e fenotípicos (correlações fenotípicas) das características histológicas das fibras musculares do músculo *Pectoralis major* em frangos pode favorecer a obtenção de produtos de melhor qualidade industrial, sensorial e de maior rentabilidade para os consumidores e para as indústrias.

E ainda, é possível obterem-se conhecimentos mais abrangentes dos efeitos da seleção sobre o desenvolvimento muscular através de estudos genético-quantitativos relacionados ao número e ao diâmetro das fibras musculares da carne dos frangos, tornando-se importante também correlacionar estas características com características de qualidade de carne, uma vez que são poucos os estudos desenvolvidos a este respeito. Conhecimentos nessa área podem trazer resultados importantes, tanto para as indústrias avícolas como para as indústrias processadoras.

Isso posto, pretendeu-se neste estudo analisar o envolvimento da genética em características ligadas à qualidade de carcaça e carne de frangos de corte de uma linhagem macho de seleção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo com cerca de 10,2 milhões de toneladas produzidas (ABEF, 2007), sendo o primeiro exportador mundial de carne de frango com 3,3 milhões de toneladas exportadas (AVISITE, 2007).

De acordo com Camargo (1999), essa evolução é devida ao intenso processo de seleção realizado desde os primórdios do uso do cruzamento entre raças. É necessário um estudo mais detalhado das necessidades da indústria de alimentos e da análise das tendências do mercado para que sejam estabelecidos os alvos de progresso genético (FIGUEIREDO et al., 2000). Segundo Schmidt e Figueiredo (1996) cada vez mais a indústria avícola definirá o produto a ser utilizado com base nos benefícios que este proporcionará em toda a cadeia, da reprodução ao processamento pós-abate.

As mudanças de mercado, no que diz respeito à indústria de frangos de corte, resultam em uma melhoria contínua no esquema e nas ferramentas dos programas de melhoramento genético (YANG et al., 1999). O grande obstáculo para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético de aves é o estabelecimento de critérios de seleção adequados e eficientes. Scheuermann et al. (2004) afirmam que programas de seleção genética, com a melhoria dos sistemas de produção, têm tido um sucesso extraordinário no aumento de rendimento de carne de aves. Obteve-se um crescimento mais rápido das aves, alcançando-se idades mais precoces ao abate, reduzindo-se os custos de produção e aumentando-se a lucratividade da atividade. A genética deve buscar aves compatíveis com as exigências altamente competitivas dos mercados produtivo, industrial e consumidor.

Segundo Campos e Pereira (1999) o melhoramento genético de frangos de corte tem-se apresentado excepcional nas quatro últimas décadas. A taxa de crescimento nesse período foi notadamente triplicada. De acordo com os mesmos autores, dois fatores foram responsáveis para esse sucesso: a intensa pressão de seleção exercida sobre o ganho de peso das aves e o fato de esta ser uma característica de alta herdabilidade. A quantificação da variação genética das características, pela herdabilidade, e as associações genéticas entre diferentes características, pelas correlações genéticas, permite estabelecer estratégias de melhoramento animal e prever a evolução genéticas das aves.

2.1 Estrutura da carne

2.1.1 Tecido muscular

O músculo é constituído por uma unidade estrutural, a fibra, e por uma unidade funcional, o sarcômero (PARDI et al., 2005).

As células musculares tem origem mesodérmica, e sua diferenciação ocorre pela síntese de proteínas filamentosas, concomitante com o alongamento das células. De acordo com suas características morfológicas e funcionais, distinguem-se três tipos de tecido muscular: músculo liso ou involuntário, músculo estriado esquelético ou voluntário e músculo estriado cardíaco (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

2.1.2 Músculo esquelético

O tecido muscular esquelético é formado por feixes de células muito longas (até 30 cm), cilíndricas, multinucleadas e contendo muitos filamentos, as miofibrilas. O diâmetro das fibras musculares estriadas esqueléticas varia de 10 a 100 µm. Estas fibras se originam no embrião pela fusão de células alongadas, os mioblastos. Nas fibras musculares esqueléticas os numerosos núcleos se localizam na periferia das fibras, nas proximidades do sarcolema. Esta localização nuclear característica ajuda a distinguir o músculo esquelético do músculo cardíaco, ambos com estriações transversais, pois no músculo cardíaco os núcleos são centrais (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

2.1.2.1 Organização do músculo esquelético

Segundo Junqueira e Carneiro (2004), no músculo esquelético (Figura 1), as fibras musculares estão organizadas em grupos de feixes, sendo o conjunto de feixes envolvidos por uma camada de tecido conjuntivo chamada *epimísio*, que recobre o músculo inteiro. Do *epimísio* partem finos septos de tecido conjuntivo que se dirigem para o interior do músculo, separando os feixes. Esses septos constituem o *perimísio*. Assim, o *perimísio* envolve os feixes de fibras. Cada fibra muscular, individualmente, é envolvida pelo *endomísio*, que é formado pela lâmina basal da fibra muscular, associada às fibras reticulares. O *endomísio* apresenta escassa população celular constituída por algumas células do conjuntivo, principalmente fibroblastos.

De acordo com os autores acima, o tecido conjuntivo mantém as fibras musculares unidas, permitindo que a força de contração gerada por cada fibra individualmente atue sobre

o músculo inteiro. Este papel do conjuntivo tem grande significado funcional porque na maioria das vezes as fibras não se estendem de uma extremidade do músculo até a outra. Além disso, a força da contração do músculo pode ser regulada pela variação do número de fibras estimuladas pelos nervos.

É ainda por intermédio do tecido conjuntivo que a força de contração do músculo se transmite a outras estruturas como tendões e ossos.

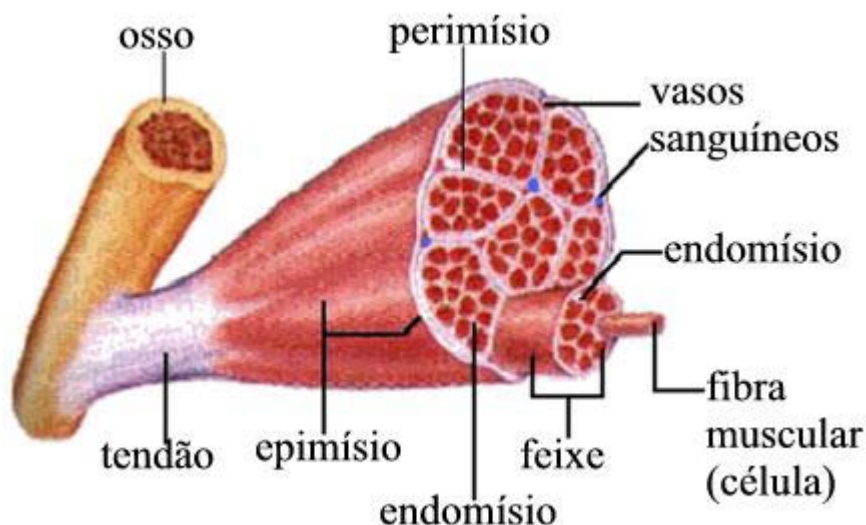


Figura 1 - Estrutura do tecido muscular (Fonte: www.curlygirl.naturlink.pt)

2.1.2.2 Tecido muscular estriado esquelético ou voluntário

Os tecidos musculares estriados esqueléticos são aqueles aderidos à estrutura do esqueleto para conferir movimentos e moldar a estrutura corpórea, agindo sobre controle voluntário e de contração rápida. Estes tecidos recebem este nome por apresentarem estrias visíveis em microscopia ótica.

O tecido muscular é diferenciado e tem características peculiares, fazendo com que os componentes de suas células recebem nomes especiais. Desta maneira, a membrana citoplasmática é o *sarcolema*; o citoplasma (com exceção das miofibrilas) é o *sarcoplasma*; o retículo endoplasmático é o *retículo sarcoplasmático* e as mitocôndrias são os *sarcossomas* (PARDI et al., 2005).

As fibras musculares estriadas esqueléticas de mamíferos e aves consistem em células filamentosas compridas, não ramificadas, que diminuem o diâmetro em suas extremidades, tomando a forma de um cone. Mesmo alcançando vários centímetros de comprimento, via de regra as fibras musculares não são tão compridas como o músculo completo. Seu diâmetro

varia em largos limites, oscilando em uma espécie e, por vezes, em um mesmo músculo entre 10 a 100 μm (WALLS, 1960). Em animais saudáveis, os diâmetros das fibras musculares diferem de um músculo para outro e entre as espécies, raças e sexos (HAMMOND, 1923a; JOUBERT, 1956). Eles aumentam com a idade, com o plano de nutrição, com o exercício físico e com a velocidade de crescimento pós-natal (JOUBERT, 1956; GOLDSPINK, 1962a).

Sarcolema

Ao redor de cada fibra, e abaixo do tecido conjuntivo do endomísio, encontra-se o sarcolema, cuja estrutura é formada por uma membrana dupla das quais os componentes estão distantes entre si aproximadamente 50 a 60 Angstrom (ROBERTSON, 1957).

Sarcoplasma

Segundo Pardi et al. (2005), o sarcoplasma é formado pela substância intracelular, cujo conteúdo é constituído entre 75 a 85% de água, gotículas lipídicas, glicogênio, proteínas, compostos nitrogenados, onde estão em suspensão as organelas e as miofibrilas. A fibra muscular estriada esquelética é multinucleada, ficando os núcleos na periferia. Ao longo de poucos centímetros de comprimento, a fibra apresenta várias centenas de núcleos regularmente distribuídos no sentido longitudinal. Nas proximidades da união com os tendões, seu número aumenta e sua distribuição é irregular.

Retículo Sarcoplasmático

De acordo com Pardi et al. (2005), o retículo sarcoplasmático (RS) é constituído por um complexo sistema de vesículas e túbulos orientados longitudinalmente, envolvendo cada uma das suas miofibrilas. As membranas que o constituem dispõem-se em forma de rede limitada por *cisternas*. Os elementos longitudinais são interrompidos uma ou duas vezes por sarcômeros, encontrando-se aí, disposto transversalmente às miofibrilas, o túbulo transversal (invaginação do sarcolema).

Segundo os mesmos autores, o retículo sarcoplasmático tem relevante desempenho no processo de excitação-contração. Esse retículo dispõe de um mecanismo de transporte ativo de Ca^{++} nas membranas, na dependência da Adenosina Trifosfato (ATP). O sistema assim concentra Ca^{++} , regulando desta forma a sua concentração no sarcoplasma. Uma onda de despolarização conduzida por um túbulo transversal é transmitida às vesículas do RS, provocando a liberação de Ca^{++} , o qual se difunde entre os miofilamentos, iniciando a

contração. Esta liberação de Ca^{++} reúne fenômenos elétrico e mecânico da contração muscular.

Mitocôndrias

As mitocôndrias, de forma oblonga, são organelas localizadas no sarcoplasma. Segundo Forrest et al. (1979), as mitocôndrias foram apelidadas de turbina da célula, pelo fato de “capturarem” a energia derivada do metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas, proporcionando à célula uma fonte de energia química. As mitocôndrias do músculo esquelético são relativamente abundantes na periferia das fibras, nas proximidades dos pólos dos núcleos e muito abundantes nas uniões mioneurais. Outras localizações ocorrem entre as miofibrilas, seja ao lado das linhas Z ou bandas I, seja nas uniões das bandas A e I, as quais serão definidas adiante.

2.1.3 Organização das fibras musculares esqueléticas

Miofibrilas

As *miofibrilas*, elementos próprios da fibra muscular, são estruturas cilíndricas, compridas e delgadas, com diâmetro de 1 a 2 μm , orientadas no sentido longitudinal da fibra muscular e preenchendo completamente seu interior. Distinguem-se nas miofibrilas uma disposição de filamentos grossos e filamentos finos ou delgados (PARDI et al., 2005).

De acordo com Junqueira e Carneiro (2004), as bandas de cada uma das miofibrilas se ordenam paralelamente ao longo da fibra muscular, assumindo um aspecto estriado. Estas bandas, apresentando-se alternadamente em zonas escuras ou claras, formando um sistema de estriações paralelas, justificam o emprego do termo músculo estriado relativo ao músculo esquelético.

Os mesmos autores revelam que tais bandas, quando submetidas à microscopia ótica, podem ser vistas como alternâncias de faixas claras e escuras, enquanto que, quando levadas à microscopia de polarização, a faixa escura mostra-se anisotrópica, sendo denominada banda A, ao passo que a faixa clara, ou banda I, se mostra isotrópica. Ao centro de cada banda I insinua-se uma linha transversal escura chamada linha Z.

Sarcômeros

A unidade funcional denominada *sarcômero* é representada pela porção da miofibrila compreendida entre duas linhas Z adjacentes. Por sua vez, a banda A apresenta em sua porção central uma zona mais clara denominada banda H (PARDI et al., 2005).

O microscópio eletrônico revela a presença de filamentos finos de actina e filamentos grossos de miosina dispostos longitudinalmente nas miofibrilas e organizados numa distribuição simétrica e paralela. A miosina é uma das proteínas que, com a actina e em presença de ATP, são responsáveis pela contração muscular. Estas proteínas são os principais componentes estruturais das miofibrilas. Da linha Z, partem os filamentos finos (actina) que vão até o bordo externo da banda H. Os filamentos grossos (miosina) ocupam a região central do sarcômero. Como resultado dessa disposição, a banda I é formada somente por filamentos finos, a banda A é formada por filamentos finos e grossos, e a banda H, somente por filamentos grossos. Na região lateral da banda A, os filamentos finos e grossos se interdigitam. Um corte transversal nessa região lateral mostra uma disposição simétrica tal que cada filamento grosso fica rodeado por seis filamentos finos, formando um hexágono (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

2.1.3.1 Proteínas dos miofilamentos

As proteínas miosina e actina constituem de 55% das proteínas miofibrilares, sendo a porção restante constituída pelas proteínas reguladoras da função muscular, atuando direta ou indiretamente no complexo adenosina trifosfato actina miosina. As principais proteínas reguladoras são: troponina, tropomiosina, as proteínas M, actina-alfa, proteína C e actinina-beta (FORREST et al., 1979).

A miosina se caracteriza por sua grande proporção de aminoácidos, ácidos e básicos. Seu pH isoelétrico é de 5,4. A formação de pontes mediante a integração entre a actina e miosina origina o complexo químico denominado actomiosina, cuja formação proporciona um estado de rigidez e de relativa inextensibilidade muscular (PARDI et al., 2005).

De acordo com Junqueira e Carneiro (2004), a actina apresenta-se sob a forma de polímeros longos (actina F) formados por duas cadeias de monômeros globulares (actina G) torcida uma sobre a outra, em hélice dupla.

A tropomiosina é uma molécula longa e fina, constituída por duas cadeias polipeptídicas uma enrolada na outra. Já a troponina é um complexo de três subunidades: TnT, que se liga fortemente à tropomiosina; TnC, que tem grande afinidade pelos íons cálcio; e TnI, que cobre o sítio ativo da actina, onde ocorre a interação da actina com a miosina (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2004).

Na Figura 2, estão apresentados a organização das fibras musculares e as proteínas dos miofilamentos.

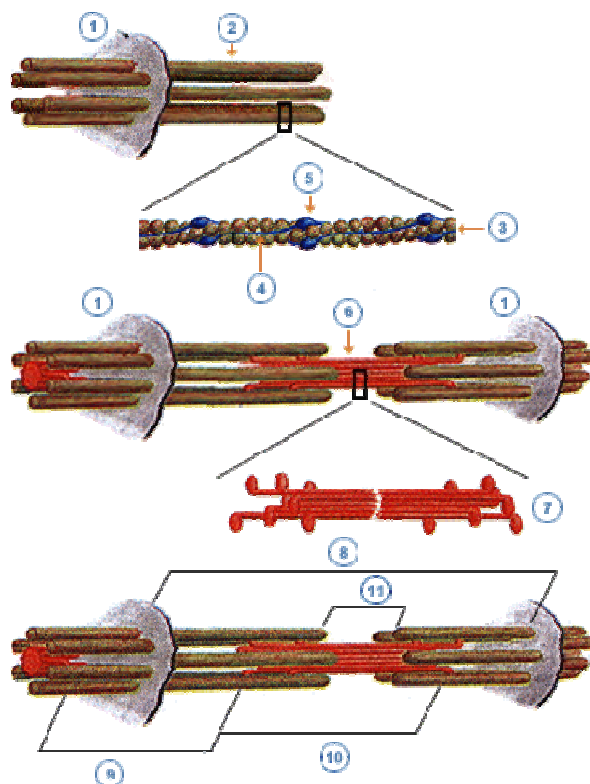


Figura 2 - 1. Bandas das linhas Z; 2. Filamentos de actina no interior do sarcômero; 3. Filamentos de actina; 4. Filamento de tropomiosina; 5. Tropomina; 6. Banda central de miosina, no centro do sarcômero; 7. Filamentos de miosina; 8. Sarcômero; 9. Bandas I; 10. Banda A; 11. Banda H. (Fonte: www.puc.cl)

2.1.4 Musculatura esquelética das aves

A musculatura dos frangos quando transformada em carne no período *post mortem* constitui importante fonte de proteína de alta qualidade na nutrição humana. A musculatura esquelética é constituída por fibras estriadas e apresenta importante função fisiológica. Sua variada composição quanto aos tipos de fibras possibilita adaptação a diferentes ambientes ou realidades de seleção e pode refletir-se em qualidade de carne também variada. Os programas de seleção têm selecionado as aves considerando características como o rápido crescimento e o rendimento do peito. De fato, o melhoramento foi bem sucedido, gerando consideráveis incrementos anuais no ganho dessas duas variáveis, bem como uma melhora na conversão alimentar (SCHEUERMANN, 2004).

Embora os três tipos de músculo sejam igualmente importantes fisiologicamente na vida do animal, dar-se-á ênfase ao músculo esquelético, pela sua importância direta como alimento humano, quando transformado em carne (SCHEUERMANN et al., 2003).

O desenvolvimento do músculo esquelético, em aves, ocorre em dois períodos distintos. Primeiro, na fase embrionária, o número de fibras musculares é estabelecido quando um grande número de células precursoras é determinado a expressar genes músculo-específicos (CHRIST e BRAND-SABERI, 2002). Posteriormente, no período pós eclosão, ocorre a hipertrofia das fibras musculares, principalmente através do acréscimo de proteína e núcleos originados da proliferação e fusão de células satélites (MOSS, 1968).

De acordo com Peter et al. (1972), as fibras musculares representam uma população relativamente heterogênea, diferindo principalmente quanto à velocidade de contração (rápida ou lenta) e ao estado metabólico (oxidativo ou glicolítico). A comparação das miofibras, inicialmente, era baseada na coloração (vermelhas, de contração lenta por longo tempo; brancas, de contração rápida). Vários sistemas de classificação foram desenvolvidos nas últimas décadas, sendo que as fibras podem ser diferenciadas através de características bioquímicas, histoquímicas, morfológicas, ou fisiológicas, mas as diferentes técnicas nem sempre concordam entre si. Foi proposto pelos mesmos autores, um sistema de classificação simplificado e ainda utilizado. O sistema combina as características metabólicas com a velocidade de contração. As fibras foram denominadas: tipo I - com velocidade de contração lenta e metabolismo oxidativo; tipo IIA - com velocidade de contração rápida e metabolismo oxidativo-glicolítico e tipo IIB - com velocidade de contração rápida e metabolismo glicolítico.

Em mamíferos, as diferenças entre as células embrionárias e fetais formam a base da diferença entre fibras primárias e secundárias e a diferenciação inicial das fibras do músculo em fibras lentas e rápidas. Embora, em ambos, aves e mamíferos, as fibras lentas são as primeiras a diferenciar (VAN SWEARINGEN e LANCE-JONES, 1995), aves diferem dos mamíferos uma vez que três tipos de fibras primárias (rápidas, rápidas/lentas e lentas) são produzidas. Entretanto, quanto às fibras secundárias, ambos aves e mamíferos geram fibras rápidas (STOCKDALE, 1992). A habilidade das células fetais gerarem fibras secundárias, todas inicialmente de contração rápida, não impede que elas fundam com fibras de contração lenta já existentes (WIGMORE e DUNGLISON, 1998). O músculo *Pectoralis* de galináceos é composto quase exclusivamente, de fibras glicolíticas de rápida contração (SMITH; FLETCHER, 1988; SAMS e JANKY, 1990; ONO et al., 1993). Conversão entre tipos de fibras também são observadas no período pós-nascimento de galináceos, pois a composição quanto ao tipo de fibra não é estática nesse período (ONO, IWAMOTO e TAKAHARA, 1993).

Comparando várias espécies de aves, Rosser et al. (1996) observaram que, unicamente os galináceos e o avestruz, apresentam o músculo *Pectoralis* consistindo somente de fibras glicolíticas de contração rápida. Outras espécies apresentavam no referido músculo, predominantemente fibras oxidativo-glicolíticas de contração rápida, por tratarem-se de aves migratórias que necessitam de contração rápida por longo período de tempo.

É geralmente aceito que o número de fibras musculares é determinado por fatores genéticos e ambientais, os quais são capazes de influenciar a miogênese durante a embriogênese (REHFELDT et al., 2000). Os mesmos autores afirmam que após o nascimento o número total de fibras permanece constante nos mamíferos e aves, e que o incremento da massa muscular esquelética é, principalmente, devido à hipertrofia de fibra, acompanhada da atividade proliferativa das células satélites, as quais são fonte de novos núcleos que serão incorporados na fibra muscular.

A tradicional contagem das fibras através de cortes histológicos transversais pode subestimar o número de fibras musculares, uma vez que há fibras ainda alongando-se durante os primeiros dias, as quais podem não ser detectadas no corte. Além disso, a quebra de um cluster com fibras pequenas, as quais não são passíveis de identificação individual, pode também ser responsável por relatos de aumentos no número de fibras musculares nas primeiras fases do período pós-natal (ONTEL e KOZEKA, 1984).

Para o entendimento do desenvolvimento muscular é fundamental estudar os mecanismos que regulam o número, tipo e tamanho das fibras musculares. Estas variações das fibras musculares estão relacionadas a vários fatores que interferem no desenvolvimento muscular nos períodos pré-natal e pós-natal (DAUNCEY e GILMOUR, 1996). Entre estes, podemos citar fatores intrínsecos (genética, fatores reguladores de crescimento, ativadores de transcrição, *status* endócrino, proteinases musculares e inervação) e fatores ambientais (dieta e temperatura ambiente), atividade motora, agentes repartidores de nutrientes, idade, sexo, doenças, tipo de músculo e localização das fibras no músculo (GONZALES e SARTORI, 2002).

Para entender a importância dos fatores que afetam o crescimento e a deposição protéica no músculo das aves, é necessário considerar o impacto desses fatores sobre a qualidade do músculo que será transformado em alimento para o homem, a carne. Mas a qualidade da carne não é só determinada pelas influências intrínsecas (fisiológicas) e as extrínsecas (meio ambiente) sobre o músculo da ave no período que precede à sua morte. Como o músculo é um tecido dinâmico, ele responde também as influências do meio ambiente durante e depois da morte do animal. O tipo de processamento, considerando-se o

sacrifício da ave e o tratamento da carcaça, interage com as características do músculo e, juntos, vão determinar a qualidade da carne (PEARSON e YOUNG, 1989).

A musculatura esquelética de frangos de corte em comparação com poedeiras apresenta maior massa muscular, composta de fibras musculares com tamanho e comprimento superiores e com mais DNA (SMITH, 1963). Segundo Aberle e Stewart (1983), o crescimento mais rápido e a maior musculatura de frangos em relação a poedeiras comerciais são causados pelo maior número de miofibras e sua rápida hipertrofia.

A seleção divergente para alta taxa de crescimento induz ao aumento relativo do número total de miofibras e na área de seção transversal de todos os tipos de fibras. Isto pode explicar os maiores pesos dos músculos dos animais de alta taxa de crescimento. Nenhuma diferença foi observada nas percentagens de tipos de fibras. Assim, a frequência dos tipos de fibras nos frangos pode estar primariamente relacionada com a função muscular (RÉMIGNON et al., 1994).

A seleção para alta taxa de crescimento nos frangos de corte promoveu alterações estruturais e metabólicas nos músculos e alterou a qualidade da carne. Altas taxas de crescimento induzem à lesões, maior diâmetro das fibras musculares, maior proporção de fibras glicolíticas e menor proteólise muscular. Estas alterações proporcionam *rigor mortis* mais rápido, que aumenta a palidez da carne e diminui sua capacidade de retenção de líquidos, piorando a qualidade dos produtos processados. A diminuição na proteólise muscular aumenta a dureza das carnes de aves (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999).

A seleção genética para crescimento em perus tem proporcionado mudanças na musculatura esquelética, que acarretam problemas na qualidade de carne e várias miopatias, as quais estão relacionadas, também, com o desenvolvimento do tecido conectivo (VELLEMAN et al., 2002).

Velleman e Nestor (2003) observaram que o melhoramento genético para crescimento promoveu alterações na musculatura peitoral de perus, tais como redução no espaço do endomísio, as quais podem ser associadas à lesões musculares.

Segundo Scheuermann (2004), com a pressão de seleção para alto crescimento em frangos de corte tem-se observado maior susceptibilidade à PSE (carne pálida, mole e exsudativa), devido ao alto potencial glicolítico e, principalmente, pelo tamanho das fibras musculares. Estas fibras obtêm energia para contração através da via glicolítica e, em condições de estresse com alta demanda energética (p.ex. agitação pré-abate), o metabolismo contribui para rápida queda no pH e assim, conseqüentemente, alta produção de ácido lático, o qual não pode mais ser removido no *post mortem*. Com relação ao aumento no tamanho da

fibra, este pode influenciar negativamente na qualidade da carne, levando a maior tendência ao PSE.

De acordo com Olivo (2004), os filés de frangos PSE são também caracterizados pelo alto teor de exsudato, devido a sua baixa capacidade de retenção de água, comprometendo suas propriedades nutricionais. Isso ocorre principalmente em produtos injetados com salmoura e os cozidos no sistema *cook-in-bags*, devido à liberação de umidade durante fatiamento e, também, os filés pré-cozidos tendem a apresentar-se secos, fibrosos e rançosos quando reaquecidos, comprometendo sua qualidade sensorial e nutritiva.

A utilização intensiva de programas de seleção fenotípica por várias gerações em animais produtores de carne originou linhagens altamente musculares. Maior deposição muscular está relacionada à eficiência no “turnover” protéico (TESSERAUD, CHAGNEAU e GRIZARD, 2000) e deve ter afetado as fibras musculares, seja alterando seu número ou o tamanho das fibras, ou ambos. Suínos que crescem mais rapidamente e desenvolvem maior massa muscular, também, tem maior número de fibras musculares (DWYER e STICKLAND, 1991; DWYER, FLETCHER e STICKLAND, 1993).

As linhagens comerciais de frangos de corte são resultados bem sucedidos de programas de seleção, que buscam o rápido ganho de peso e a conformação, favorecendo o peito em relação às demais partes da carcaça. Por isso, também em galináceos, têm-se procurado avaliar o efeito dos programas de seleção no número de fibras musculares. Ao avaliar o músculo *Semimembranosus*, Burke e Henry (1997) observaram que linhagens comerciais de frango apresentaram o dobro de fibras musculares do que frangos comuns. Similarmente, Rémignon et al. (1994, 1995) observaram que linhagens de frango de crescimento rápido tiveram 15 a 20% mais fibras no músculo *Latissimus dorsi* do que aves de crescimento mais lento. Comparações dessa natureza dificilmente são feitas com o músculo *Pectoralis* devido à dificuldade com a orientação das fibras musculares. Scheuermann et al. (2004) observaram que linhagens de corte apresentam em torno de duas vezes mais fibras musculares neste músculo do que aves de postura.

O efeito da seleção para crescimento no aumento das miofibras da área de seção transversal foi observado previamente (ABERLE, ADDIS e SOFFNER, 1979; IWAMOTO et al., 1993; BURKE e HENRY, 1997) e sugere que a área das fibras pode ser uma variável valiosa em programas de seleção genética. De fato, essa idéia tem sido considerada para suínos. Segundo Stickland (1995), suínos selecionados para tamanhos de fibras grandes tendem a exibir grande área muscular, baixo número de fibras totais e qualidade de carne inferior que aqueles selecionados para fibras menores. Segundo Scheuermann et al. (2004),

programas de seleção genética com a ajuda da melhora em sistemas de produção, tem sido um sucesso extraordinário em aumento de rendimento de carne de aves.

Muitos estudos têm sido conduzidos em animais com diferentes taxas de crescimento e eles geralmente concluem que o aumento da taxa de crescimento inclui dramáticas mudanças no rendimento e no peso do músculo. A diferença da massa muscular é geralmente explicada pelo aumento da área de seção transversal da miofibrila, este aumento está geralmente associado com o aumento do número total de fibras (MOSS, 1968; HOOPER, 1978).

De acordo com Rémignon et al. (1995) e Santiago (2001), aves selecionadas para alta taxa de crescimento possuíram fibras musculares maiores e em maior número do que aves não selecionadas. Entretanto a proporção de tipos de fibras musculares não se alterou entre esse animais.

Segundo Dransfield e Sosnicki (1999) a seleção para maiores taxas de crescimento pode resultar em maior diâmetro das fibras musculares, e também em maior proporção de fibras glicolíticas no músculo do peito.

De acordo com Scheuermann et al. (2003), as propriedades histoquímicas e bioquímicas do músculo, tais como o tipo de fibra e a área da fibra, podem influenciar a qualidade da carne devido aos efeitos no metabolismo antes e depois do abate.

A coloração clara da carne de frango, especialmente a carne do peito, tem grande importância no apelo comercial ao produto como “carne branca”, o que é atribuído à composição em fibras tipo IIB, cuja presença de mioglobina é baixa. Tem sido observado que a composição quanto ao tipo de fibra do peito e outros músculos não é influenciada pela seleção genética em frangos de corte (RÉMIGNON et al., 1995). Embora esses mesmos autores não tenham observado efeito da linhagem na coloração, no pH e na perda de água do peito, é necessário considerar que as linhagens atuais são resultados de alta pressão genética no rendimento de peito. Há indicações de maior susceptibilidade à PSE, devido ao alto potencial glicolítico e principalmente ao tamanho das fibras.

A carne de frangos de corte tem cor mais clara devido aos músculos serem mais anaeróbicos. O melhoramento genético do frango de corte para maior massa muscular e rapidez de crescimento reduziu a capacidade oxidativa da musculatura dos frangos de corte, resultando num músculo mais anaeróbio (SOIKE e BERGMANN, 1997).

Em suínos, maior percentagem de fibras brancas aumenta as possibilidades de carne com características de PSE (LARZUL et al., 1997). Estas fibras produzem energia para contração, principalmente através da rota glicolítica, sendo que em condições de demanda

energética, o metabolismo contribui para uma rápida queda no pH como consequência da alta produção de ácido lático, o qual não pode mais ser removido no *post mortem*. Embora a carcaça do frango seja bem menor do que a de suíno, o que propicia o rápido resfriamento e, portanto redução da atividade enzimática, a ocorrência de PSE em frangos é uma realidade da avicultura de corte, com incidência variando de 2 a 20% (BARBUT, 1998). A alta variação deve-se ao fato da PSE ser uma síndrome sujeita às variações ambientais.

O efeito da seleção para ganho de peso no aumento da área transversal das fibras tem sido observado (ABERLE, ADDIS e SOFFNER, 1979; IWAMOTO et al., 1993; BURKE; HENRY, 1997; SCHEUERMANN et al., 2004) e indica a possibilidade de inclusão desta variável nos programas de seleção.

Essa idéia foi utilizada em suínos (STICKLAND, 1995), quando os animais selecionados para maior área transversal exibiram maior área do músculo, menor número total de fibras e uma piora na qualidade da carne se comparados aos animais selecionados para menor área das fibras. Também é provável uma maior dificuldade na eliminação de resíduos do metabolismo como CO₂ e lactato durante o período pré-abate. Aplicando o mesmo princípio para aves, possivelmente o aumento da área transversal das fibras pode implicar na incidência de PSE ou outros efeitos indesejáveis na qualidade da carne.

A possibilidade de haver diferença na qualidade da carne entre linhagens extremas, como frangos e poedeiras foi analisada recentemente (LONERGAN et al., 2003), sendo observada com certa surpresa a necessidade de maior força de cisão para o peito de frangos de corte do que de poedeiras.

Várias considerações sobre o potencial de influência dos tipos de fibras de frangos e perus na qualidade da carne foram feitas recentemente, como a comparação entre a carne de peito e a coxa/sobrecoxa de frangos quanto ao tipo de fibra, gordura e implicações no processamento (perdas ao cozimento e capacidade de retenção de água), coloração e sabor. A carne da coxa tem mais fibras tipo I, portanto maior coloração, conteúdo de gordura e sabor (devido principalmente ao ferro contido na mioglobina). Entretanto, o teor de gordura implica em maior perda de peso ao cozimento e o peito tem, proporcionalmente, mais proteína funcional para absorver água (McKEE, 2000).

Aspectos relacionados à qualidade da carne com diferentes seleções em frangos têm sido abordados em estudos anteriores. Foi observado que *Leghorns* mostram atividades alta de calpaína e baixa de calpastatina em comparação a aves comerciais, e mais recentemente, Lonergan et al. (2003) reportaram maior força do corte de peito para aves comerciais em comparação as *Leghorns*. Entretanto, o efeito do aumento da área de seção transversal das

miofibras pode aumentar a tendência para carne PSE em frangos, e isto está se tornando uma importante questão para indústrias de aves, e métodos objetivos para diminuição da PSE estão sendo desenvolvidos (GALOBART, CORZO e MORAN, 2003).

Em geral, o número de fibras está relacionado com mudanças durante o crescimento, e animais de crescimento rápido tem mais fibras musculares do que de crescimento lento (STICKLAND, 1995).

Quando a relação entre número de fibras musculares e pH do músculo *Longissimus* de suínos e porcentagem de carne foi investigado, encontrou-se um grande número de fibra garantindo que, ambos, alta porcentagem e boa qualidade de carne, para tamanho moderado de fibra (LENGERKEN, WICKE e MAAK, 1997).

Em aves domésticas, a área da seção transversal da fibra muscular aumenta com a idade. Gansos, selecionados para rendimento de carne tem fibras maiores do que pássaros selecionados para produção de ovos (KLOSOWSKA, ROSINSKI e WENDA, 1993) e galinhas de crescimento rápido têm fibras de diâmetro maior do que linhagens de crescimento lento. Este aumento está também associado com um aumento no número de fibras gigantes, que tipicamente tem áreas de seção transversal de 3 a 5 vezes maior que o normal, embora isto pode também resultar em forte contração (fibras hipercontraídas).

Diâmetros menores da fibra podem permitir uma densidade elevada, e aumento da dureza da carne. Em espécies de peixes, uma diminuição no diâmetro da fibra de $38.000 \mu^2$ para $8.000 \mu^2$ aumenta a firmeza da carne cozida (HURLING, RODEL e HUNT, 1996); contudo, em carne de suíno e bovino, um aumento no diâmetro da fibra está associado com ambas carnes, macia e dura, e nenhuma conclusão pode ser tirada para efeito nessas carnes (DRANSFIELD, 1997).

O diâmetro médio de todos os tipos de fibras musculares foi significativamente aumentado em suínos que desenvolvem carne PSE no *post mortem* comparado com suínos de qualidade de carne normal. Este fato indica que a seleção gerou alto rendimento de carne magra que resultou em hipertrofia das fibras musculares, e isto está relacionado provavelmente com alterações no metabolismo muscular e finalmente conduz para o desenvolvimento de qualidade de carne pobre (WICKE et al., 1993).

Segundo os mesmos autores, a seleção intensiva para o rendimento de carne magra em suínos e rendimento de músculo de peito em aves e perus, respectivamente, conduziu para um aumento no diâmetro das fibras musculares. As mudanças metabólicas depois deste aumento ainda não são completamente entendidas.

2.2 Qualidade da carne

A industrialização consiste na transformação das carnes em produtos cárneos, fechando um ciclo que tem o seu início na produção de carnes com qualidade. A carne industrializada apresenta maior vida útil, desenvolve diferentes sabores, e durante o este processo podem ser utilizadas partes do animal de difícil comercialização quando no seu estado fresco. Portanto, a qualidade da carne vem sendo uma preocupação para as empresas e para os consumidores. Essa exigência por melhores produtos faz com que as empresas percebam a necessidade atual de competição com o mercado interno e com o mercado externo. Assim, a utilização da genética e do melhoramento animal, associados às técnicas de manejo, nutrição, reprodução, sanidade e processamento, permitirá oferecer aos consumidores de carne um produto de melhor padrão e qualidade.

Após o abate, os músculos dos animais sofrem várias transformações bioquímicas responsáveis pela sua conversão em carne. Se estas transformações não forem controladas, a carne se deteriora rapidamente. A alteração mais importante que ocorre nos alimentos, inclusive na carne, é devida à multiplicação dos organismos, os quais podem modificar suas características de consistência, aparência, sabor e odor, depreciando-a e conseqüentemente reduzindo a sua aceitabilidade, por serem alterações facilmente percebidas pelos consumidores (FELÍCIO, 1998).

De acordo com Luchiari (2000), o fenômeno de *rigor mortis* chamado de rigidez cadavérica, aparece após o abate do animal, quando os músculos da carcaça se tornam enrijecidos. O fenômeno ocorre principalmente devido a utilização de todo ATP a nível muscular e a formação estável da actomiosina. O período necessário para o estabelecimento do *rigor mortis* é variável em função da quantidade de reservas de energia (glicogênio) que o animal possuía antes do abate, ou seja, mais estresse ou exercícios, conseqüentemente menos energia, mais rápida será a queda do pH e mais rápido o estabelecimento do *rigor mortis*. O mesmo autor ressalta que a temperatura da carcaça também influencia nesse tempo, pois quanto maior a temperatura, mais rápido o estabelecimento do *rigor mortis*. Esse tempo pode variar de algumas horas, em animais estressados submetidos a altas temperaturas logo após o abate, até várias horas (48 a 72 horas) no caso de animais com boa reserva de energia e baixas temperaturas de resfriamento da carcaça.

Alterações no estabelecimento do *rigor mortis*, tais como maior rapidez, podem aumentar a palidez da carne e diminuir sua capacidade de retenção de líquidos, piorando a qualidade dos produtos processados (DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999).

Os parâmetros mais comumente avaliados na carne são: cor, maciez e capacidade de retenção de água, os quais atribuem características qualitativas à carne (GAYA e FERRAZ, 2006).

2.2.1 Cor

A cor da carne é um fator importante que o consumidor aprecia no momento da compra, constituindo o critério básico para sua seleção.

A cor da carne é devida sobretudo à mioglobina e, em menor grau, à hemoglobina, a menos que a sangria tenha sido imperfeita. Em tecido muscular bem sangrado, a mioglobina contribui com um percentual de 80% a 90% do pigmento total (PARDI et al., 2005).

Segundo Olivo et al. (2001), a cor que observamos na superfície das carnes é resultante da absorção seletiva da luz pela mioglobina, pelas fibras musculares e suas proteínas, e também pelo líquido livre presente na carne, sendo a mioglobina a principal desencadeadora da cor. De acordo com Lieber (1992) citado por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999), em fibras glicolíticas presentes no músculo do peito dos frangos, a presença da mioglobina é pequena.

A quantidade de mioglobina nos animais varia com a espécie, a idade, o sexo, o músculo e a sua atividade física. As diferenças de conteúdo de mioglobina nas diversas espécies dependem dos tipos de fibras musculares de que as espécies dispõem. Assim, as fibras vermelhas, com elevado conteúdo em citocromo e mioglobina, predominam nos membros dos mamíferos; as fibras brancas, com baixo teor em citocromo, mioglobina e mitocôndrias, são típicas dos músculos peitorais do peru e da galinha (PARDI et al., 2005).

São ainda observadas colorações indesejáveis da carne. Este fato encontra seu ponto negativo mais evidente nas carnes de corte escuro e PSE (Pálida, Flácida e Exsudativa) as quais, segundo Forrest et al. (1979), são, em parte, mais que uma consequência do estado químico do pigmento, são o resultado de uma quantidade exagerada de água ligada aos músculos e de sua influência na reflexão da luz.

2.2.2 Capacidade de retenção de água

A manifestação da capacidade de retenção de água se traduz, segundo Lawrie (1977) pela exsudação (ou gotejamento) de líquido que ele denomina *weep*, observada na carne não

cozida nem congelada; pela exsudação de líquido denominada *drip*, típica da carne descongelada e pelo *shrink*, ou seja, a exsudação da carne cozida.

Segundo Sá (2004), a capacidade de retenção de água se define como a capacidade da carne de reter água durante a aplicação de forças, tais como cortes, aquecimento, trituração e prensagem. No entanto, durante uma aplicação de qualquer desses tratamentos, há uma certa perda de água devido a uma parte da água presente na carne encontrar-se na forma livre. Ainda de acordo com o mesmo autor, a maior parte da água do tecido está localizada nas miofibrilas, nos espaços entre os filamentos grossos de miosina e os filamentos finos de actina/tropomiosina. Assim, a expansão lateral ou o encolhimento do filamento influirá notadamente sobre a capacidade de retenção de água do músculo.

Para entender os fundamentos químicos da capacidade de retenção de água, admite-se que a mesma se apresenta sob três formas: *ligada, imobilizada e livre*. A água ligada, existente no músculo na proporção de 4 a 5%, acha-se diretamente unida aos grupos hidrófilos da proteína, permanecendo fortemente unida a ponto de resistir à ação de uma intensa força mecânica. A água imobilizada corresponde a outras moléculas aquosas extraídas pelas moléculas ligadas em camadas cada vez mais débeis à medida que é maior a distância do grupo reativo da proteína. Já a chamada água livre é aquela que se mantém unicamente por forças superficiais. Quase todas as modificações observadas na capacidade de retenção de água das proteínas musculares são devidas às modificações experimentadas pela água livre (PARDI et al., 2005).

De acordo com Bressan (1998), a capacidade de retenção de água é de suma importância para carne, já que influencia seu aspecto, sua palatabilidade e suas perdas de água antes e durante o cozimento.

2.2.3 Maciez

A maciez é o principal quesito de avaliação ou apreciação por parte do consumidor, inclusive, podendo suplantam aspectos como uma cor ou soboroma não muito agradáveis (atrativos).

De acordo com Hammond (1932a), a textura, assim como percebida pelo olho, é função do tamanho dos feixes das fibras dentro dos quais os septos perimisiais do tecido conjuntivo dividem o músculo longitudinalmente. Músculos com grão grosseiro em geral, aqueles que têm a maior taxa de crescimento pós-natal, possuem feixes grandes, enquanto os

músculos com grãos finos, têm feixes pequenos. O tamanho dos feixes é determinado não somente pelo número de fibras, mas também pelo tamanho das mesmas.

A textura tem sua característica grosseira aumentada com a idade, mas nos músculos onde as fibras são pequenas isso não se torna tão aparente como naqueles onde elas são grandes. Em geral, a característica de textura grosseira é maior nos músculos de machos inteiros e naqueles com o mesmo tamanho (HAMMOND, 1932a).

Entretanto, o tamanho dos feixes de fibras não é o único fator a determinar a textura ou o grão da carne. A quantidade de perimísio que envolve cada feixe também é importante. A camada perimisial nos músculos com grão de carne mais grosseiro é espessa (RAMSBOTTOM e KOONZ, 1939). Uma vez que os elementos que definem a textura são características do tecido conjuntivo, seria esperado que haveria correlação direta entre textura grosseira do grão da carne e a dureza da mesma após cozimento. Entretanto, isso não ocorre (RAMSBOTTOM e STRANDINE, 1948). Ainda existe correlação indireta entre o diâmetro da fibra e a maciez (HINER et al., 1953).

A impressão geral da maciez para o paladar inclui a textura e envolve três aspectos. Primeiramente a facilidade de penetração da carne pelos dentes. Em segundo lugar, a facilidade com a qual a carne se fragmenta e, em terceiro lugar, a quantidade de resíduo que permanece após a mastigação (WEIR, 1960).

O grau da maciez pode ser relacionado a três categorias de proteínas do músculo – aquelas do tecido conjuntivo (colágeno, elastina, reticulina, mucopolissacarídeos da matriz), da miofibrila (actina, miosina, tropomiosina) e do sarcoplasma (proteínas sarcoplasmáticas, retículo sarcoplasmático). A importância de sua relativa contribuição depende de circunstâncias como o grau de contração das miofibrilas, o tipo de músculo e a temperatura de cozimento (BOUTON, HARRIS e SHORTHORSE, 1975).

O aumento da maciez da carne se dá após a instalação do *rigor mortis*, quando acontece a degradação de proteínas responsáveis pela estrutura miofibrilar através de um sistema enzimático proteolítico dependente de cálcio, composto pela enzima calpaína e seu inibidor calpastatina, o qual libera a tensão muscular (VIEIRA, 1999).

Segundo Lawrie (1977), a maciez seria consequência do maior teor de água e da maior capacidade de retenção de água das proteínas musculares, bem como do estado de intumescimento das fibras musculares com pH elevado.

Todo e qualquer estresse imposto ao animal na fase *ante mortem* terá efeito muito grande na qualidade da carne. Segundo alguns pesquisadores a diminuição na qualidade no que diz respeito à maciez, por exemplo, pode ocasionar carnes mais duras se comparadas

àqueles animais que não sofreram estresse. Estes problemas estão diretamente relacionados ao manejo dispensado no período anterior ao abate como: evitar submetê-los ao jejum além do recomendado; não misturar animais de sexo, categorias ou idades diferentes; carregar e transportar os animais nas horas mais frescas do dia; evitar o transporte por grandes distâncias; submeter os animais a um mínimo tempo de espera para abate com acesso a água fresca. Estas são algumas medidas que podem ser facilmente tomadas para se garantir um significativo aumento na qualidade da carne. A não observância desses cuidados terá implicação direta em problemas qualitativos desenvolvidos e ou observados na fase *post mortem* (LUCHIARI, 2000).

De acordo com Sancevero e Antunes (1998), é necessário que haja um controle dos atributos de qualidade da carne para posteriormente incluí-los nos índices de seleção de um programa de melhoramento genético.

2.3 Carne Pálida, Flácida e Exsudativa (PSE)

A carne é tanto pelo seu valor nutricional quanto pelo seu valor sensorial, um dos alimentos mais importantes ao homem. Segundo Park et al. (2002), os fatores ligados à qualidade da carne apresentam uma grande importância, seja para a indústria de processamento dos produtos cárneos, seja para o consumidor. De acordo com Dirinck et al., (1996), um dos maiores problemas enfrentados pela indústria processadora é a questão da carne PSE.

A denominação PSE é originária das iniciais das palavras da língua inglesa *Pale*, *Soft* e *Exudative*, ou seja, carnes com as características pálida ou amarelada, flácida ou mole e exsudativa ou molhada, respectivamente. Na prática, é o resultado das condições de manejos *ante-mortem* mal conduzidos e estressantes a que são submetidos os animais provocando um *rigor mortis* acelerado. Durante a conversão do músculo em carne, quando da instalação do *rigor mortis*, ocorre o abaixamento do pH, devido à produção de ácido láctico, em função da glicólise anaeróbica. A rápida glicólise imediatamente após o abate gera pH muscular ácido, geralmente menor que 5,8 enquanto a carcaça ainda se encontra quente, por volta dos 35°C, aos 45 min *post mortem* em suínos. Em aves, este tempo é considerado em 15 min. As condições do baixo pH quando a temperatura corporal ainda está elevada provoca desnaturação protéica, causando coloração pálida na carne e reduzindo as propriedades de capacidade de retenção de água, conferindo assim, pobres características de processamento,

com redução dos rendimentos dos produtos e conseqüentes perdas econômicas (MOREIRA, 2005).

Muitas similaridades existem entre PSE em aves e suínos (SOLOMON et al, 1998 e SOSNICKI et al., 1998). Wang (1996) sustenta a hipótese de que o PSE em perus também tem base genética e que a ocorrência deste fenômeno se deve a um defeito genético nos canais protéicos liberadores de Ca^{+2} do retículo sarcoplasmático (RS), como acontece em suínos. Por outro lado, observações histopatológicas realizadas por Ferket et al. (1995), sugerem que o PSE em peitos de perus parece estar relacionado com a baixa integridade da membrana ou do tecido conjuntivo. A intensa atividade na seleção das linhagens, pela necessidade econômica de abater aves em menor tempo de vida, com rápido ganho de peso, pode ter resultado em comportamentos fisiológicos anormais, com danos ao tecido muscular.

Particularmente, em suínos e aves, fibras largas tendem a ter números menores de mitocôndria, e elas pertencem às fibras brancas de contração rápida. Em suínos, a alta porcentagem de fibras brancas tem sido associada à condição da carne PSE (LINKE, 1972; LARZUL et al., 1997; FIEDLER et al., 1999) e à susceptibilidade ao estresse (NELSON e SCHOCHET, 1982; FIEDLER et al., 1993). Estas fibras produzem energia para contração principalmente por via glicolítica e, sob condições de exigência de energia (antes do abate), seu metabolismo contribui para um declínio muito rápido de pH pela produção de lactato, que não pode ser removido, e subsequente desnaturação de proteínas. Isto está relacionado com a condição PSE pós-abate. Por outros autores (MALTIN et al., 1997), é ainda sugerido que a forte hipertrofia da fibra muscular também contribui para uma diminuição da maciez do músculo de suíno.

Resultados recentes de pesquisas indicam que perus com PSE também apresentam susceptibilidade genética. McCurdy et al. (1996) e Barbut (1998) relataram que a incidência de PSE em perus é maior nos meses de verão, o que segundo os mesmos autores estaria de acordo com as observações da indústria dos Estados Unidos, de que, nos meses quentes, existe uma maior ocorrência de "carnes claras". Somente com o rápido crescimento da produção de industrializados de carne de aves é que problemas observados na textura e suculência da carne ficaram mais visíveis. Com isso, a questão do PSE ganhou importância, principalmente com a carne de peru e, mais recentemente, com frangos (SHIMOKOMAKI et al., 1997; BARBUT, 1997; OLIVO et al., 1998).

Segundo McCurdy et al. (1996), a incidência de PSE em carne de perus varia de 5 a 30% e Barbut (1997) relatou a ocorrência de 0 a 28% em carne de frangos. Mais recentemente, McKee et al., (1998) também verificaram a ocorrência de 21,6% de lotes de

perus com carne pálida. Atualmente, é reconhecido que 41% da carne de perus e 37% da carne de frango podem apresentar características PSE.

A maior ou menor ocorrência de PSE relatada na literatura para carne de aves está relacionada com fatores de estresse antes do abate. Enquanto a composição da carne é estabelecida durante a vida do animal, outras características de qualidade são afetadas tanto com o animal vivo, durante e após o abate. Fatores como idade, sexo, nutrição, apanha dos animais, transporte, temperatura ambiente, tempo de jejum dentre outros, reconhecidamente afetam a qualidade de carne dos animais. Entretanto, a alteração da qualidade pode também ser obtida através do uso de diferentes tecnologias de abate e pós abate, como tempo de resfriamento, tempo e temperatura de maturação, atordoamento elétrico e estimulação elétrica (MOREIRA, 2005).

Segundo Anadón (2002), é importante analisar características de qualidade em genótipos de aves utilizadas comercialmente, com a finalidade de ter resultados que possam levar à eliminação da condição PSE. Segundo Souza (2000), daqui alguns anos, a atenção a ser dada à qualidade da carne nos programas de melhoramento genético será redobrada.

2.4 Coeficientes de herdabilidade

O coeficiente de herdabilidade (h^2) constitui a expressão da proporção da variância total que é atribuível aos efeitos médios aditivos dos genes, ou seja, à variância genética aditiva (FALCONER, 1960). Desta forma, segundo Euclides Filho (1999), sua principal função é seu caráter preditivo, ou seja, ela expressa o grau de confiança do valor fenotípico como indicador do valor genético.

De acordo com Eler (2001), o conhecimento do coeficiente de herdabilidade das características é fundamental na predição do valor genético, na formulação de programas de melhoramento genético e na predição da resposta esperada à seleção. As características que possuem herdabilidade de moderada a alta são características capazes de responder à seleção (CAMPOS e PEREIRA, 1999).

A qualidade da carne das aves é influenciada por um grande número de fatores, mas principalmente pela genética, uma vez que níveis significantes de herdabilidade foram obtidos para várias características de qualidade em recentes estudos (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003; GAYA e FERRAZ, 2006).

Argentão et al. (2002), Gaya (2003) e Rezende et al. (2005), trabalhando com linhagem de frangos pertencentes ao mesmo programa de seleção, encontraram estimativas de

coeficientes de herdabilidade de 0,33, 0,24 e 0,24 para peso vivo, de 0,34, 0,24 e 0,24 para peso eviscerado, de 0,34, 0,33 e 0,33 para peso de pernas, e de 0,45, 0,33 e 0,33 para peso de peito, respectivamente.

As estimativas de coeficientes de herdabilidade encontradas para medida de ultrasonografia de músculo peitoral foram de 0,28 (GAYA, 2003; REZENDE et al., 2005) 0,48 (ARGENTÃO et al., 2002). Também Gaya (2003) encontrou estimativa de coeficiente de herdabilidade para peso à seleção de 0,40.

Melo et al. (2004) trabalharam com aves originadas de uma população F2 desenvolvida por meio do cruzamento de uma linha paterna de aves para corte (TT) e uma linha de postura (CC), encontrando estimativas de coeficientes de herdabilidade para peso vivo e peso de peito, de 0,39 e 0,35, respectivamente.

De acordo com Le Bihan-Duval et al. (2001) a estimativa de herdabilidade para pH inicial (pHi) em frangos foi de 0,49 e segundo Le Bihan-Duval et al. (2003) a estimativa de herdabilidade do pH aferido em 20 minutos após o abate em perus foi de 0,21. Já segundo Gaya (2006) a estimativa de herdabilidade para o pH aferido em 15 minutos após o abate em frangos foi próxima de zero (0,03).

Em relação aos parâmetros de cor da carne de aves, Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999), Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) e Gaya (2006) encontraram estimativas de herdabilidade de 0,75, 0,50, 0,12 e 0,30 para a luminosidade, de 0,81, 0,57, 0,21 e 0,27 para o teor de vermelho e de 0,64, 0,55, 0,14 e 0,16 para o teor de amarelo, respectivamente.

Para as perdas de água por exsudação da carne de frangos, as estimativas de herdabilidade descritas na literatura foram de 0,39 e 0,12 (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001; GAYA, 2006).

Já as perdas de água por descongelamento, cozimento e força de cisalhamento obtiveram estimativas de coeficientes de herdabilidade de 0,26, 0,16 e 0,21, respectivamente, de acordo com Gaya (2006).

Em várias espécies foram encontradas estimativas de coeficientes de herdabilidade para o número de fibras musculares que variam entre 0,12 a 0,88, sendo a maioria situado entre 0,20 e 0,50. De acordo com Locniskar et al. (1980), em aves no músculo *Pectoralis superficialis*, foram encontrados coeficientes de herdabilidade para número de fibras entre 0,12 a 0,49. Estes resultados demonstram que o número de fibra muscular não é exclusivamente determinado geneticamente como tem sido anteriormente presumido devido à relativa constância durante a vida pós-natal. Provavelmente, fatores ambientais e genéticos são determinantes significativos do número de fibras musculares como a formação de fibras

ocorridas na fase pré-natal. No entanto, há uma falta de estudos sobre efeitos ambientais e genéticos em número e tamanho de fibras em animais. Os coeficientes de herdabilidade estimados para tamanho de fibra muscular em várias espécies variam de baixos a altos, mas a maioria se situa entre 0,20 e 0,30. No músculo *Pectoralis superficialis* de aves foram encontrados coeficientes de herdabilidade entre 0,00 e 0,26.

2.5 Correlações genéticas e fenotípicas

A correlação genética (r_g) entre duas características é a correlação entre os efeitos dos genes que as influenciam (PIRCHNER, 1983). De acordo com Falconer (1960) ela representa a correlação entre os valores genéticos de um indivíduo para as características sob consideração. Segundo Van Vleck et al. (1987) se algum gene afeta duas características, então estas características são correlacionadas geneticamente. De acordo com Campos & Pereira a correlação mede a probabilidade de duas características diferentes serem afetadas pelos mesmos genes, ou seja, é a correlação entre o valor genético de duas características.

A importância do estudo das correlações está no fato de que a seleção para uma determinada característica pode causar resposta em outra geneticamente relacionada (ELER, 2001). Segundo o mesmo autor, o coeficiente de correlação fenotípica (r_p) é o coeficiente de correlação entre os valores fenotípicos do indivíduo para as duas características.

Como a seleção em frangos de corte ocorre para várias características simultaneamente, torna-se necessário conhecer a relação entre estas características de interesse (WANG et al., 1991).

Em suínos, as estimativas de correlações genéticas encontradas entre número de fibra e perdas de água por exsudação (EXSU) e entre número de fibra e pH em 45 minutos (pH45) *post-mortem* foram -0,05 e 0,13, respectivamente (REHFELDT et al., 2000). Os mesmos autores encontraram ainda estimativas de correlações genéticas entre diâmetro de fibra e EXSU de 0,64 e entre diâmetro de fibra e pH45 de -0,37.

Na literatura, não foram encontradas correlações genéticas entre características histológicas e de qualidade de carne em aves.

3 HIPÓTESES

- Existe variabilidade de variância genética aditiva para as características número, diâmetro e área das fibras musculares do músculo *Pectoralis major*.
- Existe relação genética e fenotípica entre os aspectos histológicos e a qualidade da carne de frangos e, também com as características de desempenho e carcaça.
- Ocorrem mudanças nos aspectos quantitativos das fibras musculares de frangos como impacto dos objetivos de seleção atuais.

4 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- estimar os parâmetros genéticos (coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas) e fenotípicos (correlações fenotípicas) das características número, diâmetro e área das fibras musculares do músculo *Pectoralis major* em uma linhagem macho de frango de corte;
- avaliar as inter-relações entre os aspectos histológicos e qualitativos da carne de frangos;
- avaliar o impacto da seleção para desempenho e carcaça na composição histológica quantitativa da carne de frangos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Origem dos dados

Foram utilizadas informações do rebanho elite (também chamado rebanho de *pedigree*) de aves pertencentes à Agroceres Ross Melhoramento de Aves S. A., no qual é realizado o processo de seleção para composição de uma linhagem macho de frangos de corte da Empresa. Foram utilizadas também informações dos irmãos completos dessas aves, os quais têm seus desempenhos de carcaça avaliados, podendo, assim, auxiliar no processo de seleção dos seus irmãos, programa este que é denominado *sib test*. Este teste tem a finalidade de auxiliar na escolha dos melhores indivíduos durante o programa de seleção do rebanho elite, o qual origina todas as aves da linhagem.

As aves foram alojadas em galpões da Granja de *Pedigree* desta Empresa e criadas com programas de vacinação e manejo nutricional semelhantes aos preconizados para frangos de corte, com a diferença de estarem em um ambiente rigidamente controlado, visando garantir a saúde e o desempenho maximizado para as aves.

Foram fornecidos pela Agroceres Ross Melhoramento de Aves S. A. 73.142 dados de peso à seleção juvenil (PS), em gramas, e de 34.949 dados de medidas de ultra-sonografia da profundidade do músculo peitoral (US), em milímetros, ambos registrados no momento da seleção juvenil aos 38 dias, ainda na granja. A característica de ultra-sonografia de músculo peitoral foi considerada como a média das medidas aferidas no sentido longitudinal e transversal. O arquivo de *pedigree* das aves também foi fornecido pela empresa, com um total de 77.474 indivíduos de quatro gerações, no qual constam todos os animais utilizados nesta pesquisa.

5.2 Coleta de dados

Ao atingirem os 44 dias de idade, cada lote de animais do *sib test*, composto por machos e fêmeas, foi sexado e alojado em caixas, sendo, então, transportados ao matadouro. As aves permaneceram em restrição hidro-alimentar por um período de pelo menos 10 horas. A coleta dos dados de peso vivo aos 44 dias, informações de carcaça e amostras para o estudo histológico dos animais foi realizada no Matadouro-Escola do Campus da USP em Pirassununga, S.P. Foram coletados dados de desempenho, carcaça e histológicos de 1.300 aves e, destas, todas foram submetidas à coleta de informações de qualidade de carne, as quais foram realizadas no referido Matadouro, no Laboratório de Carnes, no Laboratório de

Citologia e Imunohistoquímica e no Laboratório de Morfofisiologia Molecular e Desenvolvimento da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP. Os abates foram realizados quinzenalmente, conforme cronograma fornecido pela empresa. Adicionalmente, foi utilizado um banco de dados pertencente à empresa e mantido pelo Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia do Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP desde 2002, com 15.933 informações de desempenho e carcaça e 2.138 informações de qualidade de carne de aves pertencentes à mesma linhagem de seleção estudada nesta pesquisa, as quais possuem, portanto, laços de parentesco com estas aves.

Após cada abate, as carcaças foram armazenadas em câmara fria a 0°C, onde permaneceram até o dia seguinte, quando ocorreria a desossa.

As informações coletadas dos indivíduos do *sib test* são descritas a seguir.

- características de desempenho e carcaça

- peso ao abate (PA), registrado no abatedouro, antecedendo o abate, em gramas;
- peso do peito (PPEI), desossado e sem pele, registrado após refrigeração da carcaça, em gramas.

- características de qualidade de carne

As análises das características de qualidade de carne foram realizadas de acordo com Gaya (2006).

- pH

A aferição de pH foi realizada no músculo *Pectoralis major* em sua porção crânio-ventral, utilizando-se um peagâmetro digital (modelo TCO – 01, marca Onda Científica). O pH foi aferido de 15 a 30 minutos após o abate (pH inicial), e em 24 horas após a medida do pH inicial (pH final). Após a aferição do pH inicial, as carcaças foram submetidas a um resfriamento por imersão em água com gelo a 10°C e armazenadas em câmara fria a 0°C. Após a mensuração do pH inicial as carcaças ficaram na câmara fria até o dia seguinte, no momento da desossa, quando então será aferido o pH final. A temperatura da carne foi aferida concomitantemente às mensurações de pH.

- cor

A cor foi avaliada pelo Sistema CIELab, com determinação dos parâmetros L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo). A determinação da cor foi realizada com o auxílio de um colorímetro portátil (modelo MiniScan XE, marca HunterLab), 24 horas após o abate, também no músculo *Pectoralis major* em sua superfície ventral, tomando-se três pontos de leitura por amostra e registrando-se a média como valor determinado.

- perdas de água por exsudação (EXSU)

Em 24 horas após o abate, uma amostra do músculo *Pectoralis major* foi pesada, sendo a seguir apoiada em uma malha e envolta e suspensa por um saco plástico repleto de ar. As amostras foram submetidas à refrigeração (0°C) e após 24 horas foram pesadas novamente. A diferença em porcentagem entre o peso inicial e o final correspondeu à perda de água por exsudação.

- perdas de água por descongelamento (CONG)

Em 24 horas após o abate, amostras do músculo *Pectoralis major* foram acondicionadas em saco plástico e armazenadas em freezer a -18°C. As amostras foram descongeladas em refrigerador a 4°C e então pesadas. A diferença em porcentagem entre o peso inicial e o final correspondeu à perda de água por descongelamento.

- perdas de água por cozimento (COZ)

As mesmas amostras destinadas às perdas por descongelamento após descongeladas e pesadas foram assadas em forno elétrico até que atingissem a temperatura interna em torno de 72°C. As amostras foram então resfriadas em temperatura ambiente e pesadas novamente. A diferença em porcentagem entre o peso inicial e o final correspondeu à perda de água por cozimento.

- força de cisalhamento (FC)

As mesmas amostras utilizadas para determinação de perdas de água ao cozimento, depois de assadas e resfriadas em temperatura ambiente, foram utilizadas para a análise de força de cisalhamento. Destas amostras, foram retirados quatro paralelepípedos de 2 x 2 x 1 cm, que foram cisalhados com uma lâmina tipo Warner Bratzler. A média das medidas dos quatro paralelepípedos foi tomada como o valor da força de cisalhamento da amostra, e foi

dado em kg. As amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular com relação à lâmina.

- características histológicas

- Fixação

A cada abate, concomitantemente às aferições de pH e temperatura iniciais foram retiradas pequenas amostras do músculo *Pectoralis major*. Em seguida, os fragmentos coletados foram colocados em tubos identificados e imediatamente fixados em solução de formalina tamponada a 10% por um período de 48 horas e armazenados a 4°C. As amostras foram cortadas em fragmentos pequenos para facilitar a penetração do fixador, e por conseguinte, garantir uma boa preservação das estruturas.

- Inclusão

Posteriormente à fixação, os fragmentos (no interior de cassetes histológicos identificados) foram desidratados em uma série crescente de álcoois, tratados com xilol (álcool 70%, álcool 95%, álcool 100% e xilol) e incluídos em parafina previamente derretida em estufa a 58-60°C. Depois de duas horas, retirados da estufa e do interior dos cassetes histológicos, os fragmentos foram colocados em “caixinhas de papéis” e cobertos por parafina. Transformados em blocos de parafina rígidos, foram retirados os “papéis” e os blocos levados para a geladeira até o momento da realização dos cortes.

Os cortes dos tecidos com espessura de 5 µm foram realizados com auxílio de um micrótomo, marca LEICA modelo RM 2055. Após seccionados, os cortes foram colocados sobre uma superfície de água aquecida, “pescados” por lâminas lapidadas de extremidade fosca (aderidos). As lâminas depois de secas foram levadas à estufa por duas horas para eliminar o excesso de parafina.

- Coloração

A etapa seguinte consistiu na desparafinação e hidratação das lâminas, feita com xilol, série de álcoois e água, seguida pela coloração das mesmas pelo Método Hematoxilina-Eosina (HE) que são, respectivamente, corantes básicos e ácidos. A Hematoxilina cora em azul ou

violeta o núcleo das células. A Eosina, por outro lado, cora o citoplasma e o colágeno em cor-de-rosa. Posteriormente, as lâminas foram novamente desidratadas e montadas.

A seqüência do processo histológico descrito acima é apresentada na Figura 3.

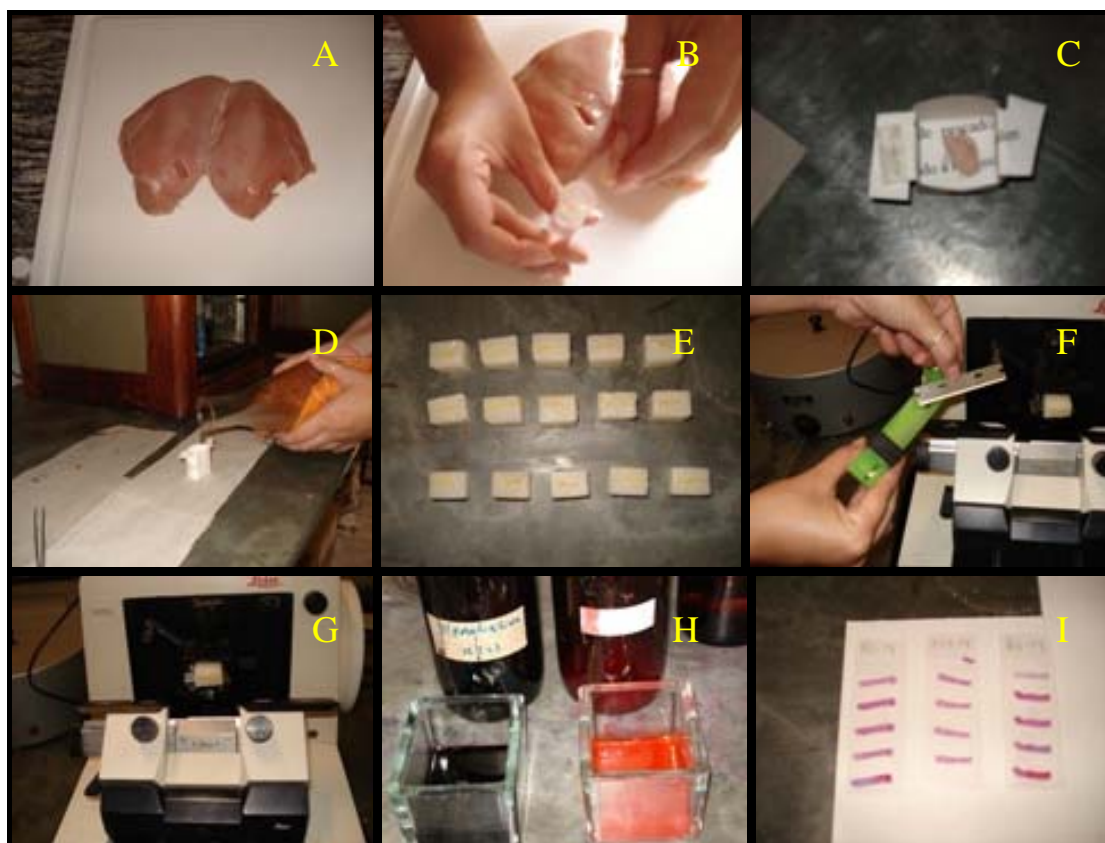


Figura 3 - Retirada da amostra do músculo *Pectoralis major* (A); fragmento colocado em tubo identificado em formalina (B); fragmento colocado em “caixa de papéis” (C); fragmento coberto por parafina (D); Blocos de parafina rígidos (E); navalha de aço usada para o corte (F); micrótomo (G); coloração em HE (H); lâminas histológicas.

A seguir, 1.300 lâminas foram fotografadas ao microscópio Axioplan (marca Carl Zeiss) acoplado ao sistema de digitação de imagem, onde os campos das lâminas foram digitalizados através da câmera digital Axiocam, e as imagens foram avaliadas através do programa Axiovision 4.6 (Figuras 4 e 5).



Figura 4 - Microscópio Axioplan

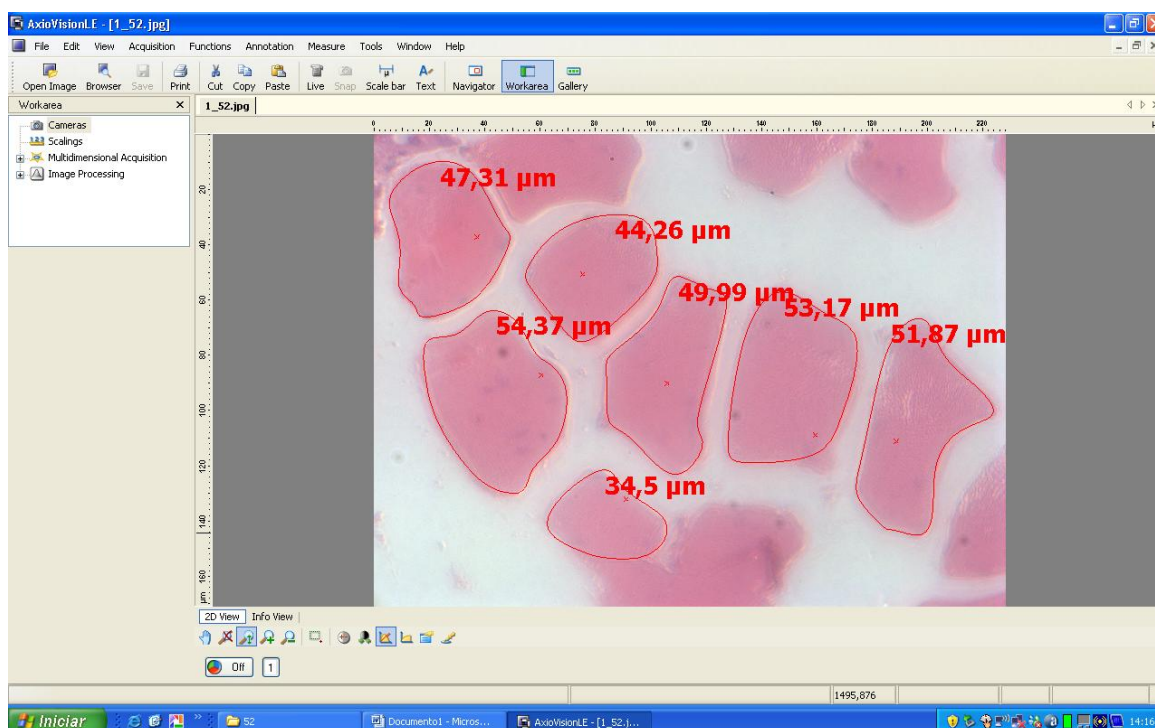


Figura 5 - Tela do *software* Axionvision 4.6

Para cada animal foi confeccionada uma lâmina e de cada lâmina foram digitalizadas seis imagens (campos) na lente objetiva de 40x, totalizando 7.800 leituras histológicas de área (AREA), diâmetro (DIAM) e número das fibras musculares (NCel) (Figura 6). As unidades das características área e diâmetro foram dadas em μm^2 e μm , respectivamente. Após a determinação do número, diâmetro e área das fibras dos seis campos de cada lâmina, foram estabelecidos o número, diâmetro e área média das fibras do músculo de cada ave. Estes procedimentos foram realizados no Laboratório de Citologia e Imunohistoquímica e no Laboratório de Morfofisiologia Molecular e Desenvolvimento, ambos do Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos USP, em Pirassununga, S.P.

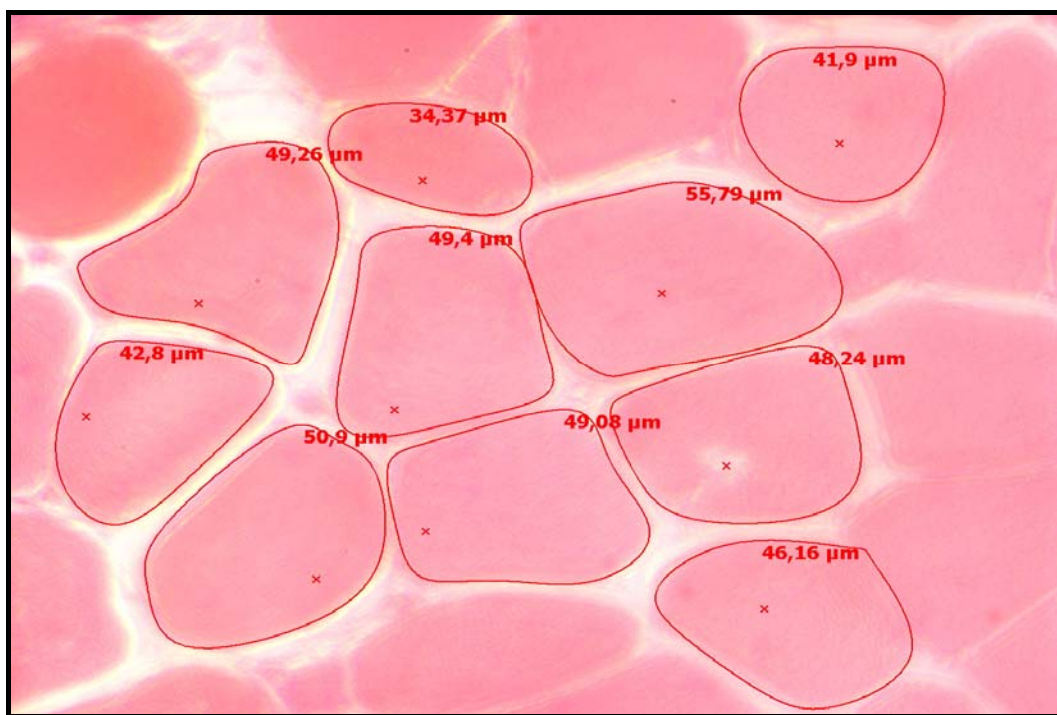


Figura 6 - Leituras histológicas de diâmetro e número de fibras musculares

5.3 Controle de *pedigree* e automatização do sistema

Para o controle do *pedigree* desses indivíduos, ao seu nascimento, há a colocação de uma anilha (fixada na asa) com um número e um código de barras correspondente. Esse número identifica a ave com relação à linhagem, grupo de acasalamento dos pais, pai, mãe e indivíduo em questão, ou seja, através da anilha têm-se todas as informações necessárias para a identificação da ave e seu *pedigree*.

A identificação de cada ave, no momento da coleta de cada dado, foi automatizada, o que permite a formação de um conjunto de dados com informações completas e praticamente isento de erros. As informações correspondentes ao peso vivo e peso de peito foram coletadas através de terminais portáteis com leitores de códigos de barra e balanças pertencentes à Agroceres Ross Melhoramento de Aves S. A. Os dados foram eletronicamente transferidos aos terminais e, após cada atividade, esses dados foram descarregados dos terminais diretamente para o computador, por meio de *softwares* específicos.

Um programa computacional capaz de registrar as informações de qualidade de carne das aves (pH, temperatura e cor) foi desenvolvido e denominado *Broilerquality*. Para sua operação foram utilizados equipamentos que permitiram o registro automático das informações (MATTOS et al., 2006).

5.4 Metodologia de análise

O banco de dados foi montado com informações de desempenho, carcaça, qualidade de carne e histológicas das aves e a este banco foram incorporadas informações relativas à genealogia das aves e seus dados associados ao sistema de criação na granja. Os dados foram processados no Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia do Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, em Pirassununga, S.P.

Para manipulação dos dados foi utilizado o programa *Visual Fox Pro*, versão 6.0 (VIDAL, 1994). A conferência dos dados é uma etapa importante de qualquer análise genética. Segundo Trovo e Razook (1995) é fundamental a confiabilidade dos registros com a correta identificação dos animais.

Com o intuito de aumentar a confiabilidade das análises genéticas, puderam ser identificados os *outliers* para cada característica através do uso do *BOX PLOT* utilizando-se o *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004). Este procedimento consiste na retirada dos dados considerados acima do limite superior e inferior pressupostos, conforme descrito por Bussab e Morettin (1987).

O número de observações, médias, desvios-padrão, coeficientes de variação, valores mínimo e máximo das características estudadas foram calculados através do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), por intermédio do procedimento PROC MEANS.

Foram realizadas análises genéticas uni e bi-características para todas as características. As estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidos pelo método de Máxima Verossimilhança Restrita (REML), utilizando-se do programa MTDFREML (*Multiple trait derivative-free restricted maximum likelihood*), desenvolvido por Boldman et al. (1995), o qual faz uso da inversa da matriz de parentesco e do modelo animal, e considerada todas as informações genealógicas disponíveis.

5.4.1 Modelos

O modelo matemático genérico utilizado nas análises uni-características foi:

$$y = Xb + Zu + e$$

em que:

y = vetor das variáveis dependentes (observações);

X = matriz de incidência dos efeitos fixos, associando elementos de b a y ;

b = vetor dos efeitos fixos;

Z = matriz de incidência dos efeitos aleatórios, associando elementos de u a y ;

u = vetor dos efeitos aleatórios de valor genético;

e = vetor de efeitos do resíduo, NID $(0, \sigma^2)$ para cada variável dependente.

O modelo genérico utilizado para as análises bi-características foi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:

y_1 = vetor dos registros de medidas da característica 1;

y_2 = vetor dos registros de medidas da característica 2;

b_1 = vetor de efeitos fixos para a característica 1;

b_2 = vetor de efeitos fixos para a característica 2;

u_1 = vetor de efeitos aleatórios de valor genético para a característica 1;

u_2 = vetor de efeitos aleatórios de valor genético para a característica 2;

$X_1(X_2)$ = matriz de incidência associando elementos de $b_1(b_2)$ a $y_1(y_2)$;

$Z_1(Z_2)$ = matriz de incidência associando elementos de $u_1(u_2)$ a $y_1(y_2)$;

$e_1(e_2)$ = vetor de efeitos do resíduo, NID $(0, \sigma^2)$ para cada variável dependente.

A importância do estudo dos efeitos fixos e das covariáveis foi determinada pelo procedimento PROC GLM do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004). Para tanto, assumiu-se um nível de significância estatística de 5%. Como aleatório foi considerado o efeito genético aditivo direto (vetor u) para todas as características analisadas.

Foram considerados como efeitos fixos (vetor b) a semana de nascimento e o grupo de acasalamento dos pais das aves, sendo os mesmos para todas as características analisadas.

Para as análises bi-características foram utilizados os componentes de variância iniciais obtidos nas análises uni-característica, e os componentes de covariância foram calculados supondo uma correlação de 0,50 entre as características a serem analisadas.

O critério de convergência assumido foi quando a variância da simplex alcançou 10^{-9} e isto ocorre quando a variação do valor do \log da função do ciclo anterior e do presente for menor que 10^{-9} . Foram realizadas várias reinicializações com os parâmetros estimados na rodada anterior até que não houvesse a variação na última casa decimal do $\log -2\Lambda$ por duas reinicializações consecutivas, e evitando desta forma que a convergência fosse estimada em máximos locais e não no máximo global.

As estimativas de correlações fenotípicas entre as características foram calculadas utilizando-se os componentes de (co) variância fenotípica obtidos pelo método de máxima verossimilhança restrita.

5.4.2 Efeitos fixos e covariáveis testadas

Foram testados como efeitos fixos para a montagem dos grupos de contemporâneos das características estudadas semana de nascimento, grupo de acasalamentos dos pais, tipo de ração fornecida, estação do ano ao abate e sexo.

Os efeitos lineares e quadráticos das covariáveis testados foram idade à seleção, idade ao abate, temperatura da carne, peso inicial de exsudação, peso inicial de congelamento, peso final de congelamento e peso final de cozimento.

- Semana de Nascimento (SN)

As SN (Semanas de Nascimento) foram distribuídas em 61 classes e testadas para todas as características. Cada SN apresenta as mesmas condições de criação e data de abate, representando as condições ambientais a que estas aves foram submetidas até o abate.

- Grupo de acasalamentos dos pais (MG)

Os grupos de acasalamentos dos pais foram distribuídos em 40 classes e testados para todas as características. Esses grupos correspondiam aos lotes dos quais os pais dos indivíduos foram originados, representando as condições ambientais a que estes lotes de pais foram submetidos.

- Sexo

Foi criado um campo denominado “sexo” e dividido em duas classes: machos e fêmeas. O sexo foi testado para todas as características.

- Tipo de ração fornecida

Criou-se um campo denominado “tipo de ração” para teste como efeito fixo, pois as informações de desempenho e carcaça coletadas nesta pesquisa, eram de aves que consumiram ração farelada. Já as informações coletadas anteriormente a esta pesquisa, eram de aves que consumiam ração peletizada. O tipo de ração foi testado para todas as características e dividido em duas classes.

- Estação do ano ao abate

Criou-se o campo “estação do ano ao abate” para teste como efeito fixo e dividido em quatro classes (primavera, verão, outono e inverno), pretendendo assim isolar os efeitos de estresse das aves provenientes da temperatura ambiente. A estação do ano ao abate foi testada para todas as características.

- Idade à seleção

Foi criado um campo denominado “idade à seleção” e dividido em duas classes, devido alguns animais do banco de dados terem a seleção juvenil realizada aos 38 dias de idade da ave, e outros entre 27 e 30 dias. A idade à seleção foi testada para as características de desempenho, carcaça e histológicas.

- Idade ao abate

Criou-se um campo denominado “idade ao abate” para seu teste como covariável e dividido em duas classes, pois as informações de desempenho e carcaça coletadas nesta pesquisa eram de aves de 44 dias de idade. Já as informações coletadas anteriormente a esta pesquisa, eram de aves com 42 dias de idade. A idade ao abate foi testada para as características de desempenho e carcaça.

- Temperatura da carne

A temperatura da carne foi medida concomitantemente às medidas iniciais e finais de pH, tendo sido testada para as medidas de pH, parâmetros de cor e as perdas de água por exsudação, descongelamento e cozimento (no caso da temperatura final). As estatísticas descritivas desta variável foi realizada por intermédio do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das medidas de temperatura testadas como covariável

Medida de temperatura	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
Inicial (°C)	1.665	30,67	2,68	8,73	22,00	38,20
Final (°C)	3.438	13,51	2,02	14,98	8,00	19,30

- peso inicial de exsudação

O peso inicial de exsudação foi testado apenas para as perdas por exsudação, devido à diferença entre o tamanho inicial das amostras levadas à determinação destas perdas. A estatística descritiva desta variável foi calculada por intermédio do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso inicial de exsudação, testado como covariável

	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
Peso inicial de exsudação (g)	1.474	94,70	20,04	21,16	32,20	140,80

- peso inicial de congelamento

O peso inicial de congelamento foi testado apenas para as perdas por descongelamento, devido à diferença entre o tamanho inicial das amostras levadas à determinação destas perdas. A estatística descritiva desta variável foi calculada por intermédio do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso inicial de congelamento, testado como covariável

	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
Peso inicial de congelamento (g)	3.442	179,64	43,67	24,31	74,80	294,20

- peso final de congelamento

O peso final de congelamento foi testado apenas para as perdas por cozimento, devido à diferença entre o tamanho inicial das amostras levadas à determinação destas perdas. A estatística descritiva desta variável foi calculada por intermédio do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), segundo a Tabela 4.

Tabela 4 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso final de congelamento, testado como covariável

	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
Peso final de congelamento (g)	3.441	170,05	33,86	19,91	69,00	282,80

- peso final de cozimento

O peso final de cozimento foi testado apenas para força de cisalhamento devido à diferença entre o tamanho inicial das amostras levadas à determinação da força de cisalhamento. A estatística descritiva desta variável foi realizada por intermédio do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso final de cozimento, testado como covariável

	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
Peso final de cozimento (g)	3.433	139,55	32,60	23,36	48,40	260,80

- peso de peito

O peso de peito foi testado apenas para as características histológicas, uma vez que essa variável poderia exercer alguma influência no desenvolvimento das fibras musculares. A estatística descritiva desta variável foi calculada por intermédio do *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2004), segundo a Tabela 6.

Tabela 6 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso de peito, testado como covariável

	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
Peso de peito (g)	17.229	523,80	96,60	18,44	240,00	902,00

5.4.3 Formação dos grupos de contemporâneos

Depois de identificados os efeitos fixos significativos (5%) para as características estudadas, foi realizada a montagem dos grupos de contemporâneos e das covariáveis para cada uma das características.

Com o intuito de agrupar as aves que foram submetidas às condições de desenvolvimento semelhantes, foi formado neste estudo apenas um grupo de contemporâneo (GC) para todas as características analisadas, o qual foi formado por semana de nascimento (SN) e grupo de acasalamento dos pais (MG).

A correta definição dos grupos de contemporâneos é um dos aspectos mais importantes de qualquer programa de melhoramento (SIQUEIRA et al., 2003).

As covariáveis significativas (5%) testadas de modo linear e quadrático para as características em estudo, são mostradas na Tabela 7.

Tabela 7 - Covariáveis significativas (5%) para as características estudadas

Característica ¹	Covariável (eis) de efeito linear significativo	Covariável (eis) de efeito linear e quadrático significativo
PS (g)	-	-
PA (g)	-	-
US (mm)	-	-
PPEI (g)	-	-
pH _i	Temperatura inicial	-
pH _f	-	-
L*	-	-
a*	-	Temperatura final
b*	-	-
EXSU (%)	-	Temperatura final
CONG (%)	Temperatura final	Peso inicial de congelamento
COZ (%)	Temperatura final e Peso final de congelamento	-
FC (Kg)	Peso final de cozimento	-
DIAM (µm)	Peso de peito	-
ÁREA (µm ²)	Peso de peito	-
NCel (n)	Peso de peito	-

¹PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento; DIAM = diâmetro de fibras musculares; AREA = área de fibras musculares; N Cel = número de fibras musculares.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Descrição estatística dos dados

A estatística descritiva das características avaliadas após a manipulação do banco de dados é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Número de observações (N), média (μ), desvio-padrão (σ), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das características analisadas

Característica ¹	N	μ	σ	CV (%)	MIN	MAX
PA (g)	17.233	2.690,23	405,64	15,08	1.218,00	4.085,00
US (mm)	4.949	26,23	3,51	13,36	14,00	44,50
PPEI (g)	17.229	523,80	96,60	18,44	240,00	902,00
PS (g)	73.142	1.878,7	458,34	24,40	530,00	3.310,00
pH _i	1.682	6,16	0,23	3,73	5,54	6,90
pH _f	3.45	5,94	0,30	5,11	5,07	6,98
L*	3.390	55,60	3,22	5,78	44,08	67,48
a*	3.390	5,57	1,23	22,15	2,20	10,73
b*	3.386	13,85	2,12	15,28	5,01	20,16
EXSU (%)	3.310	2,07	0,58	27,97	0,30	4,00
CONG (%)	3.409	5,43	3,18	58,46	0,21	18,74
COZ (%)	3.401	18,60	5,35	28,78	6,01	34,70
FC (kg)	3.438	1,36	0,50	36,36	0,30	3,80
DIAM(μ m)	1.295	47,23	7,96	16,85	30,06	74,56
AREA (μ m ²)	1.295	1.837,93	549,89	29,92	727,25	4.155,44
NCel (n)	1.295	8,97	3,14	34,97	2,00	20,33

¹PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PS = peso à seleção; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final, L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento; DIAM = diâmetro de fibras musculares; AREA = área de fibras musculares; NCel = número de fibras musculares.

6.2 Análises genéticas

Para fins de análise da estrutura da família que originou os dados, calculou-se o número de pais e de mães e o número de semana de nascimento e número de grupo acasalamento dos pais dos animais dos quais foi coletada cada característica, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Número de pais e de mães e números de lotes dos animais dos quais foram coletadas as características analisadas

Característica¹	Número de pais	Número de mães	Número de SN	Número de MG
PS	624	5.062	68	43
PA	542	3.808	55	39
US	610	4.399	60	42
PPEI	542	3.808	55	39
pH_i	142	780	18	12
pH_f	146	985	21	14
L*	141	975	16	10
a*	141	975	16	10
b*	141	974	16	10
EXSU	141	978	16	10
CONG	141	978	16	10
COZ	141	980	16	10
FC	141	980	16	10
DIAM	58	412	8	4
AREA	58	412	8	4
NCel	58	412	8	4

¹PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC= força de cisalhamento; DIAM = diâmetro de fibras musculares; AREA = área de fibras musculares; NCel = número de fibras musculares.

6.2.1 Componentes de (co) variância obtidos em análises bi-características

Os componentes de (co)variância resultantes das análises bi-características realizadas pelo programa MTDFREML referentes às (co)variâncias genéticas, residuais e fenotípicas das características estudadas são apresentadas nas Tabelas 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, respectivamente.

Tabela 10 - Estimativas de componentes de (co)variância para características de número de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Número de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
PS	1,16	-41,89	2.2046,96	3,92	-15,35	2.2971,08	5,08	-57,24	45.018,04
PA	1,12	-12,16	9485,40	3,92	-22,19	38.254,92	5,04	-34,35	47.740,32
US	1,12	-0,24	1,53	3,92	2,85	2,13	5,04	2,61	3,66
PPEI	1,25	-15,46	1.354,69	4,04	-14,08	2.082,23	5,29	-29,55	3.436,92

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito.

Tabela 11 - Estimativas de componentes de (co)variância para características de diâmetro de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Diâmetro de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
PS	7,17	168,53	22.057,74	38,70	-37,13	22.965,50	45,88	131,40	45.023,24
PA	6,01	-11,18	9.505,25	39,39	73,38	38.242,14	45,40	62,20	47.747,38
US	5,76	0,57	1,53	39,56	6,13	2,13	45,35	7,97	3,66
PPEI	6,25	41,60	1.354,18	39,54	0,74	2.082,67	45,79	42,34	3.436,85

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito.

Tabela 12 - Estimativas de componentes de (co) variância para características de área de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Área de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
PS	31.745,88	10.404,50	22.056,09	150.594,41	409,36	22.966,25	45.023,19	10.813,86	182.340,29
PA	27.214,04	-1.037,32	9.502,78	152.781,50	5.161,90	38.240,41	47.743,20	4.124,58	179.995,54
US	26.561,42	36,18	1,53	153.329,50	222,25	2,13	3,66	291,20	179.919,96
PPEI	30.378,99	3.055,51	1.354,15	153.549,50	813,63	2.082,47	183.928,50	3.869,14	3.436,62

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito.

Tabela 13 - Estimativas de componentes de (co) variância para características de número de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Número de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
pH_i	1,09	0,0008	0,0008	3,94	0,0022	0,02	5,03	0,003	0,02
pH_f	1,08	0,0001	0,0009	3,94	0,0022	0,02	5,03	0,0031	0,02
L*	1,12	0,31	2,58	3,92	0,02	5,26	5,04	0,33	7,84
a*	1,11	-0,15	0,22	3,93	-0,01	0,83	5,04	-0,16	1,05
b*	1,09	-0,08	0,62	3,95	-0,23	2,78	5,04	-0,31	3,40
EXSU	1,10	-0,09	0,05	3,94	0,02	0,26	5,03	-0,08	0,31
CONG	1,11	-0,38	1,62	3,93	-0,02	5,19	5,04	-0,40	6,81
COZ	0,99	-0,43	1,02	4,01	0,45	7,14	5,01	0,01	8,15
FC	1,07	-0,07	0,02	3,95	0,04	0,10	5,02	-0,03	0,12

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento.

Tabela 14 - Estimativas de componentes de (co)variância para características diâmetro de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Diâmetro de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
pH_i	5,86	-0,02	0,0007	39,52	-0,04	0,02	45,37	-0,06	0,02
pH_f	5,85	-0,02	0,0009	39,54	-0,04	0,02	45,38	-0,06	0,02
L*	5,77	-0,43	2,58	39,42	0,66	5,26	45,40	0,23	7,84
a*	6,07	0,47	0,22	39,36	-0,39	0,83	45,43	0,08	1,05
b*	5,96	0,05	0,63	39,74	1,40	2,77	45,70	1,45	3,40
EXSU	6,10	0,37	0,05	39,35	-0,25	0,26	45,44	0,11	0,31
CONG	7,04	2,80	1,59	38,88	-2,02	5,21	5,03	0,0031	0,02
COZ	4,98	1,60	0,99	40,26	-1,10	7,15	45,23	0,50	8,15
FC	5,99	0,29	0,02	39,33	-0,31	0,10	45,31	-0,02	0,12

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento.

Tabela 15 - Estimativas de componentes de (co) variância para características de área de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Área de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
pH_i	26.425,98	-1,17	0,0007	153.430,64	-1,33	0,02	179.856,65	-2,50	0,02
pH_f	26.422,95	-1,27	0,0009	153.303,97	-1,02	0,02	179.877,35	-2,29	0,02
L*	27.692,79	-44,11	2,60	152.504,48	31,78	5,25	180.197,26	-12,33	7,84
a*	27.897,62	26,08	0,22	152.372,97	-15,40	0,83	180.270,59	10,69	1,05
b*	27.101,62	-5,45	0,63	154.455,35	105,12	2,77	181.556,97	99,67	3,40
EXSU	27.226,06	19,4547	0,05	152.954,64	-21,68	0,26	180.180,70	-2,22	0,31
CONG	28.937,97	139,96	1,59	152.160,06	-119,15	5,21	181.098,03	20,81	6,80
COZ	22.209,00	116,50	0,96	156.966,91	-124,01	7,18	179.175,91	-7,51	8,14
FC	26.515,61	17,29	0,02	153.010,91	-20,31	0,10	179.526,52	-3,02	0,12

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento.

Tabela 16 - Estimativas de componentes de (co) variância para características histológicas, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Número de fibras musculares)								
	$\hat{\sigma}_{a_1}^2$	$\hat{\sigma}_{a_1a_2}$	$\hat{\sigma}_{a_2}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1}^2$	$\hat{\sigma}_{e_1e_2}$	$\hat{\sigma}_{e_2}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1}^2$	$\hat{\sigma}_{p_1p_2}$	$\hat{\sigma}_{p_2}^2$
DIAM	1,05	-1,92	5,83	3,97	-5,31	39,56	5,02	-7,22	45,39
AREA	1,04	-149,40	28.226,37	3,98	-421,99	152.197,43	5,02	-571,40	180.423,80

$\hat{\sigma}_{a_1}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 1; $\hat{\sigma}_{a_2}^2$ = variância genética aditiva direta para característica 2; $\hat{\sigma}_{a_1a_2}$ = covariância genética aditiva direta entre característica 1 e característica 2; $\hat{\sigma}_{e_1}^2$ = variância residual para característica 1; $\hat{\sigma}_{e_2}^2$ = variância residual para característica 2 e $\hat{\sigma}_{e_1e_2}$ = covariância residual entre característica 1 característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1}^2$ = variância fenotípica para característica 1; $\hat{\sigma}_{p_2}^2$ = variância fenotípica para característica 2; $\hat{\sigma}_{p_1p_2}$ = covariância fenotípica entre característica 1 e característica 2; DIAM = diâmetro de fibras musculares; AREA = área de fibras musculares.

6.2.2 Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos obtidas em análises bi-características

As estimativas de parâmetros genéticos (correlações genéticas e herdabilidades) e fenotípicos das características analisadas, obtidas em análises bi-características pelo programa MTDFREML, são apresentadas nas Tabelas 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23.

Tabela 17 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características número de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Número de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
PS	0,23	-0,26	0,49	-0,12	0,77	-0,05	0,51
PA	0,22	-0,12	0,20	-0,07	0,78	-0,06	0,80
US	0,22	-0,18	0,42	0,61	0,78	0,99	0,58
PPEI	0,24	-0,38	0,39	-0,22	0,76	-0,15	0,61

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito.

Tabela 18 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características diâmetro de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Diâmetro de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
PS	0,16	0,42	0,49	0,09	0,84	-0,04	0,51
PA	0,13	-0,05	0,20	0,04	0,87	0,06	0,80
US	0,13	0,19	0,42	0,62	0,87	0,67	0,58
PPEI	0,14	0,45	0,39	0,11	0,86	0,00	0,61

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito.

Tabela 19 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características área de fibra muscular, desempenho e carcaça, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Área de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
PS	0,17	0,39	0,49	0,12	0,83	0,01	0,51
PA	0,15	-0,06	0,20	0,04	0,85	0,07	0,80
US	0,15	0,18	0,42	0,36	0,85	0,39	0,58
PPEI	0,17	0,48	0,39	0,15	0,83	0,05	0,61

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; PS = peso à seleção; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito.

Tabela 20 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características número de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Número de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
pH_i	0,22	0,03	0,04	0,01	0,78	0,01	0,96
pH_f	0,22	0,03	0,04	0,01	0,78	0,01	0,96
L*	0,22	0,18	0,33	0,05	0,78	0,00	0,67
a*	0,22	-0,29	0,21	-0,07	0,78	-0,01	0,79
b*	0,22	-0,10	0,18	-0,07	0,78	-0,07	0,82
EXSU	0,22	-0,40	0,15	-0,06	0,78	0,02	0,85
CONG	0,22	-0,28	0,24	-0,07	0,78	0,00	0,76
COZ	0,20	-0,43	0,12	0,003	0,80	0,08	0,88
FC	0,21	-0,48	0,19	-0,04	0,79	0,07	0,81

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento.

Tabela 21 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características diâmetro de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Diâmetro de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
pH_i	0,13	-0,31	0,03	-0,06	0,87	-0,04	0,97
pH_f	0,13	-0,28	0,04	-0,05	0,87	-0,04	0,96
L*	0,13	-0,11	0,33	0,01	0,87	0,05	0,67
a*	0,13	0,40	0,21	0,01	0,87	-0,07	0,79
b*	0,13	0,03	0,18	0,12	0,87	0,13	0,82
EXSU	0,13	0,69	0,15	0,03	0,87	-0,08	0,85
CONG	0,15	0,84	0,23	0,04	0,85	-0,14	0,77
COZ	0,11	0,72	0,12	0,03	0,89	-0,06	0,88
FC	0,13	0,80	0,19	-0,008	0,87	-0,16	0,81

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento.

Tabela 22 - Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípico para características área de fibra muscular e qualidade de carne, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1 (Área de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
pH_i	0,15	-0,27	0,03	-0,002	0,85	-0,02	0,97
pH_f	0,15	-0,26	0,04	0,04	0,85	-0,02	0,96
L*	0,15	-0,16	0,33	-0,01	0,85	0,04	0,67
a*	0,15	0,33	0,21	0,02	0,85	-0,04	0,79
b*	0,15	-0,04	0,19	0,13	0,85	0,16	0,81
EXSU	0,15	0,55	0,15	0,009	0,85	-0,11	0,85
CONG	0,16	0,65	0,23	0,02	0,84	-0,13	0,77
COZ	0,12	0,80	0,12	0,006	0,88	-0,12	0,88
FC	0,15	0,71	0,19	-0,02	0,85	-0,17	0,81

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; pH_i = pH inicial; pH_f = pH final; L* = luminosidade; a* = teor de vermelho; b* = teor de amarelo; EXSU = perdas por exsudação; CONG = perdas por descongelamento; COZ = perdas por cozimento; FC = força de cisalhamento.

Tabela 23 - Estimativas de parâmetros genéticos fenotípicos para características histológicas, obtidas por meio de análises bi-características

Característica 2	Característica 1(Número de fibras musculares)						
	$\hat{h}_{a_1}^2$	$\hat{r}_{a_1a_2}$	$\hat{h}_{a_2}^2$	$\hat{r}_{p_1p_2}$	\hat{e}_1^2	\hat{e}_{12}	\hat{e}_2^2
DIAM	0,21	-0,77	0,13	-0,48	0,79	-0,42	0,87
AREA	0,21	-0,87	0,16	-0,60	0,79	-0,54	0,84

$\hat{h}_{a_1}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 1; $\hat{h}_{a_2}^2$ = coeficiente de herdabilidade para característica 2; $\hat{r}_{a_1a_2}$ = correlação genética entre característica 1 e característica 2; $\hat{r}_{p_1p_2}$ = correlação fenotípica entre característica 1 e característica 2; \hat{e}_1^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 1; \hat{e}_2^2 = proporção do componente de variância residual no componente de variância fenotípica para característica 2 e \hat{e}_{12} = correlações entre as proporções das variâncias residuais nas variâncias fenotípicas entre característica 1 e característica 2; DIAM = diâmetro de fibras musculares; AREA = área de fibras musculares.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade das características de desempenho foram moderadas a altas (0,20 a 0,49). A estimativa do coeficiente de herdabilidade de PS foi alta (0,49), semelhante às descritas por Gaya (2003) de 0,40. O coeficiente de herdabilidade de PA estimado foi baixo (0,20), semelhante ao apresentado por Gaya (2003), cujo valor foi de 0,24. A estimativa do coeficiente de herdabilidade encontrada para US foi alta (0,42), diferente à descrita por Gaya (2003) e Argentão et al. (2002). Todavia, os coeficientes de herdabilidade estimados para PS, PA e US indicam que estas são características capazes de responder à seleção.

A estimativa do coeficiente de herdabilidade da característica de carcaça analisada foi moderada. O coeficiente de herdabilidade estimado para PPEI (0,39), apresentou-se superior ao encontrado por Gaya (2003), e inferior ao encontrado por Argentão et al. (2002).

Os coeficientes de herdabilidade das características de qualidade estimadas variaram também entre baixas e moderadas. A estimativa do coeficiente de herdabilidade obtida para pH_i foi baixa (0,04), semelhante à encontrada por Gaya (2006), que foi de 0,03 e menor do que às descritas por Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos que foi de 0,49. Já estimativa do coeficiente de herdabilidade de pH_f obtida (0,04) apresentou-se inferior às estimativas por Le Bihan-Duval et al. (2001) e Gaya (2006) que foram de 0,35 e 0,37, respectivamente. As estimativas das medidas de pH_i e pH_f indicaram a existência de um pequeno efeito genético aditivo na expressão destas características.

A estimativa do coeficiente de herdabilidade obtida para o parâmetro de cor L^* foi moderada (0,33), semelhante ao descrito por Gaya (2006) em frangos, cujo valor foi de 0,30, e intermediário aos valores obtidos por Le Bihan-Duval et al. (2003), em perus, e Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos, os quais relataram estimativas de 0,12 e 0,50, respectivamente. Já a estimativa do parâmetro de cor a^* (0,21) foi igual à apresentada por Le Bihan-Duval et al. (2003) em perus. O coeficiente de herdabilidade estimado obtido para o parâmetro de cor b^* (0,18) foi semelhante aos descritos por Le Bihan-Duval et al. (2003) e por Gaya (2006), que reportaram valores de 0,14 e 0,16, respectivamente. As estimativas dos parâmetros L^* e a^* foram indicativas da existência de efeito genético aditivo na expressão destas características. Portanto, a herdabilidade estimada para o parâmetro de cor L^* indica que esta característica é capaz de responder à seleção, uma vez que segundo Campos e Pereira (1999), as características com estimativas de coeficientes de herdabilidade moderadas a altas possuem esta particularidade.

A estimativa do coeficiente de herdabilidade obtida para EXSU (0,18) foi semelhante à descrita por Gaya (2006) que foi de 0,12, e menor do que encontrada por Le Bihan-Duval et

al. (2001), cujo valor foi de 0,39. Para CONG, COZ e FC, os coeficientes de herdabilidade estimados foram baixos a moderados (0,24, 0,13 e 0,19), mas semelhantes às descritas por Gaya (2006), indicando que, o progresso genético para estas características poderá ser alcançado se a seleção for com base no mérito genético aditivo.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade das características histológicas oscilaram entre baixas e moderadas. O coeficiente de herdabilidade estimado para o número de fibras musculares foi moderada (0,22), que condiz com os resultados obtidos por Locniskar et al. (1980) em frangos no músculo *Pectoralis superficialis*, cujos valores foram de 0,12 a 0,49. A estimativa do coeficiente de herdabilidade para o diâmetro de fibras musculares foi baixo (0,13), e mostrou-se dentro dos valores mencionados por Locniskar et al. (1980) em frangos no músculo *Pectoralis superficialis*, que foram de 0,00 a 0,26. Os diferentes valores obtidos entre as estimativas neste estudo e as citadas na literatura podem ser atribuídos pelas diferenças dos números de animais e linhagens utilizados, o que deve ter resultado em alta ou baixa variabilidade genética entre as linhagens ou espécies, aumentando ou diminuindo o coeficiente de herdabilidade.

A estimativa de correlação genética entre peso à seleção e número de fibras foi baixa/mediana (-0,26). Assim, a seleção genética para aumento do peso à seleção pode ser capaz de diminuir o número de fibras musculares.

As características peso ao abate e medida de ultra-sonografia não apresentaram associação genética importante com número de fibras musculares, sendo as estimativas de correlações genéticas entre estas características de -0,12 e -0,18, respectivamente. Deste modo, a seleção a favor de PA e US, pouco interfere no número de fibras musculares.

A seleção genética para aumento do peso de peito pode ser capaz de diminuir o número de fibras musculares, já que a estimativa de correlação genética entre as características foi de -0,38.

A estimativa de correlação genética entre peso à seleção e diâmetro de fibras musculares (0,42) encontrada demonstra haver uma tendência positiva referente ao diâmetro de fibras musculares a partir da seleção para maiores peso à seleção. De acordo com Dransfield e Sosnicki (1999), a seleção para alta taxa de crescimento nos frangos de corte induz maior diâmetro de fibras musculares, piorando a qualidade de produtos processados.

A correlação genética estimada entre peso ao abate e diâmetro das fibras musculares foi baixa ou praticamente nula, com valor de -0,05, indicando uma ausência de associação genética entre tais características.

A estimativa de correlação genética encontrada entre medida de ultra-sonografia e diâmetro foi baixa (0,19). Assim, a seleção para aumento de US pode influenciar em pequena intensidade no diâmetro da fibra muscular na linhagem estudada.

A correlação genética estimada entre peso de peito e diâmetro (0,45) mostrou existir uma tendência positiva referente ao diâmetro da fibra para a seleção de maiores peso de peito. Desse modo, considera-se o fato de que aumentando o peso de peito, aumentará o diâmetro das fibras musculares, condizendo com Scheuermann (2004), o qual relata que, com a pressão de seleção para alto crescimento, observou-se uma susceptibilidade à condição PSE devido ao aumento no tamanho das fibras, influenciando negativamente na qualidade da carne.

Os valores das estimativas de parâmetros genéticos para características de área de fibra muscular, desempenho e carcaça (Tabela 15) mostraram-se similares à Tabela 14. Portanto, consideram-se as mesmas explicações para a característica área, já que esta também é uma medida de tamanho da fibra.

Este é o primeiro trabalho que relaciona variáveis histológicas com variáveis indicadoras de qualidade de carne em frangos.

As estimativas de correlações genéticas encontradas entre $NCel$ e pH_i (0,03) e entre $NCel$ e pH_f (0,03) são consideradas correlações praticamente nulas, o que indicam não existir associação genética entre estas características. Portanto, a seleção para maior número de fibras musculares não pode influenciar nos pH_i e pH_f nesta linhagem analisada.

O valor da correlação genética estimada neste estudo entre o número de fibras e o parâmetro de cor L^* foi baixo (0,18). Assim, a seleção para aumento de $NCel$ pode aumentar, porém com pequena intensidade, a luminosidade da carne. A estimativa da correlação genética entre $NCel$ e a^* foi baixa/moderada (-0,26). Deste modo, a seleção para maior número de fibras pode ser capaz de causar um decréscimo no teor de vermelho da carne nesta linhagem estudada. Já o valor da estimativa da correlação genética entre $NCel$ e o parâmetro de cor b^* (-0,10) foi indicativo de pequena associação genética entre estas características.

As estimativas de correlações genéticas encontradas neste estudo entre número de fibras e as medidas de perdas de água da carne apresentaram uma importante associação genética. Os valores destas estimativas foram de -0,40 entre $NCel$ e $EXSU$, de -0,28 entre $NCel$ e $CONG$ e de -0,43 entre $NCel$ e COZ . Desta maneira, quanto maior o número de fibras, menores serão as perdas de água da carne. A seleção para aumento de $NCel$ pode reduzir FC , de modo que quanto maior o número de fibras, menor a força de cisalhamento e maior a maciez da carne, já que a estimativa de correlação genética entre tais características foi de -

0,48. Estes resultados podem trazer uma série de benefícios à indústria avícola, agregando valores ao produto final e para o consumidor.

As correlações genéticas estimadas entre diâmetro de fibra e pH_i e entre diâmetro de fibra e pH_f foram -0,31 e -0,28, respectivamente. A seleção genética para redução do diâmetro da fibra muscular pode acarretar em aumentos dos pH_i e pH_f .

Os valores das correlações genéticas estimados no presente estudo entre diâmetro e o parâmetro de cor L^* e entre diâmetro e o parâmetro de cor b^* variaram entre -0,11 a -0,03, os quais mostraram não existir uma associação genética entre estas características. Já o valor da estimativa entre diâmetro e a^* foi moderada/alta (0,40). Na linhagem analisada, a seleção genética para redução do diâmetro da fibra muscular mostra que, quanto menor o diâmetro da fibra, menor o teor de vermelho da carne.

As estimativas de correlações genéticas entre diâmetro e as medidas de perdas de água da carne analisada demonstra haver uma elevada e positiva associação genética entre diâmetro e EXSU (0,69), entre diâmetro e CONG (0,84) e entre diâmetro e COZ (0,72). A seleção para diminuição do diâmetro da fibra muscular pode ser capaz de reduzir as medidas de perdas de água da carne. Estes resultados demonstram que aumentos significativos relacionados à qualidade da carne podem ser obtidos, o que pode favorecer a obtenção de produtos processados de melhor qualidade e uma maior rentabilidade tanto para a indústria (avícola e processadora) como para o mercado consumidor.

O valor da correlação genética estimado entre diâmetro e FC foi elevada (0,80), o que indicou existir uma forte associação genética entre as características. Assim, a seleção para redução do diâmetro da fibra pode ser capaz de diminuir a força de cisalhamento ou aumentar a maciez da carne. O efeito da diminuição do diâmetro das fibras pode diminuir a tendência à condição PSE em frangos, melhorando os problemas associados com a susceptibilidade ao estresse e com a qualidade da carne.

A estimativa de correlação genética entre número e tamanho da fibra foi inversa elevada (-0,77), o que demonstrou existir uma forte associação genética entre tais características. A seleção para aumento do número de fibras musculares, pode ser capaz de diminuir o diâmetro das fibras. De acordo com Rehfeldt et al. (1999), a seleção para alto número de fibras e menor tamanho da fibra são supostamente vantajosos em obter alto conteúdo de carne e boa qualidade da carne.

Os valores das estimativas de correlações fenotípicas entre PS e N Cel (-0,12) e entre PA e N Cel (-0,07) foram fracas. Assim, as estimativas encontradas sugerem que PS e PA não possuem uma relação significativa com N Cel.

A correlação fenotípica estimada entre US e N Cel foi forte (0,61). O resultado obtido indica, portanto, que aves com maiores medidas de ultra-sonografia apresentam maiores números de fibras.

A característica PPEI apresentou estimativa de correlação fenotípica inversa moderada com N Cel (-0,22). A seleção para aumento de peso de peito pode ser capaz de proporcionar uma diminuição no número de fibras musculares, não condizendo com Rémignon et al., 1994, os quais relatam que a seleção para alta taxa de crescimento aumenta o número de miofibras.

As estimativas de correlações fenotípicas entre PS e DIAM (0,09), entre PA e DIAM (0,04), e entre PPEI e DIAM (0,11) apresentaram-se fracas. Desta maneira, a seleção para aumentar PS, PA e PPEI não é capaz de interferir no diâmetro da fibra muscular.

US apresentou estimativa de correlação fenotípica forte com DIAM (0,62). Esse resultado indica, portanto, que aves com maiores medidas de ultra-sonografia apresentam maiores diâmetros de fibras musculares.

As correlações fenotípicas estimadas entre N Cel e as características de qualidade foram fracas e variaram de -0,07 a 0,05. Assim, os resultados obtidos sugerem que N Cel não possui uma relação fenotípica significativa com as características de qualidade.

Também, as estimativas de correlações fenotípicas entre DIAM e as características de qualidade mostraram-se fracas, variando de -0,06 a 0,12. Portanto, esses resultados obtidos indicam que a seleção para diminuição do diâmetro da fibra não é capaz de provocar maiores alterações nas características de qualidade, fenotipicamente.

Como mencionado anteriormente, os valores das estimativas de correlações genéticas e fenotípicas para características de área de fibra muscular e qualidade de carne (Tabela 22) mostraram-se similares à Tabela 21. Portanto, consideram-se as mesmas explicações para a Tabela 22, já que a característica área da fibra muscular também é uma medida de tamanho da fibra.

7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade para as características peso de peito, peso à seleção juvenil, medida de ultra-sonografia do músculo peitoral e luminosidade foram altas, indicando que o progresso genético pode ser alcançado em poucas gerações.

A seleção para maior peso de peito e peso à seleção juvenil das aves parece ser capaz de diminuir o número de fibras musculares e de aumentar o diâmetro e a área dessas fibras, o que pode acarretar em problemas relacionados aos fatores de qualidade da carne.

A seleção tanto para aumentar o número de fibras musculares como para diminuir o diâmetro e área das fibras pode ser eficiente em proporcionar menores perdas de água por exsudação, descongelamento e cozimento, bem como, menor força de cisalhamento, melhorando a capacidade de retenção de água e a maciez da carne da linhagem analisada. Isto garante um produto final de boa qualidade e rentabilidade para a indústria processadora, além de visar à satisfação e à segurança do consumidor.

Os programas de seleção de frangos de corte devem definir o correto balanceamento entre a seleção para as características histológicas e o peso à seleção juvenil, peso de peito e com a qualidade da carne.

Essas características histológicas devem ser consideradas como critérios de seleção, para que não haja impacto significativo na qualidade industrial da carne e merecem estudos mais profundos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>>. Acesso em: 04 jan. 2008.

ABERLE, F. D.; ADDIS, P. B.; SOFFNER, R. N. Fiber types in skeletal muscles of broiler- and layer-type chickens. **Poultry Science**, v.58, p.1210-1212, 1979.

ABERLE, E. D.; STEWART, T. S. Growth of fiber types and apparent fiber number in skeletal muscle of broiler- and layer- type chickens. **Growth**, Silverton, v.47, p.135-144, 1983.

ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171 f. Tese (Doutorado) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2002.

ARGENTÃO, C.; MICHELAN FILHO, T.; MARQUES, J. B.; SOUZA, E. M.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Genetic and phenotypic parameters of growth and carcass traits of a male line of broilers raised in tropical conditions. In: CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Castanet - Tolosan: Organising comitee WCGALP, 2002. v. 30. p. 333-336.

AVISITE. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/noticias/default.asp?CodNoticia=6424>>. Acesso em 04 jan. 2008.

BANKS, W. J. **Histologia veterinária aplicada**. 2ª ed. São Paulo: Manole, 1992, 655 p.

BARBUT, S. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.38, p.74-77 1997.

BARBUT, S. Estimating the magnitude of the PSE problem in poultry. **Journal Muscle Foods**, Trumbull, v.9, p.35-49, 1998.

BOLDMAN, K. G. et al. **A manual for use of MTDFREML: Set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT)**. Lincoln: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1995, 120p.

BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTHOSE. W. R. **Journal Texture Study**, v.6, p.297, 1975.

BRESSAN, M. C. **Efeito dos fatores pré e pós-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango**. 1998. 201 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1998.

BURKE, W. H.; HENRY, M. H. Characteristics of the Pectoralis superficialis and Semimembranosus of broiler strain chickens, Bantam chickens, and the reciprocal crosses. **Poultry Science**, v.76, p.767-773, 1997.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, D. M. **Estatística Básica**. 4 ed. São Paulo: Atual, 1987, 321p.

CAMARGO, A. M. Noventa anos de história: de C&Q cães e gatos. **Revista Avicultura Industrial**, n.1071, p.20-65, 1999.

CAMPOS, E. J; PEREIRA, J. C. C. Melhoria genética das aves. In: PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, p. 284-314, 1999.

CHRIST, B.; BRAND-SABERI, B. Limb muscle development. **International Journal of Developmental Biology**, v.46, p.905-914, 2002.

DAUNCEY, M.J.; GILMOUR, R.S. Regulatory factors in the control of muscle development. **Proceedings of the Nutrition Society**, Wallingford, v.55, p.543-559, 1996.

DIRINCK, P. et al. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, Columbus, v. 44, p. 65-68, 1996.

DRANSFIELD, E. When the glue comes unstuck. In: **Proceedings of the 43rd International Congress of Meat Science and Technology**, Auckland, New Zealand, p. 52-61, 1997.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A, A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v.78, p.743-746, 1999.

DWYER, C. M.; FLETCHER, J. M.; STICKLAND, N. C. Muscle cellularity and postnatal growth in the pig. **Journal of Animal Science**, v.71, p.3339-3343, 1993.

DWYER, C. M.; STICKLAND, N. C. Sources of variation in myofibre number within and between litters of pigs. **Animal Production**, v.52, p.527-533, 1991.

ELER, J. P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal**. 2. ed. Pirassununga: FZEA-USP, 262p. 2001.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil**: fundamentos, história e importância. Campo Grande: EMBRAPA – Gado de Corte, 63p. 1999.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. Edemburgh: Oliver & Boyd, 365p. 1960.

FELÍCIO, P.E. de. **Desdobramentos da Função Qualidade da Carne Bovina**. Higiene Alimentar, São Paulo, v.12, n.54, p.16-22, 1998.

FERKET, P. R. et al. Vitamin E affects performance, immunity, and meat quality. **World Poultry**, Surrey, v.11(2), p.10-15, 1995.

FIGUEIREDO, E. P. et al. O Programa de Melhoramento Genético de Aves da EMBRAPA. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: FEP-MVZ, 2000. p.58-68.

FIEDLER, I. et al. Relationships between microstructure of muscle tissue and stress susceptibility in Landrace pigs (halothane sensitivity). **Archiv Für Tierzucht - Archives of Animal Breeding**, v.36, p. 525-538, 1993.

FIEDLER, I. et al. Structural and functional characteristics of muscle fibres in pigs with different malignant hyperthermia susceptibility (MHS) and different meat quality. **Meat Science**, v.53, p. 9-15, 1999.

FORREST, J. C. et al. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. Tradução de: **Principles of meat science**.

GAYA, L.G. **Estudo genético da deposição de gordura abdominal e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em linhagem macho de frangos de corte**. 2003. 99f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Capturado em 26 jan. 2008. Online. Disponível na Internet <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-12042004164232/>.

GAYA, L. G. **Estudo genético da qualidade de carne em linhagem macho de frangos de corte**. 2006, 127f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, v. 36, p. 349-356, 2006.

GALOBART, J.; CORZO, A.; MORAN, E. T. Fillet L* from a broiler population: Correlations with preceding production-processing and changes to representative extremes after refrigeration and freeze-thaw. **Poultry Science**, v.82(Suppl. 1), p.19, 2003.

GOLDSPINK, G. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.7, p.157. 1962a.

GONZALES, E.; SARTORI, J. R. Crescimento e metabolismo muscular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L; GONZALES, E. (Ed.). **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.279-297.

HAMMOND, J. **Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep**. Oliver & Boyd, London, 1932a.

HINER, K. L. et al. **Food Research**, v.18, p.364, 1953.

HOOPER, A. C. B. Muscles and bones of large and small mice compared at equal body weight. **Journal of Anatomy**, v.127, p.117-123, 1978.

HURLING, R.; RODEL, J. B.; HUNT, H. D. Fiber diameter and fish texture. **Journal Texture Study**, v.27, p.679-685, 1996.

IWAMOTO, H. et al. Breed differences in the histochemical properties of the M. Pubo-ischio-femoralis Pars Medialis myofibre of domestic cocks. **British Poultry Science**, v.34, p.309-322, 1993.

JOUBERT, D. H. **Journal Agricultural. Science**, v.47, p.59. 1956.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan. 10. ed., p.488, 2004.

KLOSOWSKA, D. B.; ROSINSKI, A.; WENDA, E. G. Microstructural characteristics of the pectoralis Muscle of white Italian geese. P. 144-148 In: **Proceedings of the XI European Symposium on the Quality of Poultry Meat**. Tours, France, v.1, p.144-148, 1993.

LARZUL, C. et al. Phenotypic and genetic parameters of Longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in Large White pigs. **Journal Animal Science**, v.75, p.3126-3137, 1997.

LAWRIE, R. A. **Ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1977. Tradução de: Meat Science.

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

LE BIHAN-DUVAL, E.; MILLET, N.; REMIGNON, H. Broiler meat quality: effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. **Poultry Science**, v. 78, p. 822-826, 1999.

LE BIHAN-DUVAL, E. et al. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and their genetic correlations with grow and body composition in a experimental broiler line. **Poultry Science**, Savoy, v. 80, n. 7, p. 839-843, 2001.

LE BIHAN-DUVAL, E. et al. Genetic parameters of meat technological quality traits in a grand-parental commercial line of turkey. **Genetics, Selection, Evolution**, Jouy-en-Josas, v. 35, p. 623-635, 2003.

LENGERKEN, G., WICKE, M.; MAAK, S. Streßempfindlichkeit und Fleischqualität - Stand und Perspektiven Praxis and Forschung. **Archiv Für Tierzucht** v.40, p. 163-171, 1997.

LINKE, H. Histological studies on exudative, pale pork. **Fleischwirtschaft**, v.52, p. 493-507, 1972.

LOCNISKAR, F., HOLCMAN, A.; ZAGOZEN, F. Muscle fibre investigations in poultry. **Zbornik Biotehniske Fakultete Universe v Ljubljani, Kmetijstvo (Zivinoreja)**, v.35, p.7-24, 1980.

LONERGAN, S. M. et al. Breast meat quality and composition in unique chicken populations. **Poultry Science**, v.82, p.1990-1994, 2003.

LUCHIARI, A. F. **Pecuária da carne bovina**. 1.ed. São Paulo: 2000, 134p.

MALTIN, C.A. et al. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. **Meat Science**, v.47, p. 237-248, 1997.

MATTOS, E. C. et al. Broiler quality - a software for data collection in studies of meat quality in broilers. In: WORLD CONGRESS ON GENETIC APPLIED TO LIVESTOCK

PRODUCTION, 8., 2006, Belo Horizonte. **Proceedings...** Belo Horizonte: 8th WCGALP/SBMA, 2006. CD-ROM.

McCURDY, R. D.; BARBUT, S.; QUINTON, M. Seasonal effects on pale, soft, exsudative (PSE) occurrence in young turkey breast muscle. **Food Research International**, Essex, v. 29(3/4): p.363-366, 1996.

McKEE, S. R.; HARGIS, B. M.; SAMS, A. R. Pale, soft, and exsudative meat in turkeys treated with succinylcholine. **Poultry Science**, v.77(2), p.356-360, 1998.

McKEE, S. Tipos de fibras musculares na carcaça de frangos e sua relação com a qualidade. In: CONFERÊNCIA APINCO, 2000, Campinas, SP. **Anais...** FACTA: Campinas, 2000. p.101-106.

MELO, C. M. R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres de desempenho e carcaça em um cruzamento experimental de linhagens de aves de corte e postura. In: 41^a REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...**Campo Grande: SBZ, 2004.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. **IV Seminário Internacional de Aves e Suínos** – Avessui - Florianópolis, p.71, 2005.

MOSS, F. P. The relationship between the dimensions of the fibres and the number of nuclei during normal growth of skeletal muscle in the domestic fowl. **American Journal of Anatomy**, v.122, p.555-564, 1968.

NELSON, T.E.; SCHOCHET, S.S. Jr. Malignant hyperthermia: a disease of specific myofiber type. **Canadian Anaesthetics Society Journal**, v.29, 163–167, 1982.

OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; FUKUSHIMA, P. S. Carne PSE em frangos. **Revista Nacional da Carne**, v.27, n.252, p.32-34, 1998.

OLIVO, R.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, v.25, n. 289, p.44-49, 2001.

OLIVO, R. Atualidades na qualidade de carne de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos,. **Anais...** Santos: FACTA, 2004, v. 2, p.165-178.

ONO, Y.; IWAMOTO, H.; TAKAHARA, H. The relationship between muscle growth and the growth of different fiber types in the chicken. **Poultry Science**, v.72, p.568-576, 1993.

ONTEL, M.; KOZEKA, K. Organogenesis of the mouse extensor digitorum longus muscle.: A quantitative study. **American Journal of Anatomy**, v. 171, p. 1097-1107, 1984.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2 ed. Goiânia: Ed. Da UFG, 2005.

PARK, G. B. et al. Influence of slaughter yield and quality grades of Hanwoo (Korean native cattle) carcasses. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 129-136, 2002.

PEARSON, A. M.; YOUNG, R. B. **Muscle and meat biochemistr.**, San Diego: Academic Press, 1989, 457 p.

PETER, J. B. et al. Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pig and rabbits. **Biochemistry**, Washington, v.11, p.2627-2633, 1972.

PIRCHNER, F. **Population genetics in animal breeding**, Londres: Plenum, 1983. 414p.

RAMSBOTTOM, J. M.; KOONZ, G. H. **Food Research**, v.4, p.425, 1939.

RAMSBOTTOM, J. M.; STRANDINE, E. J. **Food Research**, v.13, p. 315, 1948.

REHFELDT, C. et al. Environmental and genetics fators as sources of variation in skeletal muscle fibre number. **Basic and Applied Miology**, v.9, p.237-255, 1999.

REHFELDT, C. et al. Miogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. **Livestock Production Science**, v.66, p.177-188, 2000.

RÉMIGNON, H. et al. Effects of divergent selection for body weight on three skeletal muscles characteristics in the chicken. **British Poultry Science**, Abingdon, v.35, p.65-76, 1994.

RÉMIGNON, H. et al. Effects of divergent selection for body weight on three skeletal muscles characteristics in the chicken. **British Poultry Science**, v.35, p.65-76, 1995.

RÉMIGNON, H. et al. Selection for rapid growth increases the number and the size of muscle fibres without changing their typing in chickens. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v.1, p.95-102, 1995.

REZENDE, F. M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características de desempenho e carcaça em uma linhagem macho de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2005. p. 161.

ROBERTSON, J. D. **Journal Physiology**, v.140, p.58. 1957.

ROSSER, B. W. C. et al. Heterogeneity of myosin heavy-chain expression in fast-twitch types of mature avian pectoralis muscle. **Biochemistry Cell**, v.74, p.715-728, 1996.

SÁ, E. M. F. Textura da carne e Capacidade de retenção de água. **Revista da Carne**. Parte 2. 2004.

SAMS, A. R.; JANKY, D. M. Research note: Simultaneous histochemical determination of three fiber types in sigle sections of broiler skeletal muscles. **Poultry Science**, v.69, p.1433-1436, 1990.

SANCEVERO, A. B.; ANTUNES, R. C. Qualidade de carcaça e qualidade de carne em suínos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: UFV-DZO, 1998. p.167-172.

SANTIAGO, H. L. **Impact of Genetic Selection on Skeletal Muscle in Meat-Type Poultry**. Blacksburg: Department of Animal and Poultry Sciences, 2001. Disponível em: <<http://academic.uprm.edu/hsantiago/Genetics%20and%20Skeletal%20Muscle.htm>>. Acesso em: 17 jan. 2007.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis Systems, User's guide. Version 9.1**. Cary, 2004, p.5136.

SCHEUERMANN, G. N.; BILGILI, S. F.; MULVANEY, D. R. Effect of in ovo injection of IGF-I on Pectoralis myofiber and post-hatch performance of broiler chickens. **Poultry Science**, v.82(Suppl. 1): p.17, 2003.

SCHEUERMANN, G. N. et al. Comparison of chicken genotypes: myofiber number in Pectoralis muscle and myostatin ontogeny. **Poultry Science**. No prelo. 2004.

SCHEUERMANN, G. N. Alteração na quantidade e qualidade da carne de aves através da manipulação das fibras musculares. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2004. v.2, p.165-178.

SCHMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. P. Situação atual e perspectivas do programa de melhoramento genético de aves do CNPSA/ EMBRAPA. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 1., 1996, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBMA/ FMRP, 1996, p.99-122.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; FRANCO, F. O. Qualidade da carne de frango suplementado com dieta contendo vitamina E. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS. 2., Campinas, 1997. **Proceedings...** Campinas, 1997, p.179.

SIQUEIRA, R. L. P. G. et al. Análise da variabilidade genética aditiva de características de crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.1, p.99-105, 2003

SMITH, J. H. Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. **Poultry Science**, Savoy, v.42, p.283-290, 1963.

SMITH, D. P.; FLETCHER, D. L. Chicken breast muscle fiber type and diameter as influenced by age and intramuscular location. **Poultry Science**, v.67, p.08-913, 1998.

SOIKE, D.; BERGMANN, V. Performance-dependent health disorders in poultry with special reference to differences in muscle characteristics between layer- and meat type chickens. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION DISEASES IN FARM ANIMALS, n. 9, 1995, Berlin. **Proceedings...** Stuttgart: H. Martins, 1997. p.186.

SOLOMON, M. B.; VAN LAACK R. L. J. M.; EASTRIDGE, J. S. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: a review. **Journal Muscle Foods**, Trumbull, v.9, p.1-11, 1998.

SOSNICKI, A. A. et al. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys: a review. **Journal Muscle Foods**, Trumbull, v.9, p.13-23, 1998.

SOUZA, E. M. Melhoramento do frango de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p.1-8.

STICKLAND, N. C. Muscle growth. **Meat Focus International**, June:241-245, 1995.

STOCKDALE, F. E. Myogenic cell lineages. **International Journal Developmental Biology**, v.154, p.284-298, 1992.

TESSERAUD, S.; CHAGNEAU, A. M.; GRIZARD, J. Muscle protein turnover early development in chickens divergently selected for growth rate. **Poultry Science**, v.79, p.1465-1471, 2000.

TROVO, J. B.; RAZOOK, A. G. Fundamentos da avaliação genética. In: CURSO SOBRE AVALIAÇÃO GENÉTICA EM BOVINOS DE CORTE, 1., 1995, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: FPCR, 1995. p. 1-19.

VAN SWEARINGEN, J.; C. LANCE-JONES. Slow and fast muscle fibers are preferentially derived from myoblasts migrating into the chick limb bud at different developmental times. **International Journal Developmental Biology**, v.170, p.321-337, 1995.

VAN VLECK, L. D.; POLLAK, E. J.; ONTENACU, E. A. B. **Genetics for the animal sciences**. New York: W. H. Freeman and Company, 1987, 391p.

VELLEMAN, S. G. et al. Effect of selection for growth rate on embryonic breast muscle development in turkeys. **Poultry Science**, Savoy, v.81, p.1113-1121, 2002.

VELLEMAN, S.G.; NESTOR, K.E. Effect of selection for growth rate on myosin heavy chain temporal and spatial localization during turkey breast muscle development. **Poultry Science**, Savoy, v.82, p.1373-1377, 2003.

VIDAL, A. G. R. **FoxPro for Windows BÁSICO**. São Paulo: 1994, 638 p.

VIEIRA, S. L. Considerações sobre as características de qualidade de carne de frango e fatores que podem afetá-la. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/Sergio.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2006.

WALLS, E. W. **The Structure and Function of Muscle**. Academic Press, New York, v. 1, p. 21, 1960.

WANG, L.; McMILLAN, I.; CHAMBERS, J. R. Genetic correlations among growth, feed and carcass traits of broiler sire and dam populations. **Poultry Science**, v.70, p.719-725, 1991.

WANG, L. J. Ca⁺² channel protein function and regulation; possible altered Ca⁺² channel protein function in formation of PSE turkey. **East Lansing**, 158p. (Thesis - Michigan State University), 1996.

WEIR, C. E. **The Science of meat and meat Products**. Reinhold Publishing Co., New York, p. 212, 1960.

WICKE, M. et al. VORHERSAGE von PSE- Fleisch mittels biochemischer und morphologischer Merkmale der Skelettmuskulatur am lebenden Schwein. **Archives Tierzucht**, v.36, p.631-638, 1993.

WIGMORE, P. M.; DUNGLISON, C. F. The generation of fiber diversity during myogenesis. **International Journal Developmental Biology**, v.42, p.117-125, 1998.

YANG, A. et al. Heterosis and developmental stability of body and organ weight at hatch for parental line broiler breeders and specific crosses among them. **Poultry Science**, v.78, p.942-948, 1999.