

Universidade de São Paulo
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

LEILA DE GENOVA GAYA

**Estudo genético da qualidade de carne em
linhagem macho de frangos de corte**

Pirassununga
2006

LEILA DE GENOVA GAYA

**Estudo genético da qualidade de carne em
linhagem macho de frangos de corte**

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. José Bento Serman Ferraz

Pirassununga
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

preparada pela

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

G285e	<p>Gaya, Leila de Genova Estudo genético da qualidade de carne em linhagem macho de frangos de corte / Leila de Genova Gaya – Pirassununga, 2006. 127 f. Tese (Doutorado) -- 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.</p> <p>Unitermos: 1. Correlações genéticas 2. Correlações fenotípicas 3. Herdabilidade 4. Parâmetros genéticos I. Título.</p>
-------	---

Aos meus avós Magdolina e José de Genova (*in memoriam*),
por todo o amor que sempre recebi.

À minha mãe Rosa,
meu porto seguro e meu exemplo de vida.

Ao meu noivo Joca,
que me ensina a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Com muito amor,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz**, de quem recebi a confiança para a realização deste trabalho, o que levou ao meu amadurecimento pessoal e profissional.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**, pela concessão de bolsa de Doutorado.

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

Aos amigos **Elisângela e Gerson**, incansáveis na minha ajuda e no meu incentivo.

Ao **Tércio** e aos **Professores Júlio, Albino, Joanir e Paulo Sobral** pelo auxílio técnico e pela estrutura disponibilizada.

Às amigas **Rosane, Alessandra, Sandra, Andrezza Felício, Andrezza Marcovig, Fernanda, Daniele, Rachel, Aline, Erica e Juliane**, com quem compartilhei tantos momentos importantes e inesquecíveis.

Aos formidáveis e indispensáveis estagiários **Maria Elisa, Sidnei, André, Luiza, Natalia, Bruna e Ana Paula**.

Aos **funcionários do Matadouro-escola da Prefeitura do Campus de Pirassununga da Universidade de São Paulo**, que com muito zelo contribuíram para a coleta dos dados deste estudo e a quem sou especialmente grata.

A todos os **Professores da Faculdade de Zootecnia de Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo**, que contribuíram para minha formação.

Aos **funcionários da Faculdade de Zootecnia de Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo**, especialmente **Aldo, Giovana, Conceição e Mônica**, sempre muito prestativos.

À grande amiga de toda e qualquer hora, **Luciana**.

Às amigas **Marjorie, Mônica, Andréa, Lilian, Kiyumi, Caroline, Eliz, Angelita e Marilena**, que estiveram sempre presentes.

Aos **Professores do curso de Zootecnia da UDESC**, especialmente **Dimas, Edir, Leandro, Marcio e Gatiboni**, que muito me ajudam durante esta nova etapa da minha vida, e à **Professora Maria Luísa** pela compreensão durante a fase final de confecção da tese.

À minha monitora **Stéfani**, que me auxilia com muita dedicação.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Não importa onde você parou, em que momento da vida você cansou,
o que importa é que sempre é possível e necessário recomeçar.

Recomeçar é dar uma nova chance a si mesmo.
É renovar as esperanças na vida, e, o mais importante: acreditar em você de novo.

Sofreu muito nesse período?
Foi aprendizado.

Chorou muito?
Foi limpeza da alma.

Ficou com raiva das pessoas?
Foi para perdoá-las um dia.

Sentiu-se só por diversas vezes?
É por que fechaste a porta até para os anjos.

Acreditou que tudo estava perdido?
Era o início da tua melhora.

(...)

Onde você quer chegar?
Ir alto?
Sonhe alto, queira o melhor do melhor, queira coisas boas para a vida.
Pensamentos assim trazem para nós aquilo que desejamos.

Se pensarmos pequeno, coisas pequenas teremos.

Já se desejarmos fortemente o melhor, e, principalmente lutarmos pelo melhor,
o melhor vai se instalar na nossa vida.

“Porque sou do tamanho daquilo que vejo,
e não do tamanho da minha altura.” *Fernando Pessoa*”

Adaptado de **Recomeçar**, de Paulo Roberto Gaefke

RESUMO

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

O presente trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos das características de qualidade de carne e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em uma linhagem macho de frangos fornecida pela Agroceres Ross Melhoramento Genético de Aves S. A. As aves faziam parte do programa denominado *sib test*, ou teste de irmãos, aonde são coletadas informações de carcaça dos irmãos dos indivíduos a serem selecionados na referida linhagem, estes chamados de rebanho elite. As características de desempenho analisadas foram peso à seleção (PS), peso ao abate (PA) e medidas de ultra-sonografia de músculo peitoral (US). As características de carcaça analisadas foram o peso de peito (PPEI), o peso eviscerado (PE) e o peso de pernas (PPER) e as características de composição corporal analisadas foram o peso da gordura abdominal (GOR), o peso do fígado (FIG) e o peso do coração (COR). As características de qualidade de carne analisadas foram: medida de pH inicial (pH_i), medida de pH em 6 horas após o abate (pH_6), medida de pH final (pH_f), amplitude inicial de queda de pH (AM_i), amplitude final de queda de pH (AM_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) e força de cisalhamento (FC). Os componentes de (co) variância foram estimados por verossimilhança restrita, utilizando-se o programa MTDFREML. A matriz de parentesco foi composta por 107.154 animais. Para as características pH_6 , pH_f e L^* foram estimados coeficientes de herdabilidade moderados; para as demais características estes coeficientes foram baixos. As estimativas de correlações genéticas obtidas não foram indicativas de associações importantes entre as características de qualidade de carne e as características de desempenho, carcaça e composição corporal, exceto pela seleção a favor de PS, que pode reduzir as perdas de água da carne. As estimativas de correlações genéticas encontradas entre as características de qualidade de carne puderam contribuir para o entendimento dos mecanismos relacionados à qualidade da carne na linhagem analisada, de modo que CONG, FC e L^* foram características capazes de trazer respostas correlacionadas favoráveis às demais e em maior ou menor grau apresentarem capacidade de resposta à seleção, recomendando-se sua utilização como critério de seleção

quando na existência de necessidade de melhoria na qualidade da carne na linhagem estudada. Contudo, esta necessidade não foi aparente, uma vez que as tendências genéticas das características de qualidade de carne, além de terem sido de pequena magnitude, foram em sua maioria favoráveis à qualidade da carne da linhagem analisada.

Palavras-chave: correlações genéticas, correlações fenotípicas, herdabilidade, parâmetros genéticos, tendências genéticas.

ABSTRACT

GAYA, L. G. **Genetic study of meat quality traits in a male broiler line.** 2006. 127 f. PhD. Thesis – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

This research was conducted to estimate genetic and phenotypic parameters of meat quality, performance, carcass and body composition traits in a male broiler line provided by Agroceres Ross Melhoramento Genético de Aves S. A. Broilers measured belonged to a sib test program, in which data from sibs of the individuals to be selected in this line, called elite flock, are collected. Performance traits analyzed were body weight at selection (PS), body weight at slaughter (PA) and ultrasound records of pectoral muscle (US). Carcass traits analyzed were meat breast weight (PPEI), eviscerated body weight (PE) and leg weight (PPER) and the body composition traits analyzed were abdominal fat weight (GOR), liver weight (FIG) and heart weight (COR). Meat quality traits analyzed were: initial pH measure (pH_i), pH measure at 6 hours after slaughter (pH₆), final pH measure (pH_f), initial range of pH fall (AM_i), final range of pH fall (AM_f), lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*), weep losses (EXSU), drip losses (CONG), shrink losses (COZ) and shear force (FC). (Co) variance components were estimated by restricted maximum likelihood method, using the software MTDFREML. The numerator relationship matrix was composed by 107.154 individuals. For pH₆, pH_f and L*, moderate heritability coefficients were estimated; for the other traits these coefficients were low. Genetic correlation estimates obtained indicated a small association among meat quality traits and performance, carcass and body composition traits, except for the selection to PS, which seemed to be able to reduce water losses of meat. Genetic correlations estimates among meat quality traits could orientated the understanding of the mechanisms related to meat quality in the analyzed line; CONG, FC and L* seemed to be able to bring favorable correlated responses, so it was recommended its use as selection criterion if existing the necessity of improving the meat quality in the analyzed line. However, this necessity was not apparent, since the genetic trends of meat quality traits were small and favorable to meat quality in the analyzed broiler line.

Key-words: genetic correlations, genetic parameters, genetic trends, heritability, phenotypic correlations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Aferição por ultra-sonografia da profundidade do músculo peitoral, no sentido longitudinal.....	53
Figura 2 -	Registro do peso ao abate da ave.....	54
Figura 3 -	Peitos desossados, sem pele.....	55
Figura 4 -	Moela com a gordura aderida.....	55
Figura 5 -	Placa de gordura abdominal (à esquerda) mais gordura removida da moela.....	55
Figura 6 -	Aferição do pH e da temperatura iniciais da carne.....	56
Figura 7 -	Registro da cor da carne.....	57
Figura 8 -	Amostras de carne envoltas por malha para posterior determinação das perdas de água por exsudação.....	58
Figura 9 -	Amostras de carne envoltas por malha e suspensas por sacos plásticos para determinação das perdas de água por exsudação.....	58
Figura 10 -	Amostra de carne envolta por malha e suspensa por saco plástico repleto de ar. Observa-se água proveniente de exsudação da carne ao fundo do saco plástico, após refrigeração por 24 horas.....	58
Figura 11-	Amostras de carne acondicionadas em sacos plásticos para posterior congelamento e determinação das perdas de água por descongelamento.....	59

Figura 12 - Amostras de carne congeladas para determinação das perdas de água por descongelamento.....	59
Figura 13 - Descongelamento das amostras destinadas à determinação das perdas por descongelamento em refrigerador.....	60
Figura 14 - Pesagem de amostra de carne descongelada.....	60
Figura 15 - Amostras de carne assando em forno elétrico.....	61
Figura 16 - Amostra de carne depois de assada em forno elétrico. Observa-se água proveniente de perdas por cozimento ao fundo da bandeja de alumínio.....	61
Figura 17 - Paralelepípedos retirados das amostras de carne após assadas para determinação da força de cisalhamento.....	62
Figura 18 - Determinação da força de cisalhamento da carne por lâmina tipo <i>Warner Bratzler</i>	62
Figura 19 - Leitura ótica da anilha da ave, a qual contém todas as informações para sua identificação e de seu <i>pedigree</i>	64
Figura 20 - Equipamentos utilizados para coleta dos dados, que permitiram a utilização do <i>software</i> desenvolvido para este estudo.....	64
Figura 21 - Tela de apresentação do <i>software</i> desenvolvido para coleta dos dados deste estudo.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das características analisadas.....	72
Tabela 2 -	Classes de idade da mãe à eclosão dos animais testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados.....	73
Tabela 3 -	Classes de tipos de ração fornecidas aos animais testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados.....	74
Tabela 4 -	Classes de estação do ano ao abate dos animais testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados.....	74
Tabela 5 -	Classes de operador testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados.....	74
Tabela 6 -	Classes de sexo testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados.....	75
Tabela 7 -	Distribuição das idades à seleção testadas como covariável.....	75
Tabela 8 -	Distribuição das idades ao abate testadas como covariável.....	75
Tabela 9 -	Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das medidas de temperatura testadas como covariável.....	75
Tabela 10 -	Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso inicial de exsudação, do peso inicial de congelamento, do peso final de congelamento e do peso final de cozimento, testados como covariáveis.....	75

Tabela 11 - Números de pais e de mães e números de lotes dos animais dos quais foram coletadas as características analisadas.....	79
Tabela 12 - Componentes de covariância genéticas obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de desempenho, carcaça e composição corporal e as características de qualidade de carne.....	80
Tabela 13 - Componentes de variância (na diagonal) e covariância genéticas (abaixo da diagonal) obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne.....	81
Tabela 14 - Componentes de covariância ambientais obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de desempenho, carcaça e composição corporal e as características de qualidade de carne.....	81
Tabela 15 - Componentes de variância (na diagonal) e covariância ambientais (abaixo da diagonal) obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne.....	82
Tabela 16 - Componentes de covariância fenotípicas obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de desempenho, carcaça e composição corporal e as características de qualidade de carne.....	82
Tabela 17 - Componentes de variância (na diagonal) e covariância fenotípicas (abaixo da diagonal) obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne.....	83
Tabela 18 - Estimativas de herdabilidade das características de qualidade de carne e seus respectivos erros-padrão obtidas através do programa MTDFREML.....	84

Tabela 19 - Estimativas de correlações genéticas entre as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal obtidas através do programa MTDFREML.....	86
Tabela 20 - Estimativas de correlações fenotípicas entre as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal obtidas através do programa MTDFREML.....	87
Tabela 21 - Estimativas de correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal) obtidas através do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne.....	96
Tabela 22 - Estimativas de tendências genéticas (em valor absoluto e como percentual em relação à média) para as características de qualidade de carne.....	111
Tabela 23 - Estimativas de progresso genético esperado (em valor absoluto e como percentual em relação à média) para as características de qualidade de carne.....	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM _i	amplitude inicial de queda de pH
AM _f	amplitude final de queda de pH
b	coeficiente de regressão
CONG	perdas de água por descongelamento
COR	peso do coração
COZ	perdas de água por cozimento
CV	coeficiente de variação
DP	desvio-padrão
EXSU	perdas de água por exsudação
FIG	peso do fígado
FC	força de cisalhamento
g	gramas
GOR	peso da gordura abdominal
kg	quilogramas
M	média
MAX	valor máximo
MIN	valor mínimo
mm	milímetros
MTDFREML	<i>multiple trait derivative free restricted maximum likelihood</i>
N	número de observações
PA	peso ao abate
PE	peso eviscerado
PS	peso à seleção juvenil
pH	potencial hidrogeniônico
pH _i	pH inicial
pH ₆	pH em 6 horas após o abate
pH _f	pH final
PPEI	peso do peito
PPER	peso de pernas
PROC GLM	procedimento <i>general linear models</i>

PROC REG	procedimento <i>regression analysis</i>
PROC VARCOMP	procedimento <i>variance components</i>
REML	<i>restricted maximum likelihood</i>
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>
US	medida de ultra-sonografia de profundidade de músculo peitoral

LISTA DE SÍMBOLOS

L*	L* – teor de luminosidade
a*	a* – teor de vermelho
b*	b* – teor de amarelo
°C	°C – graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Características de qualidade de carne.....	23
2.1.1 Cor.....	23
2.1.2 Capacidade de retenção de água.....	24
2.1.3 Maciez.....	25
2.2 Transformação do músculo em carne.....	25
2.3 A carne PSE.....	27
2.4 Fatores não-genéticos que influenciam a condição PSE.....	31
2.5 A carne DFD.....	33
2.6 Efeitos da seleção na qualidade da carne.....	33
2.7 Estimativas de herdabilidade das características de qualidade de carne.....	35
2.7.1 pH.....	36
2.7.2 Parâmetros de cor.....	36
2.7.3 Perdas de água por exsudação.....	36
2.8 Estimativas de correlações entre características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal.....	37
2.8.1 pH e características de desempenho e carcaça.....	37
2.8.2 Luminosidade e características de desempenho e carcaça.....	38
2.8.3 Teor de vermelho e características de desempenho e carcaça.....	39
2.8.4 Teor de amarelo e características de desempenho e carcaça.....	39
2.8.5 Perdas de água por exsudação e características de desempenho e carcaça.....	40
2.8.6 pH e peso da gordura abdominal.....	40
2.8.7 Parâmetros de cor e peso da gordura abdominal.....	40
2.8.8 Perdas de água por exsudação e peso da gordura abdominal.....	41
2.9 Estimativas de correlações entre as características de qualidade de carne.....	41
2.9.1 pH e luminosidade.....	41
2.9.2 pH e teor de vermelho.....	42
2.9.3 pH e teor de amarelo.....	43
2.9.4 pH e perdas de água por exsudação.....	44

2.9.5 pH e perdas de água por cozimento.....	45
2.9.6 pH e força de cisalhamento.....	45
2.9.7 Perdas de água por exsudação e parâmetros de cor.....	45
2.9.8 Perdas de água por cozimento e parâmetros de cor.....	46
2.9.9 Parâmetros de cor e força de cisalhamento.....	46
2.9.10 pH e pH.....	46
2.9.11 Parâmetros de cor e parâmetros de cor.....	47
2.10 Tendência genética.....	48
2.11 Considerações sobre a seleção para características de qualidade de carne.....	48
3 HIPÓTESES	50
4 OBJETIVOS	51
5 MATERIAL E MÉTODOS	52
5.1 Coleta dos dados.....	52
5.2 Controle de <i>pedigree</i> e automatização do sistema.....	63
5.3 Realização das análises genéticas.....	65
5.3.1 Manipulação dos dados e análises estatísticas preliminares.....	65
5.3.2 Metodologia de análise.....	66
5.3.3 Efeitos fixos e covariáveis testados.....	68
5.3.4 Estimativas de correlações fenotípicas.....	71
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
6.1 Manipulação do banco de dados.....	72
6.2 Estatística descritiva.....	72
6.3 Formação de grupos de contemporâneos e análise de covariáveis.....	73
6.4 Análises genéticas.....	79
6.4.1 Componentes de (co) variância.....	80
6.4.2 Estimativas de herdabilidade.....	83
6.4.3 Estimativas de correlações entre as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal.....	86
6.4.4 Estimativas de correlações entre as características de qualidade de carne.....	95
6.4.5 Tendências genéticas das características de qualidade de carne.....	110
6.4.6 Análise do potencial seletivo das características de qualidade de carne.....	112
6.4.7 Análise das respostas correlacionadas das características recomendadas para seleção.....	115

7 CONCLUSÕES.....	119
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo, sendo o primeiro exportador mundial de carne de frango. A avicultura é a atividade da pecuária que apresentou os maiores índices de evolução nas últimas décadas. Essa evolução é decorrente, principalmente, do intenso processo de seleção realizado desde os primórdios do uso do cruzamento entre raças. A escassez de alimentos, durante e após a segunda guerra mundial, fez da avicultura brasileira e mundial um negócio bastante atraente. Nesse contexto, a procura por um produto destinado ao corte aumentou, e a partir de então até os dias atuais tem havido um intenso processo de seleção e cruzamentos.

Cada vez mais esse processo de seleção se aprimorou, resultando na descaracterização das raças e originando linhagens específicas, com características próprias. As aves destinadas à produção de carne, conhecidas como frangos de corte, foram selecionadas principalmente para características de desempenho, o que proporcionou avanços na taxa de crescimento dos animais. Contudo, a seleção intensa para essas características pode ter levado também a alterações nos atributos de qualidade da carne.

A qualidade da carne tem sido reconhecida como um dos principais aspectos a serem considerados pela indústria da carne de frango atual, pois tem representado muitas perdas para a indústria processadora, além de interferir diretamente na escolha e na compra da carne pelo consumidor.

Os parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) das características utilizadas em programas de seleção em uma linhagem macho de frango de corte têm como objetivo orientar, conduzir e até avaliar a eficiência da seleção empregada nas gerações que compuseram essa linhagem, e se essa seleção está sendo adequada às exigências atuais do mercado e da indústria. Além disto, estimativas de parâmetros genéticos em frangos de corte

raramente são descritas na literatura científica pertinente, especialmente no que diz respeito às características de qualidade de carne, o que torna ainda mais importantes as determinações e o monitoramento desses itens num programa de seleção.

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram estimar os parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) e fenotípicos (correlações fenotípicas) das características de qualidade de carne e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em uma linhagem macho de frango de corte, bem como estimar as tendências genéticas das características de qualidade de carne nesta linhagem. Desta forma, ter-se-á:

- a caracterização da qualidade da carne nesta linhagem de frangos de corte através do estudo da relação entre estas características;
- a identificação de critérios de seleção relacionados à qualidade da carne;
- a identificação de associações entre a composição corporal das aves e as características de qualidade de carne.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango do mundo com cerca de 9,2 milhões de toneladas produzidas (ABEF, 2006), sendo o primeiro exportador mundial de carne de frango com 1,7 milhão de toneladas exportada (AVISITE, 2006). A avicultura é a atividade agropecuária que apresentou os maiores índices de evolução nos últimos anos, e, segundo Campos e Pereira (1999) os pilares do desenvolvimento avícola estão sustentados na utilização de genética avançada.

No caso da indústria de frangos de corte, as mudanças de mercado são bastante comuns, o que requer uma melhoria contínua no esquema e nas ferramentas dos programas de melhoramento genético (YANG et al., 1999). A genética deve buscar aves compatíveis com as exigências altamente competitivas dos mercados produtivo, industrial e consumidor (CAMPOS e PEREIRA, 1999). Até recentemente, o foco para seleção era apenas na taxa de crescimento, todavia, de acordo com Park et al. (2002), as características relacionadas à qualidade da carne vêm tendo crescente importância tanto para a indústria processadora como para os consumidores. Presume-se, inclusive, que a intensa seleção a favor do critério de crescimento levou a problemas relacionados à qualidade da carne destes animais (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999), além de um aumento na deposição de gordura nos frangos (KESSLER; SNIZEK JUNIOR; BRUGALLI, 2000; GAYA et al., 2005; GAYA et al., 2006) e a alterações nos órgãos e na fisiologia das aves (RANCE; McENTEE; McDEVITT, 2002; GAYA et al., 2006), determinando que estas características passassem a ser consideradas como objeto de estudo nos programas de melhoramento genético.

A carne utilizada em produtos processados deve possuir propriedades funcionais excelentes, com padrões de qualidade estáveis, que garantam um produto final de boa qualidade e rentabilidade, além de visar à satisfação e à segurança do consumidor (BARBUT,

1993; BRESSAN, 1998). As propriedades sensoriais da carne possuem importante influência na decisão de compra pelos consumidores e na sua aceitação, entretanto, segundo Dirinck et al. (1996), um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor e sabor agradáveis.

Segundo Anthony (1998) o progresso genético alcançado para a taxa de crescimento dos frangos tem resultado em uma redução na qualidade da carne e, de acordo com Sams (1999), não é interessante incrementar a deposição muscular das aves se esta for de pouca qualidade.

Os principais atributos avaliados na carne para determinar sua qualidade são cor, capacidade de retenção de água e maciez.

2.1 Características de qualidade de carne

2.1.1 Cor

A cor é um dos fatores mais importantes na percepção do consumidor quanto à qualidade da carne, pois é uma característica que influencia tanto a escolha inicial do produto pelo consumidor como a aceitação no momento do consumo (FLETCHER, 1999), visto que, de acordo com Anadón (2002), as pessoas a relacionam com o frescor e à qualidade do produto como um todo.

De acordo com Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001), a cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes presentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne. Segundo os mesmos autores, a carne é um complexo sistema ótico, mas a mioglobina é considerada o seu principal agente de cor, sendo a intensidade da cor vermelha diretamente relacionada com o teor de mioglobina

da carne, embora, de acordo com Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) a mioglobina esteja em pequena quantidade em fibras glicolíticas, predominantes no músculo do peito dos frangos.

Os parâmetros utilizados para avaliação da cor da carne segundo o Sistema CIELab consistem em luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e teor de amarelo (b^*). O valor L^* representa a luminosidade (eixo perpendicular), o qual varia de zero a 100, sendo zero o preto e 100 o branco. O valor a^* representa a faixa de cor no eixo da horizontal, variando do verde (-60) para o vermelho (+60). O valor b^* trata-se do eixo vertical, o qual varia do azul (-60) ao amarelo (+60). L^* é o principal parâmetro determinante da análise da cor da carne em aves. Para carne de frango e peru, a faixa ideal de luminosidade está em torno do valor 50 (OLIVO; GUARNIERI; SHIMOKOMAKI, 2001). Todavia, segundo Fletcher (1999) existe uma ampla variação da cor da carne na produção comercial de frangos.

2.1.2 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água é um termo originalmente usado para descrever a capacidade do músculo e dos produtos cárneos em manter a água ligada a si (FENNEMA, 1990). A água no músculo é retida em sua maior parte intracelularmente, mas também entre as miofibrilas (OFFER; KNIGHT, 1988). A fixação da água pelas proteínas musculares acontece de várias formas: água ligada quimicamente aos grupos polares dos aminoácidos das cadeias miofibrilares, água atraída pelos grupos hidrófilos de proteínas presentes na estrutura muscular e ainda moléculas de água que podem ser imobilizadas pela configuração protéica, mas não se ligam diretamente a ela (LAWRIE, 1991). A capacidade de retenção de água está entre as propriedades funcionais mais importantes da carne (ANADÓN, 2002), pois influencia seu aspecto, sua palatabilidade e está diretamente relacionada às suas perdas de água antes e

durante o cozimento (BRESSAN, 1998), além de interferir diretamente na qualidade dos produtos processados (BARBUT, 1993).

Os métodos de referência para determinar a capacidade de retenção de água da carne indicados por Honikel (1998) consistem nas perdas de água por exsudação da carne crua e as perdas de água durante o cozimento.

2.1.3 Maciez

A maciez é outro fator bastante importante na percepção do consumidor quanto à qualidade da carne (BRESSAN, 1998; LI; TAN; SHATADAL, 2001). A maciez da carne está intimamente relacionada à quantidade de água intramuscular e, portanto, à capacidade de retenção de água da carne, de modo que quanto maior o conteúdo de água no músculo, maior a maciez da carne (ANADÓN, 2002). Além disso, a maciez da carne em aves parece estar relacionada também a fatores como variações de voltagem do atordoamento por choque elétrico (PAPINAHU; FLETCHER, 1995) e temperatura de resfriamento das carcaças (BILGILI; EGBERT; HOFFMAN, 1989; DUNN; KILPATRICK; GAULT, 1995). A maciez da carne pode ser determinada através de sua força de cisalhamento (BRESSAN, 1998).

2.2 Transformação do músculo em carne

O processo de conversão do músculo esquelético em carne é complexo e envolve modificações metabólicas, físicas e estruturais (KUBOTA; OLIVO; SHIMOKOMAKI, 1993). Segundo Sams (1999), embora o animal morra em questão de minutos após a sangria, suas células continuam a metabolizar e a responder por horas após a cessão da respiração e a morte cerebral. Durante este período, as células musculares continuam a utilizar a respiração aeróbica para produzir e consumir ATP (adenosina trifosfato), o qual funciona como transportador de energia para as atividades celulares básicas. Quando acaba o oxigênio

celular, a célula passa a depender apenas do metabolismo anaeróbico (glicólise) para a produção de suas necessidades de ATP (LAWRIE, 1991), utilizando-se das reservas de glicogênio muscular (VIEIRA, 1999). Assim, o músculo mantém a capacidade de contrair e relaxar (VIEIRA, 1999). De acordo com Sams (1999), o glicogênio é convertido em ácido láctico, produto final do metabolismo anaeróbico, que se acumula devido à falta de fluxo sanguíneo para removê-lo, o que segundo Vieira (1999), reduz o pH original que é de cerca de 7,4 para 5,6, quando se estabiliza. Desta forma, a glicólise é inibida e a produção de ATP cessa. O músculo passa, então, a perder a capacidade de relaxamento, ficando em permanente contração entre actina e miosina (complexo actomiosina), no que se chama de *rigor mortis* propriamente dito, até que outros processos enzimáticos sejam iniciados. Segundo Dransfield e Sosnicki (1999), a instalação do *rigor mortis* em frangos leva cerca de 1 hora, entretanto a velocidade de queda de pH pode variar entre linhagens e indivíduos. Tipicamente valores de pH aferidos em 15 minutos após o abate variam de 6,2 a 6,6 em aves (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999).

Em aves são descritos principalmente três tipos de fibras musculares: βR , o qual é vermelho, de contração lenta e mais adaptado ao metabolismo oxidativo, αW , o qual é branco, de contração rápida e mais adaptado ao metabolismo glicolítico e αR , o qual é vermelho, de contração rápida e adaptado aos dois tipos de metabolismo. Em frangos, o tipo predominante de fibras musculares é o αW , o qual possui alta capacidade de estoque de glicogênio (ADDIS, 1986).

Após a instalação do *rigor mortis*, ocorre a degradação de proteínas responsáveis pela estrutura miofibrilar por um sistema enzimático proteolítico dependente de cálcio, composto pela enzima calpaína e seu inibidor calpastatina, liberando a tensão muscular e levando ao aumento da maciez da carne (VIEIRA, 1999).

2.3 A carne PSE

Segundo Dirinck et al. (1996), um dos maiores problemas enfrentados pela indústria processadora é a questão da carne PSE, cujo termo tem origem nas iniciais das palavras inglesas *pale*, *soft* e *exudative*, que significam carne pálida, flácida e exsudativa. O fenômeno PSE é prognosticado pela presença de alterações nas características relacionadas à qualidade da carne, como cor, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento. Froning, Babji e Mather (1978) foram os primeiros a descrever a condição PSE em aves, todavia, de acordo com Le Bihan-Duval et al. (2003), os mecanismos fundamentais deste fenômeno ainda não foram bem elucidados em frangos, para os quais a denominação PSE é aplicada por analogia com a síndrome PSE dos suínos, já bastante estudada. Entretanto, segundo Vieira (1999) alguns autores acreditam que este problema em aves não possua as mesmas causas que em suínos, sendo chamado por eles de PSE aparente. De acordo com Oda et al. (2004), em suínos, a ocorrência do PSE está relacionada com o funcionamento de uma proteína reguladora da liberação do cálcio do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma, o receptor rianodina. Uma mutação de ponto na seqüência de DNA que codifica a proteína receptora da rianodina tipo 1 (RYR1) foi encontrada, sugerindo que falhas no funcionamento do canal de cálcio possam levar ao aparecimento do PSE. A participação da proteína RYR na ocorrência de carne PSE em aves ainda não está comprovada, mas sua existência foi reportada recentemente em perus e frangos (STRASBURG; CHIANG, 2003), o que pode sugerir uma influência semelhante à que ocorre em suínos. Desta forma, pode existir um fator genético importante no desenvolvimento da condição PSE da carne das aves.

De acordo com Solomon, Van Laack e Eastridge (1998), a predominância de fibras brancas (α W) nos músculos do peito é outro fator que pode estar relacionado à condição da qualidade da carne de aves, pois estas fibras possuem um metabolismo principalmente anaeróbico/glicolítico, favorecendo a glicólise *post-mortem*. As fibras brancas possuem alta

velocidade de contração, queimam ATP rapidamente e são mais adaptadas a atividades de curta duração. Além disto, segundo os mesmos autores, estas fibras possuem menor vascularização, o que limita seu suporte sanguíneo, pois é através do sangue que as células retiram energia e são removidos os produtos do metabolismo celular, como o lactato, o que aumenta o risco de acidose celular.

A carne PSE apresenta as propriedades funcionais comprometidas face à rápida glicólise *post mortem* (WISMER-PEDERSEN, 1959), a qual acelera a queda de pH muscular enquanto a temperatura da carcaça ainda está alta (BARBUT, 1997; FERNANDEZ et al., 2002). A combinação destas duas variáveis pode levar à desnaturação de proteínas musculares (MOLETTE; RÉMIGNON; BABILE, 2003). Segundo Dransfield e Sosnicki (1999), com relação à temperatura da carcaça durante o declínio de pH, um aumento de 10°C aumenta a desnaturação de proteínas musculares em 20 vezes. De acordo com os mesmos autores, tende-se a obter uma carne sem defeitos relacionados à condição PSE estando a temperatura da carcaça com cerca de 10°C enquanto o pH da carne estiver em torno de 6,2. Segundo Sosnicki et al. (1998), a condição PSE poderá ser encontrada quando o pH da carne estiver abaixo de 5,8 e sua temperatura maior que 35°C. Segundo Artega e Nakai (1992), a miosina encontrada nos músculos das aves é mais sensível à temperatura do que a de mamíferos.

O problema PSE em frangos provavelmente não é novo, entretanto o mercado competitivo e o aumento da demanda de produtos processados levaram à maior atenção da indústria aos aspectos do processamento e à qualidade da matéria-prima (BARBUT, 1998). Além de interferir na qualidade dos produtos processados, de acordo com Barbut (1997) e Lara et al. (2002), a carne PSE interfere na apresentação do produto ao consumidor. A cor é um dos fatores mais importantes na apreciação do consumidor quanto à qualidade da carne e, segundo Anadón (2002), a cor da carne depende principalmente de sua estrutura muscular. De acordo com este autor, a dispersão de luz de uma superfície muscular é diretamente

proporcional à sua quantidade de desnaturação protéica, o que, segundo Lawrie (1991) e Le Bihan-Duval et al. (2003), interfere na aparência física da carne, influenciando a quantidade de luz que lhe é refletida. Segundo Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001), quanto maior o grau de desnaturação protéica, menos luz é transmitida através das fibras e mais luz acaba sendo dispersa, o que leva à palidez da carne. De acordo com Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) valores de L* acima de 50 tendem à tonalidade pálida, o que é indicativo de carne com baixo pH (abaixo de 5,6), fatores característicos da condição PSE. Já valores de L* abaixo de 50 representam luminosidade escura, indicativo de carne com pH elevado (acima de 5,9). Além da condição PSE, segundo Boulianne e King (1998), a palidez da carne em frangos está relacionada também com menores concentrações de mioglobina e ferro.

Segundo Offer e Knight (1988), o pH também influencia a capacidade de retenção de água da carne, pois o declínio de pH *post mortem* altera a composição celular e extracelular das fibras musculares (OFFER; KNIGHT, 1988), resultando em redução de grupos reativos disponíveis para reter água nas proteínas musculares (WISMER-PEDERSEN, 1986). Segundo Fletcher (1999), a ocorrência de PSE está relacionada com acúmulo excessivo de fluido em carnes embaladas, devido à sua menor capacidade de retenção de água, o que diminui a aceitação do produto pelo consumidor. O comprometimento das propriedades funcionais da carne PSE pode resultar em produtos industrializados defeituosos e de pequeno rendimento (LARA et al., 2002), devido à liberação de exsudato, o que interfere na padronização durante a industrialização (BARBUT, 1997; 1998). Desta forma, segundo Fernandez et al. (2002), o rendimento após o processamento da carne é altamente relacionado com a velocidade da queda de pH *post mortem*, de modo que uma diferença de uma unidade a menos no pH aferido aos 20 minutos *post mortem* corresponde a cerca de 2% a menos no rendimento após o processamento da carne.

A capacidade de retenção de água da carne, por sua vez, exerce grande influência na maciez da carne (BRESSAN, 1998), já que na carne PSE a capacidade de retenção de água é menor, e quanto menor a quantidade de água no músculo, menor a maciez da carne (ANADÓN, 2002).

Molette, Rémignon e Babile (2003) desenvolveram um estudo com dois grupos de perus: um com glicólise *post mortem* considerada normal e outro grupo com glicólise *post mortem* rápida. Quanto maior a velocidade de queda de pH, menor a maciez e a capacidade de retenção de água da carne. Entretanto a cor da carne não diferiu entre os dois grupos; ainda assim, estas alterações foram consideradas pelos autores similares às do PSE. Em outros estudos encontraram-se também maiores perdas por cozimento (McKEE; SAMS, 1998) e menor rendimento após o processamento (PIETRZAK; GREASER; SOSNICKI, 1997; RATHGEBER; BOLES; SHAND, 1999) da carne para animais de rápida glicólise *post mortem* em comparação a indivíduos considerados com glicólise normal. McKee e Sams (1998) também reportaram a condição PSE resultante de acelerado *rigor mortis* associado a altas temperaturas da carcaça em perus.

De acordo com Dransfield e Sosnicki (1999), a carne PSE possui também menor potencial proteolítico *post mortem*, o que diminui a maciez da carne. O rápido declínio de pH a altas temperaturas da carcaça inativa o sistema calpaína e reduz o amaciamento *post mortem* da carne.

O fenômeno PSE, portanto, é prognosticado pela combinação de análises de pH, cor e capacidade de retenção de água nos músculos do peito (SWATLAND, 1995; QUEIRÓZ et al., 2005). De acordo com Lara et al. (2002) o fenômeno PSE pode ser detectado pela combinação dos valores de pH (abaixo de 5,8) e cor (valor L* acima de 52,0) aferidos em 24 horas após o abate.

De acordo com Oda et al. (2003) a incidência de carne PSE no Brasil é de cerca de 22%. Considerando-se que a condição PSE determina uma redução média no rendimento da carne de 1,5%, o prejuízo anual estimado devido a este problema estaria em torno de 12 mil toneladas de carne, o que representa aproximadamente US\$ 9 milhões por ano.

2.4 Fatores não-genéticos que influenciam a condição PSE

O estresse é descrito como um fator desencadeante do processo que leva à carne PSE (OLIVO, 1999; McKEE; SAMS, 1998). De acordo com McKee e Sams (1998), Anadón (2002), Oda et al. (2004), o estresse pode ser resultante tanto do manejo como do calor aos quais as aves são submetidas antes do abate, e leva à condição PSE por provocar uma maior taxa de metabolismo *post mortem* e aceleração da glicólise. A estação do ano durante o crescimento das aves ou ao abate é um fator que parece levar ao desenvolvimento da condição PSE da carne, segundo Barbut (1998). De acordo com McKee, Hargis e Sams (1998) e Sosnicki et al. (1998), a seleção para rápido crescimento aplicada às aves de corte pode ter aumentado a suscetibilidade destes animais ao estresse. Segundo Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001) o tempo e a temperatura de escaldagem também podem influenciar na diminuição do pH e na desnaturação protéica da carne.

Segundo Sams (1999), o atordoamento é um fator *ante mortem* que pode trazer efeitos importantes na qualidade da carne. Segundo este autor, a agitação do animal no momento da sangria acelera o desenvolvimento do *rigor mortis*, sendo que o atordoamento elétrico pode prevenir esta agitação. O efeito do atordoamento elétrico na qualidade da carne e os danos causados por ele à carcaça dependem das condições elétricas utilizadas, sendo que altas voltagens (150 Volts, 125 miliamperes por ave) produzem maiores danos à carcaça do que baixas voltagens (15 a 60 Volts, 10 a 45 miliamperes por ave), segundo Papinaho e Fletcher (1995).

Usualmente, segundo Sams (1999), as carcaças de frangos são resfriadas por imersão em temperaturas abaixo de 4°C dentro de uma hora e meia após a morte. De acordo com este autor, o resfriamento rápido tem como objetivo reduzir o crescimento microbiano e também aumentar a firmeza dos músculos, facilitando a desossa. Entretanto, a exposição a baixas temperaturas quando o ATP ainda está presente na célula muscular tende a deixar a carne mais dura, num fenômeno conhecido como *cold shortening*, no qual, a baixas temperaturas, a membrana do retículo sarcoplasmático se torna menos eficiente em seqüestrar Ca^{2+} e o permite vaziar para o espaço miofibrilar. Se o ATP está presente, o Ca^{2+} inicia o ciclo de contração muscular (Sams, 1999). Embora o músculo dos frangos seja composto principalmente por fibras brancas, que são menos suscetíveis ao *cold shortening* do que as vermelhas (SMITH et al., 1993), há relatos de *cold shortening* em frangos (BILGILI; EGBERT; HOFFMAN, 1989; DUNN; KILPATRICK; GAULT, 1995). Segundo Vieira (1999), como as reações bioquímicas têm velocidade reduzida a baixas temperaturas, o resfriamento rápido imediatamente após o abate também pode levar à redução na velocidade dos processos de amaciamento *post mortem* da carne. Por outro lado, McKee e Sams (1998) e Rathgeber, Boles e Shand (1999) e recomendam um rápido resfriamento nas carcaças das aves, pois assim haveria uma desaceleração do metabolismo celular e conseqüentemente da glicólise *post-mortem* no músculo. Estes autores encontraram menores palidez e perdas por cozimento da carne submetida ao resfriamento rápido em comparação à carne submetida ao resfriamento lento.

De acordo com Sams (1999), outro fator que pode causar alterações na qualidade da carne é a desossa. Recomenda-se estocar carcaças inteiras a temperaturas inferiores a 4°C por pelo menos quatro horas antes da desossa, caso contrário a manipulação da carcaça irá causar o endurecimento da carne, devido à estimulação do músculo antes da finalização do *rigor mortis* (ZOCCHI; SAMS, 1999).

Segundo Le Bihan-Duval et al. (2003), quando as condições experimentais são padronizadas, garantindo a consistência das mensurações, controlam-se os fatores externos que desencadeiam a expressão dos defeitos relacionados ao fenômeno PSE, ajudando a identificar os fatores genéticos dos atributos de qualidade de carne e a estabelecer as estratégias para selecionar as aves para estas características.

2.5 A carne DFD

O fenômeno DFD (do inglês *dark, firm, dry*, que significa carne escura, dura e seca) também é prognosticado pela presença de alterações nas características relacionadas à qualidade da carne, como cor, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento. A condição DFD ocorre devido à baixa concentração de glicogênio no momento do abate, conduzindo a uma glicólise lenta com pouca formação de ácido lático e, conseqüentemente, com pH final mais elevado. Sua incidência depende essencialmente de condições de manejo pré-abate (baixas temperaturas ambientais, privação de ração, tempo de transporte, etc.), que levam à baixa concentração de glicogênio muscular. Desta forma, a carne DFD tem suas proteínas miofibrilares com sua capacidade de reter água potencializada, de modo que a superfície da carne se torna seca e a presença da água intracelular traz como conseqüência um aspecto avermelhado. Os filés de frango com a condição DFD tendem a apresentar menor perda de água após o cozimento que filés normais ou PSE (ODA et al., 2003).

2.6 Efeitos da seleção na qualidade da carne

Segundo Dransfield e Sosnicki (1999) os problemas que vêm ocorrendo com a qualidade da carne de aves estão relacionados com a seleção destes animais para rápido crescimento, entretanto, os resultados encontrados na literatura muitas vezes divergem a este respeito. Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) sugeriram uma relação entre a seleção

para as características de desempenho que vem sendo empregada e a qualidade da carne em frangos. Estes autores utilizaram aves de linhagem selecionada para o peso vivo e o peso do peito e as compararam com aves de linhagem não-selecionada, encontrando que a capacidade de retenção de água foi maior em aves selecionadas para maior peso de peito, mas que, no entanto, a seleção para o peso vivo e para o peso de peito resultou em maior palidez da carne. Santé et al. (1991) encontraram um rápido declínio de pH em carne de perus selecionados para alto desempenho, com velocidade de queda de pH 1,4 vezes maior nestes animais do que em animais controle. Segundo Debut et al. (2003) aves selecionadas para alta taxa de crescimento tiveram maior velocidade de queda de pH *post mortem* e carne mais pálida, contudo a carne destas aves apresentou menores perdas de água por exsudação e maiores rendimentos após o processamento. Segundo Fernandez et al. (2001), a velocidade e a amplitude da queda de pH *post mortem* não foram afetadas pela seleção para alta taxa de crescimento. Entretanto, de acordo com estes autores, em 24 horas *post mortem*, aves selecionadas para alta taxa de crescimento apresentaram carne mais pálida, mas menores perdas de água por exsudação e por cozimento e menor força de cisalhamento. De acordo com Berri et al. (2001), a seleção para maiores peso vivo e peso de peito e menor deposição de gordura abdominal resultou em maior teor de proteína, e menores teores de umidade e mioglobina no músculo do peito dos frangos. Segundo estes autores, aves selecionadas exibiram menores perdas de água por exsudação e apresentaram menor velocidade e amplitude de queda de pH *post mortem*. Entretanto, a carne do peito destas aves foi mais pálida, com menor teor de vermelho e de amarelo do que aves não-selecionadas, condizendo com os menores teores de mioglobina encontrados no músculo destes animais. Segundo Dransfield e Sosnicki (1999), a seleção para altas taxas de crescimento pode influenciar na velocidade e na amplitude da queda do pH e conseqüentemente no desenvolvimento do *rigor mortis*. Segundo Santé et al. (1995), em perus selecionados para alta taxa de crescimento a

velocidade de declínio de pH foi cerca de 0,04 unidade por minuto, duas vezes a velocidade de aves não selecionadas. Entretanto, de acordo com Rémignon, Desrosiers e Marche (1996), não foram observadas diferenças na qualidade em termos de pH, cor e perdas de água por exsudação em aves selecionadas a favor do peso do peito quando comparadas com aves não-selecionadas.

De acordo com Rémignon et al. (1995), as características das fibras musculares podem ser alteradas devido à seleção dos animais para alta taxa de crescimento. 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 estes animais (RÉMIGNON et al., 1995; SANTIAGO, 2001). Segundo Dransfield e Sosnicki (1999) a seleção para maiores taxas de crescimento pode resultar em maior diâmetro das fibras musculares, mas também em maior proporção de fibras glicolíticas no músculo do peito, assim como no estudo de Klosowska, Rosinski e Elminowska-Wenda (1993), aonde gansos selecionados para produção de carne tiveram o músculo do peito com maior proporção de fibras brancas e de maior diâmetro do que as selecionadas para produção de ovos. Também segundo Swatland (1989), a seleção para crescimento rápido resulta em aumento de número de fibras brancas, de contração rápida.

2.7 Estimativas de herdabilidade das características de qualidade de carne

A herdabilidade (h^2) constitui a expressão 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.

A genética possui grande impacto nos processos bioquímicos durante o *rigor mortis* e no desenvolvimento do fenômeno PSE em frangos (ANTHONY, 1998; SOLOMON; VAN

LAACK; EASTRIDGE, 1998; SAMS, 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; FERRAZ, 2006).

2.7.1 pH

De acordo com Le Bihan-Duval et al. (2001) a estimativa de herdabilidade para o pH aferido em 15 minutos após o abate em frangos foi de $0,49 \pm 0,01$ 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 $0,21 \pm 0,04$. As estimativas de herdabilidade para o pH aferido em 24 horas após o abate em aves foram de $0,49 \pm 0,11$, $0,35 \pm 0,03$ e $0,16 \pm 0,04$ (LE BIHAN-DUVAL; MILLET; RÉMIGNON, 1999; LE BIHAN-DUVAL et al., 2001; 2003). Assim, segundo estes estudos, as medidas de pH nos tempos estudados, de modo geral, podem ser capazes de apresentar uma boa resposta à seleção.

2.7.2 Parâmetros de cor

Em relação aos parâmetros de cor da carne de aves, Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) encontraram estimativas de herdabilidade de $0,75 \pm 0,08$, $0,50 \pm 0,03$ e $0,12 \pm 0,04$ para a luminosidade, de $0,81 \pm 0,04$, $0,57 \pm 0,02$ e $0,21 \pm 0,05$ para o teor de vermelho e de $0,64 \pm 0,06$, $0,55 \pm 0,04$ e $0,14 \pm 0,04$ para o teor de amarelo, respectivamente.

2.7.3 Perdas de água por exsudação

Para as perdas de água por exsudação da carne de frangos, a estimativa de herdabilidade descrita na literatura foi de $0,39 \pm 0,04$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001).

Desta forma, parece haver um predominante papel da genética no controle do pH, da cor e da capacidade de retenção de água da carne, indicando que estas características podem apresentar uma satisfatória resposta à seleção.

2.8 Estimativas de correlações entre características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal

A correlação genética 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, Pollak e Oltenacu (1987) se algum gene afeta duas características, então estas características são correlacionadas geneticamente. De acordo com Campos e Pereira (1999) 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. O coeficiente de correlação fenotípica é o coeficiente de correlação entre os valores fenotípicos do indivíduo, para as duas características (ELER, 2001).

Uma vez considerada a possibilidade de efeitos da seleção para taxa de crescimento na qualidade da carne das aves, o estudo das correlações genéticas entre as características de qualidade de carne e as características normalmente utilizadas como critério nos programas de melhoramento genético faz-se necessário para a identificação das respostas correlacionadas à qualidade da carne.

2.8.1 pH e características de desempenho e carcaça

O pH aferido em 15 minutos após o abate possuiu baixas estimativas de correlações genéticas com o peso vivo e o peso dos frangos, tendo sido obtidas por estes autores estimativas que variaram entre $-0,06 \pm 0,02$ e $0,12 \pm 0,03$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Da

mesma forma, o pH aferido em 24 horas após o abate não esteve relacionado geneticamente com o peso vivo, o peso de peito e o rendimento de peito em frangos, uma vez que as estimativas de correlações genéticas entre estas características descritas por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) estiveram entre $-0,12 \pm 0,04$ e $0,13 \pm 0,03$. Entretanto, em perus, foi encontrada uma associação genética entre os pHs aferidos em 20 minutos e em 24 horas após o abate e o peso vivo e o rendimento de peito, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas entre estas características, que variaram entre $0,23 \pm 0,14$ e $0,62 \pm 0,10$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003). Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) utilizaram o método da máxima verossimilhança restrita em suas análises.

A seleção a favor do peso vivo, do peso de peito e do rendimento de peito pouco poderia interferir nos valores de pH, de acordo com Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001). Todavia, segundo Le Bihan-Duval et al. (2003), a seleção para estas características poderia incrementar estes valores.

2.8.2 Luminosidade e características de desempenho e carcaça

A luminosidade foi diretamente correlacionada com o peso vivo e o rendimento de peito de frangos, tendo sido encontradas na literatura estimativas de correlações genéticas de $0,51 \pm 0,08$ e $0,37 \pm 0,05$ entre estas características (LE BIHAN-DUVAL; MILLET; RÉMIGNON, 1999). Já de acordo com Le Bihan-Duval et al. (2001) houve pequena associação entre a luminosidade e o peso vivo e o rendimento de peito de frangos, com base nas estimativas de correlações genéticas entre estas características, que foram de $0,16 \pm 0,01$ e $-0,07 \pm 0,03$, respectivamente. Entretanto, a luminosidade da carne em perus foi associada geneticamente e antagonicamente com o peso vivo e o rendimento de peito, uma vez que as

estimativas de correlações genéticas entre estas características foram de $-0,24 \pm 0,17$ e $-0,41 \pm 0,19$, respectivamente (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003).

2.8.3 Teor de vermelho e características de desempenho e carcaça

Segundo Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) o teor de vermelho foi relacionado geneticamente e antagonicamente com o peso vivo e o rendimento de peito de frangos, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas entre estas características, que variaram entre $-0,51 \pm 0,04$ e $-0,25 \pm 0,05$. Contudo, o teor de vermelho em perus possuiu estimativas de correlações genéticas com o peso vivo e o rendimento de peito de $0,13 \pm 0,11$ e $-0,18 \pm 0,12$, respectivamente, não parecendo estarem estas características muito relacionadas geneticamente (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003).

2.8.4 Teor de amarelo e características de desempenho e carcaça

Segundo os estudos encontrados na literatura o teor de amarelo possuiu uma associação genética antagônica com o peso vivo, o peso de peito e o rendimento de peito das aves, tendo sido descritas entre estas características estimativas de correlações genéticas variando entre $-0,49 \pm 0,15$ e $-0,13 \pm 0,05$ (LE BIHAN-DUVAL; MILLET; RÉMIGNON, 1999; LE BIHAN-DUVAL, 2001; 2003), exceto por um dos resultados do estudo de Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999), que encontraram uma estimativa de correlação genética positiva e baixa entre o teor de amarelo e o peso vivo dos frangos, com valor de $0,11 \pm 0,06$.

Desta forma, a seleção a favor do peso vivo, do peso de peito e do rendimento de peito pode ser capaz de aumentar a palidez da carne, através do aumento da luminosidade, segundo Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999), da redução dos teores de vermelho, segundo Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) e dos teores de

amarelo, segundo Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003). Entretanto, segundo Le Bihan-Duval et al. (2001), a seleção a favor do peso vivo e do rendimento de peito não teria efeito na luminosidade da carne, e de acordo com Le Bihan-Duval et al. (2003), tal seleção poderia, inclusive, reduzir a luminosidade da carne.

2.8.5 Perdas de água por exsudação e características de desempenho e carcaça

As perdas de água por exsudação da carne foram correlacionadas com o peso vivo e o rendimento de peito de frangos em pequena intensidade, tendo sido encontradas na literatura estimativas de correlações genéticas de $-0,04 \pm 0,05$ e $-0,16 \pm 0,04$ entre estas características (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Assim, a seleção a favor destas características de desempenho e carcaça pouco poderia interferir nas perdas de água por exsudação da carne.

2.8.6 pH e peso da gordura abdominal

Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram estimativa de correlação genética próxima de zero entre o pH aferido em 15 minutos após o abate e o peso da gordura abdominal em frangos. Entre o peso da gordura abdominal e o pH aferido em 24 horas após o abate as estimativas de correlações genéticas encontradas por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) foram de $-0,64$ e $-0,54 \pm 0,04$, respectivamente. Desta forma, segundo estes autores, a seleção contra a deposição de gordura abdominal parece ser capaz de incrementar o pH aferido em 24 horas após o abate.

2.8.7 Parâmetros de cor e peso da gordura abdominal

No estudo de Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999), a deposição de gordura abdominal foi associada geneticamente com a luminosidade e os teores de vermelho e amarelo, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas entre estas características, que

foram de $0,48 \pm 0,16$, $0,13 \pm 0,05$ e $0,36 \pm 0,11$, respectivamente, relatando que a seleção contra a deposição de gordura abdominal poderia reduzir a luminosidade da carne. A estimativa de correlação genética entre o peso da gordura abdominal e a luminosidade da carne foi de $0,50 \pm 0,05$ entre o peso da gordura abdominal e os teores de vermelho e amarelo foram de $-0,24 \pm 0,03$ e $-0,02 \pm 0,04$, respectivamente (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001), indicando que a seleção contra a deposição de gordura abdominal nos frangos pode contribuir para diminuir a luminosidade da carne.

2.8.8 Perdas de água por exsudação e peso da gordura abdominal

As perdas de água por exsudação foram associadas geneticamente com a deposição de gordura abdominal em frangos, tendo sido encontrada estimativa de correlação genética de $0,29 \pm 0,06$ entre estas características (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Assim, a seleção contra a deposição de gordura abdominal nos frangos pode contribuir para reduzir as perdas de água por exsudação.

2.9 Estimativas de correlações entre as características de qualidade de carne

De acordo com Swatland (1995), pode-se prognosticar a condição PSE pela combinação dos resultados de pH, cor e capacidade de retenção de água da carne, tornando-se importante, desta forma, o estudo das correlações entre estas características para uma melhor caracterização deste fenômeno.

2.9.1 pH e luminosidade

Segundo Debut et al. (2003), o pH aferido em 15 minutos após o abate das aves não teve relação fenotípica com a luminosidade da carne. Da mesma forma, o pH aferido em 15 minutos após o abate teve pequena correlação genética com a luminosidade em frangos, com

estimativa de $0,13 \pm 0,03$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Já Le Bihan-Duval et al. (2003) encontraram estimativa de correlação genética antagônica entre o pH aferido em 20 minutos após o abate e a luminosidade da carne de perus, com valor de $-0,80 \pm 0,10$, o que, segundo estes autores, é um indicativo da condição PSE. Debut et al. (2003) encontraram associação fenotípica antagônica entre luminosidade da carne de aves e o pH aferido em 24 horas após o abate, tendo sido obtidos valores de correlação fenotípica de $-0,64$ e $-0,66$ em diferentes linhagens. Do mesmo modo, Barbut (1993) e Fletcher (1999) encontraram um antagonismo entre o pH aferido em 24 horas após o abate e a luminosidade da carne de aves, tendo obtido estimativas de correlação fenotípica de $-0,71$ e $-0,63$. Barbut (1997) também afirma existir tal antagonismo em aves. Existiu uma associação genética antagônica entre o pH aferido em 24 horas após o abate e a luminosidade da carne das aves, tendo sido obtidas estimativas de correlações genéticas de $-0,65 \pm 0,10$, $-0,91 \pm 0,02$ e $-0,53 \pm 0,19$, respectivamente, entre estas características (LE BIHAN-DUVAL; MILLET; RÉMIGNON, 1999; LE BIHAN-DUVAL et al., 2001; 2003).

2.9.2 pH e teor de vermelho

Debut et al. (2003) encontraram um antagonismo entre o teor de vermelho da carne de aves e o pH aferido em 15 minutos após o abate, tendo sido encontradas estimativas de correlações fenotípicas de $-0,27$ e $-0,51$ entre estas características em diferentes linhagens, havendo, assim, um aumento do teor de vermelho da carne face a uma rápida glicólise *post mortem*. Os pHs aferidos em 15 e 20 minutos após o abate, respectivamente, foram correlacionados geneticamente com o teor de vermelho da carne das aves, tendo sido estimadas correlações genéticas entre estas características de $-0,23 \pm 0,03$ e $-0,25 \pm 0,11$, respectivamente (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001; 2003). De acordo com Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) a associação entre o pH aferido em

24 horas após o abate e o teor de vermelho da carne de frangos foi pequena, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas encontradas entre estas características, de $0,11 \pm 0,08$ e $0,14 \pm 0,06$, respectivamente.

2.9.3 pH e teor de amarelo

O pH aferido em 15 minutos após o abate não foi correlacionado geneticamente com o teor de amarelo da carne de frangos, tendo sido estimada correlação genética entre estas características próxima de zero (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Entretanto, de acordo com Le Bihan-Duval et al. (2003), o teor de amarelo esteve geneticamente e antagonicamente relacionado com o pH aferido em 20 minutos após o abate, com base na estimativa de correlação genética entre estas características obtida por estes autores, que foi de $-0,35 \pm 0,20$. Debut et al. (2003) encontraram um antagonismo entre o teor de amarelo da carne de aves e o pH aferido em 24 horas após o abate, tendo obtido estimativas de correlação fenotípica de $-0,40$ e $-0,56$ entre estas características em diferentes linhagens. A estimativa de correlação genética entre o pH aferido em 24 horas após o abate e o teor de amarelo na carne de frangos foi de $-0,43 \pm 0,04$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Contudo, de acordo com Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999), a associação entre o pH aferido em 24 horas após o abate e o teor de amarelo da carne de frangos foi pequena, tendo em vista a estimativa de correlação genética encontrada entre estas características, de $-0,11 \pm 0,11$, embora o erro-padrão desta estimativa tenha sido alto.

Com base na maior parte destes estudos, portanto, pode-se concluir que carnes com maior luminosidade, de modo geral, estão associadas a baixos pHs. Da mesma forma, baixos pHs estiveram associados, de modo geral, com maiores teores de vermelho e amarelo.

2.9.4 pH e perdas de água por exsudação

Menores medidas de pH aferidas em 20 minutos após o abate estiveram associadas com menores rendimentos após o processamento da carne, uma vez que parecem ser relacionadas com maiores perdas de água por exsudação (FERNANDEZ et al., 2002). Debut et al. (2003) encontraram um antagonismo entre o pH aferido em 15 minutos após o abate e as perdas de água por exsudação da carne de aves, tendo sido obtidas correlações fenotípicas de -0,21 e -0,31 entre estas características por estes autores em diferentes linhagens. A estimativa de correlação genética entre o pH aferido em 15 minutos após o abate e as perdas de água por exsudação da carne de frangos foi de $-0,29 \pm 0,04$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Segundo estes estudos, quanto mais ácida a carne, maiores suas perdas de água por exsudação. O pH aferido em 24 horas após o abate está relacionado com a capacidade de retenção de água da carne de aves (BARBUT, 1993; 1997). Debut et al. (2003) encontraram em aves correlações fenotípicas entre o pH aferido em 24 horas após o abate e o rendimento após o processamento da carne de 0,43 e 0,58 em diferentes linhagens. Os mesmos autores encontraram correlações fenotípicas de -0,52 e -0,60 entre o pH aferido em 24 horas após o abate e as perdas de água por exsudação em diferentes linhagens. Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram alta correlação genética entre o pH aferido em 24 horas após o abate e as perdas de água por exsudação da carne de frangos, tendo obtido estimativa de correlação genética de $-0,83 \pm 0,04$ entre estas características. Desta forma, estes autores sugeriram que a seleção para o pH aferido em 24 horas após o abate poderia ser útil em prevenir carnes excessivamente exsudativas.

2.9.5 pH e perdas de água por cozimento

Existiu um antagonismo entre o pH aferido em 24 horas após o abate e as perdas de água por cozimento da carne, uma vez que encontrada estimativa de correlação fenotípica de -0,67 entre estas características (BARBUT, 1993).

2.9.6 pH e força de cisalhamento

De acordo com Fernandez et al. (2002) altos valores de pH aferidos em 24 horas após o abate estariam relacionados com menor força de cisalhamento da carne de perus.

2.9.7 Perdas de água por exsudação e parâmetros de cor

Carnes mais pálidas estão associadas com baixa capacidade de retenção de água em aves (BARBUT, 1993; 1997). Segundo Debut et al. (2003) uma maior luminosidade da carne esteve relacionada com um maior rendimento após o processamento da carne do peito de aves, com base nas estimativas de correlações fenotípicas obtidas, de 0,45 e 0,66 em diferentes linhagens. Entretanto, maiores perdas de água por exsudação estiveram relacionadas geneticamente com uma maior luminosidade da carne de frangos, com base na estimativa de correlação genética encontrada na literatura entre estas características, que foi de $0,80 \pm 0,03$ (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001). Segundo estes autores, a seleção para menor luminosidade poderia diminuir as perdas de água por exsudação da carne. De acordo com este estudo, a luminosidade esteve relacionada às perdas de água por exsudação da carne não apenas indiretamente, por meio de sua alta correlação com o pH aferido em 24 horas após o abate, o qual, por sua vez, é correlacionado com estas perdas, conforme já mencionado. Ainda segundo este estudo, a luminosidade pareceu relacionar-se com as perdas de água por exsudação também diretamente, motivo pelo qual estes autores indicaram a seleção contra a luminosidade como critério para reduzir as perdas de água por exsudação, uma vez que esta

característica teve alta herdabilidade (LE BIHAN-DUVAL; MILLET; RÉMIGNON, 1999; LE BIHAN-DUVAL et al., 2001).

As perdas de água por exsudação estiveram relacionadas antagonicamente com o teor de vermelho e associadas com o teor de amarelo da carne de frangos em pequeno grau, com base nas estimativas de correlações genéticas obtidas entre estas características, que foram de $-0,25 \pm 0,07$ e $0,16 \pm 0,07$, respectivamente (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001).

2.9.8 Perdas de água por cozimento e parâmetros de cor

Houve uma associação fenotípica importante entre as perdas de água por cozimento da carne e o parâmetro L, uma vez que a estimativa de correlação fenotípica entre estas características obtida por Barbut (1993) foi de 0,70.

2.9.9 Parâmetros de cor e força de cisalhamento

Segundo Fletcher (1999), não houve efeito dos parâmetros de cor da carne de frangos sobre a medida de força de cisalhamento.

2.9.10 pH e pH

De acordo com Le Bihan-Duval et al. (2001) os pHs aferidos em 15 minutos e em 24 horas após o abate em frangos parecem ser controlados por genes diferentes, pois neste estudo foi estimada uma correlação genética próxima de zero entre estas características. Segundo Sosnicki et al. (1998) estes parâmetros são controlados por mecanismos distintos: o pH aferido em 24 horas após o abate é principalmente determinado pela reservas iniciais de glicogênio do músculo ao abate, enquanto o pH aferido logo após o abate é mais dependente da atividade das enzimas glicolíticas *post mortem*. Em suínos, a reserva de glicogênio muscular foi geneticamente relacionada com o pH aferido em 24 horas após o abate, de modo

que maiores pHs estariam relacionados com menores reservas de glicogênio muscular (LARZUL et al., 1999). Entretanto, segundo estes autores, a reserva de glicogênio não se apresentou relacionada com o pH aferido em 30 minutos após o abate.

Por outro lado, os pHs aferidos em 15 minutos e em 24 horas após o abate foram geneticamente correlacionados, tendo sido obtida estimativa correlação genética de $0,59 \pm 0,10$ entre estas características em perus (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003).

2.9.11 Parâmetros de cor e parâmetros de cor

Segundo Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001), as estimativas de correlações genéticas entre a luminosidade e o teor de vermelho da carne de frangos foram de $-0,45 \pm 0,05$ e $-0,48 \pm 0,05$, respectivamente, havendo desta forma um antagonismo entre estas características. Contudo, a estimativa de correlação genética entre a luminosidade e o teor de vermelho da carne de perus foi de $0,12 \pm 0,04$, não existindo uma associação genética importante entre estas características (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003).

Segundo Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) a luminosidade não foi correlacionada geneticamente com o teor de amarelo em frangos, tendo sido obtida uma estimativa de correlação genética próxima de zero entre estas características. Entretanto, as estimativas de correlações genéticas entre a luminosidade e o teor de amarelo foram de $0,20 \pm 0,04$ e $0,54 \pm 0,18$, respectivamente, indicando haver uma associação genética entre estas características em aves (LE BIHAN-DUVAL et al., 2001; 2003).

De acordo com Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) as estimativas de correlações genéticas entre os teores de vermelho e amarelo em frangos foram de $0,72 \pm 0,06$ e $0,54 \pm 0,04$, respectivamente, indicando que estas características estariam associadas geneticamente. Todavia, a estimativa de correlação genética entre estas características em perus foi próxima de zero (LE BIHAN-DUVAL et al., 2003).

A maior parte destes estudos foi indicativo de que carnes com maior luminosidade tendem a apresentar menores teores de vermelho e maiores teores de amarelo. Além disso, maiores teores de vermelho parecem estar associados geneticamente a maiores teores de amarelo.

2.10 Tendência genética

O estudo das tendências genéticas das características é um elemento importante no monitoramento do processo de seleção. Ela corresponde a uma estimativa da mudança observada nas médias dos valores genéticos dos animais para determinada característica ao longo do seu trabalho de seleção (FERRAZ; ELER, 2000). De acordo com Costa et al. (2001) o estudo das tendências genéticas permite visualizar a mudança ocasionada pelo processo de seleção em determinada característica ao longo dos anos. Dessa forma, é possível quantificar a mudança genética que vêm ocorrendo nas características de qualidade de carne, possibilitando a correção de eventuais erros no direcionamento da seleção que porventura possam estar depreciando a qualidade da carne das aves.

Alguns estudos sobre tendências genéticas em aves têm sido realizados (COSTA et al., 2005; GAYA et al., 2005; REZENDE et al., 2005), entretanto, com relação à análise de tendências genéticas de características de qualidade de carne não são encontrados trabalhos na literatura.

2.11 Considerações sobre a seleção para características de qualidade de carne

Apesar dos prejuízos da indústria devidos a problemas com a qualidade da carne, pouca atenção vem sendo dada ao problema PSE, especialmente em frangos (BARBUT, 1997; 1998). O estudo dos parâmetros genéticos e fenotípicos das características relacionadas à condição PSE pode favorecer a obtenção de produtos de melhor qualidade sensorial

(OLIVO, 1999) e de maior rentabilidade (ANADÓN, 2002). Bressan (1998) afirma que uma medida importante é a identificação dos frangos que desenvolvem a condição PSE para um possível controle. Le Bihan-Duval et al. (1998) afirmam que a seleção de frangos de corte deve levar em consideração a qualidade do produto final, devendo haver um monitoramento dos atributos de qualidade da carne e até mesmo sua inclusão nos índices de seleção de um programa de melhoramento genético (SANCEVERO; ANTUNES, 1998). Devem-se identificar características associadas à qualidade da carne e também analisar os atributos de qualidade em genótipos utilizados comercialmente, para que se obtenham informações que levem à redução da condição PSE nestas linhagens (RATHGEBER; BOLES; SHAND, 1999; ANADÓN, 2002). De acordo com Souza (2000), nas próximas décadas, aumentará ainda mais a importância a ser dada a características ligadas à qualidade da carne nos programas de melhoramento genético, todavia, faz-se necessário um entendimento do processo de seleção comercial para identificar os benefícios e limitações de uma solução genética para o problema PSE (ANTHONY, 1998).

3 HIPÓTESES

- Existe variabilidade genética nas características ligadas à qualidade de carne em frangos.

- Esta variabilidade torna possível a obtenção de resultados expressivos nas respostas à seleção para estas características, especialmente se considerado o intenso uso dessa carne na indústria de alimentos.

4 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram estimar os parâmetros genéticos (herdabilidade e correlações genéticas) e fenotípicos (correlações fenotípicas) das características de qualidade de carne e de características de desempenho, carcaça e composição corporal em uma linhagem macho de frango de corte, bem como estimar as tendências genéticas das características de qualidade de carne nesta linhagem. Desta forma, ter-se-á:

- a caracterização da qualidade da carne nesta linhagem de frangos de corte através do estudo da relação entre estas características;
- a identificação de critérios de seleção relacionados à qualidade da carne;
- a identificação de associações entre a composição corporal das aves e as características de qualidade de carne.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Coleta 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 frango 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*.

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, para garantir a saúde e o desempenho das aves.

Foram fornecidos pela Agroceres Ross Melhoramento de Aves S. A. cerca de 50 mil dados de peso à seleção juvenil (PS), em gramas, e de 30 mil dados de medidas de ultra-sonografia da profundidade do músculo peitoral (US), em milímetros, ambos registrados no momento da seleção juvenil, ainda na granja. A característica de ultra-sonografia de músculo peitoral foi considerada como a média das medidas aferidas no sentido longitudinal (Figura 1) e transversal. O banco de *pedigree* das aves também foi fornecido pela empresa, com um total de 107.154 indivíduos e no qual constam todos os animais utilizados nesta pesquisa.



Figura 1 – Aferição por ultra-sonografia da profundidade do músculo peitoral, no sentido longitudinal

A coleta dos dados de peso ao abate e as informações de carcaça e vísceras dos animais foi realizada no Matadouro Escola do Campus da USP em Pirassununga, no período de maio de 2005 a março de 2006. 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. O transporte das aves até o matadouro levou em torno de seis horas. As aves permaneceram em restrição hidro-alimentar por um período de pelo menos dez horas. A voltagem utilizada para o choque elétrico de insensibilização das aves foi de 40 Volts, com corrente de 60 Hertz e média de dois Amperes por ave, durante nove segundos. A escaldagem foi realizada a uma temperatura de 57°C por dois minutos. A sangria das aves ocorreu por um período de três minutos.

Foram coletados dados de peso ao abate, carcaça e composição corporal de cerca de 3.500 aves e, destas, cerca de 2.200 foram submetidas à coleta de informações de qualidade de carne, as quais foram realizadas no referido matadouro e no Laboratório de Carnes da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP. Os abates foram realizados quinzenalmente, conforme cronograma fornecido pela empresa. Adicionalmente, foram utilizados dados de desempenho, carcaça e composição corporal, cujo banco vem sendo

constituído e gerenciado desde o ano de 2002 pelo Grupo de Melhoramento Animal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, com cerca de 12.500 informações de desempenho e carcaça e 8.500 informações de composição corporal. Estas aves são ligadas por laços de parentesco àquelas nas quais dados de qualidade de carne, desempenho, carcaça e composição corporal foram coletados nesta pesquisa, uma vez que pertencem à mesma linha de seleção.

Após cada abate, as carcaças foram armazenadas em câmara fria a 0°C, onde permaneceram até o dia seguinte, quando acontecia a desossa. Também as vísceras foram acondicionadas em sacos plásticos em câmara fria a 0°C e pesadas em dois a três dias subseqüentes aos abates.

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

- Característica de desempenho: peso ao abate (PA), registrado no abatedouro, antecedendo o abate, em gramas (Figura 2);



Figura 2 – Registro do peso ao abate da ave

- Características de carcaça: peso do peito (PPEI), desossado e sem pele, registrado após refrigeração da carcaça, em gramas (Figura 3), peso eviscerado (PE), correspondente ao peso

da carcaça quente, eviscerada, sem pescoço e pés, em gramas, e peso de pernas (PPER), correspondente ao peso da coxa mais a sobrecoxa com pele e ossos, em gramas;



Figura 3 – Peitos desossados, sem pele

- Característica de composição corporal: peso da gordura abdominal (GOR), correspondente ao peso da placa de gordura abdominal mais o peso da gordura aderida à moela, em gramas (Figuras 4 e 5), peso do fígado (FIG), em gramas, e peso do coração (COR), em gramas.



Figura 4 – Moela com a gordura aderida



Figura 5 – Placa de gordura abdominal (à esquerda) mais gordura removida da moela

- Características de qualidade de carne

- pH

A aferição de pH da carne foi realizada no músculo *Pectoralis major* em sua porção crânio-ventral e metade superior, utilizando-se um peagâmetro digital (modelo TCO-01,

marca Onda Científica). O aparelho foi sempre calibrado com dois padrões (pH 4,0 e pH 7,0). O pH foi aferido de 15 a 30 minutos após o abate (pH inicial, ou pH_i) (Figura 6), em 6 horas após a medida de pH inicial (pH_6) e em 24 horas após medida de pH inicial (pH final, ou pH_f). Após a aferição do pH_i , as carcaças foram submetidas a um resfriamento por imersão em tanque de inox contendo água e gelo, com temperatura padronizada a 10°C (SILVA et al., 2005) e armazenadas em câmara fria a 0°C. As carcaças eram retiradas e imediatamente recolocadas na câmara fria para a aferição do pH_6 . Após a mensuração do pH_6 as carcaças ficaram na câmara fria até o dia seguinte, no momento da desossa, quando então foi aferido o pH_f . A temperatura da carne foi aferida concomitantemente às mensurações de pH.



Figura 6 – Aferição do pH e da temperatura iniciais da carne

- amplitudes de queda do pH

A partir das medidas de pH realizadas foram calculadas duas medidas de amplitude que queda do pH: amplitude inicial, ou AM_i (pH_i menos o pH_6) e amplitude final, ou AM_f (pH menos o pH_f).

- cor

A cor da carne foi avaliada pelo Sistema CIELab, com determinação dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (teor de vermelho) e b^* (teor de amarelo), com fonte de luz D_{65} , ângulo de observação de 10° e abertura da célula de medida de 30 mm. A determinação da cor foi realizada com o auxílio de um colorímetro portátil (modelo MiniScan XE, marca HunterLab). O aparelho foi sempre calibrado com um padrão branco ($L^*=93,80$, $a^*=-0,89$, $b^*=0,95$) e outro preto ($L^*=1,19$, $a^*=1,27$, $b^*=1,92$). As medidas de cor foram realizadas em 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 o valor determinado (Figura 7).



Figura 7 – Registro da cor da carne

- 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 (Figuras 8, 9 e 10). 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.



Figura 8 – Amostras de carne envoltas por malha para posterior determinação das perdas de água por exsudação



Figura 9 – Amostras de carne envoltas por malha e suspensas por sacos plásticos para determinação das perdas de água por exsudação



Figura 10 – Amostra de carne envolta por malha e suspensa por saco plástico repleto de ar. Observa-se água proveniente de exsudação da carne ao fundo do saco plástico, após refrigeração por 24 horas.

- 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 (Figuras 11 e 12). As amostras foram descongeladas em refrigerador (Figura 13) a 4°C e então pesadas (Figura 14). A diferença em porcentagem entre o peso inicial e o final correspondeu à perda de água por descongelamento.



Figura 11 – Amostras de carne acondicionadas em sacos plásticos para posterior congelamento e determinação das perdas de água por descongelamento



Figura 12 – Amostras de carne congeladas para determinação das perdas de água por descongelamento



Figura 13 – Descongelamento das amostras destinadas à determinação das perdas por descongelamento em refrigerador



Figura 14 – Pesagem de amostra de carne descongelada

- 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 (Figuras 15 e 16). 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.



Figura 15 – Amostras de carne assando em forno elétrico



Figura 16 – Amostra de carne depois de assada em forno elétrico. Observa-se água proveniente de perdas por cozimento ao fundo da bandeja de alumínio.

- 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 (Figura 17), que foram cisalhados com uma lâmina tipo *Warner Bratzler* (Figura 18).



Figura 17 – Paralelepípedos retirados das amostras de carne após assadas para determinação da força de cisalhamento



Figura 18 – Determinação da força de cisalhamento da carne por 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.

5.2 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* (Figura 19).

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 ao abate e 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. No entanto, para o registro de outras informações durante o abate, tornou-se necessário o uso de uma metodologia independente. Para coleta e pesagem das vísceras, foi utilizado o *software* apresentado por Gaya et al. (2003). Foi confeccionado, no mesmo grupo de pesquisa, um outro programa computacional capaz de registrar as informações de qualidade de carne das aves, como pH e temperatura (MATTOS et al., 2006) que foi utilizado neste estudo, para o qual foram utilizados equipamentos (microcomputador portátil com entradas para comunicação com peagâmetro, colorímetro e balança) que permitiram o registro automático das informações (Figuras 20 e 21).



Figura 19 – Leitura ótica da anilha da ave, a qual contém todas as informações para sua identificação e de seu *pedigree*



Figura 20 – Equipamentos utilizados para coleta dos dados, que permitiram a utilização do *software* desenvolvido para este estudo

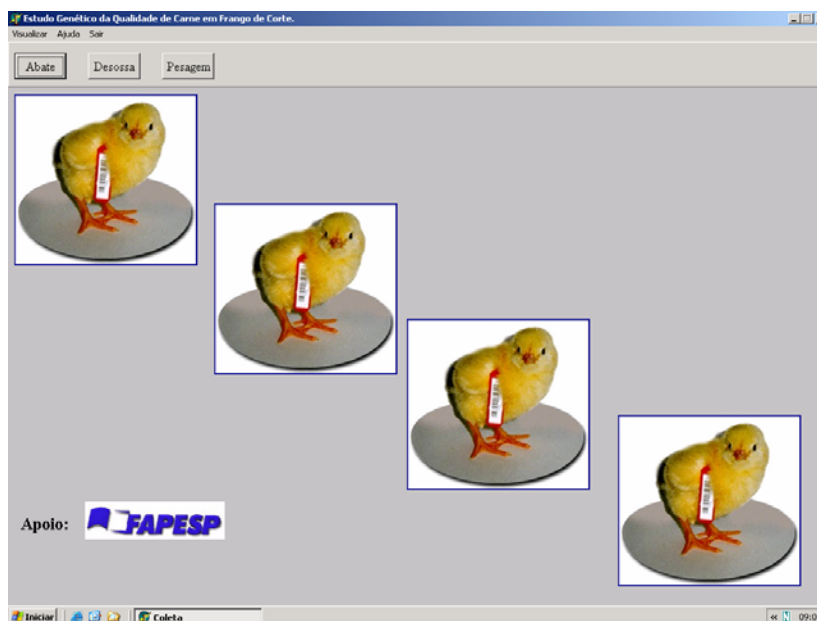


Figura 21 – Tela de apresentação do *software* desenvolvido para coleta dos dados deste estudo

5.3 Realização das análises genéticas

Após a coleta das informações, iniciou-se a montagem do banco de dados. Os dados foram processados no Grupo de Melhoramento Animal, do Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, em Pirassununga-SP.

5.3.1 Manipulação dos dados e análises estatísticas preliminares

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. Todo processo de avaliação genética conta com a entrada e a conferência dos dados em um sistema computacional, fase essencial, pois dela dependerá a integridade das avaliações, de acordo com Trovo e Razook (1995). Segundo os mesmos autores é fundamental a confiabilidade dos registros, com a correta identificação dos animais. De

acordo com Josahkian (1998) a qualidade dos resultados obtidos nas avaliações genéticas é diretamente relacionada à qualidade e à idoneidade das informações fornecidas ao sistema.

Além disto, pôde-se identificar os *outliers* para cada característica através do uso do *box-plot* utilizando-se o *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 1999), os quais foram removidos do banco de dados. Segundo Hopkins, Hopkins e Glass (1996) os *outliers* freqüentemente são informações de qualidade duvidosa, podendo consistir em falhas tanto no momento da coleta como na entrada dos dados no sistema computacional.

Foi calculada a estatística descritiva das características estudadas (médias, desvios-padrão, coeficientes de variação, valores mínimo e máximo) através do *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 1999), por intermédio do procedimento PROC MEANS.

Adicionalmente, realizou-se o cálculo do número de gerações contidas no arquivo de *pedigree*, fornecido pela Agrocere, por meio do programa CALGERA (MOURÃO; FIGUEIREDO; MATTOS, 2004), constatando-se que este arquivo compunha-se de seis gerações de animais.

5.3.2 Metodologia de análise

Foram realizadas análises genéticas uni e bi-características. As estimativas dos componentes de (co) variância foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML), utilizando-se o programa MTDFREML (*Multiple trait derivative-free restricted maximum likelihood*), desenvolvido por Boldman et al. (1993), o qual faz uso da inversa da matriz de parentesco e modelo animal, que considera todas as informações genealógicas disponíveis. Os erros-padrão das estimativas de herdabilidade foram calculados pelo mesmo programa, utilizando-se metodologia descrita por Searle, Casella e Mcculloch (1992).

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 avaliação dos efeitos fixos (grupos de contemporâneos) e das covariáveis das características estudadas foi determinada pelo procedimento PROC GLM do *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 1999). Para tanto, assumiu-se um nível de significância estatística de 5%. Como aleatório foi considerado o efeito genético aditivo direto.

Os componentes de variância iniciais foram calculados através do *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 1999), por intermédio do procedimento PROC VARCOMP (REZENDE et al., 2003). Já os componentes de covariância iniciais utilizados foram calculados utilizando-se os componentes de variância estimados através do PROC VARCOMP e assumindo-se como 0,50 as correlações entre as características, por ser este um valor intermediário.

As tendências genéticas das características de qualidade de carne foram estimadas por intermédio da regressão dos valores genéticos das aves em relação à unidade de tempo (gerações). O coeficiente de regressão obtido foi considerado como a tendência genética média da característica. Estas análises de regressão foram realizadas utilizando-se o procedimento PROC REG do *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 1999).

5.3.3 Efeitos fixos e covariáveis testados

Para montagem dos grupos de contemporâneos para as características analisadas, foram testados os efeitos fixos de lote, grupo de acasalamento dos pais, classe de idade da mãe à eclosão, tipo de ração fornecida, estação do ano ao abate, operador e sexo. Cada lote possuía as mesmas condições de criação e data de abate, que representaram as condições ambientais a que esses lotes foram submetidos durante sua vida e ao abate. Os grupos de acasalamento dos pais corresponderam aos lotes dos quais os pais dos indivíduos foram originados, representando as condições ambientais a que estes lotes de pais foram submetidos, podendo exercer alguma influência no desenvolvimento das progênies. Diversas foram as

idades das mães à eclosão das progênies, dadas em semanas, as quais foram distribuídas em diferentes classes, permitindo o teste desta informação como efeito fixo. As informações de desempenho e carcaça foram coletadas em aves que consumiam ração farelada, entretanto as informações pertencentes ao banco de dados do Grupo de Melhoramento Animal, coletadas anteriormente a esta pesquisa, eram de aves que consumiam ração peletizada. Para tanto, criou-se um campo denominado “tipo de ração”, para isolamento deste efeito e seu teste como efeito fixo. Foi também criado o campo “estação do ano ao abate” para teste como efeito fixo, com o objetivo de isolar os efeitos de estresse das aves provenientes da temperatura ambiente. Como mais de uma pessoa foi responsável pela pesagem da gordura e das vísceras, criou-se um campo denominado “operador” para isolamento deste efeito e seu teste como efeito fixo.

Os efeitos fixos de lote, grupo de acasalamento dos pais, classe de idade da mãe à eclosão, tipo de ração e sexo foram testados para todas as características analisadas. Já o efeito da estação do ano ao abate foi testado apenas para informações de carcaça, composição corporal e qualidade de carne e o efeito de operador para informações de composição corporal.

Foram testados os efeitos lineares e quadráticos das covariáveis idade da mãe à eclosão, 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. A informação de idade da mãe à eclosão, além de ter sido testada como efeito fixo quando distribuída em classes, também foi testada como covariável, utilizando-se seu valor em semanas. Alguns animais do banco de dados tiveram a seleção juvenil realizada aos 38 dias de idade da ave, e outros entre 27 e 30 dias. Para isolamento deste efeito e seu teste como covariável, foi criado um campo denominado “idade à seleção” no banco de dados. As informações de desempenho e carcaça coletadas foram coletadas com aves de 44 dias de idade, entretanto as informações pertencentes ao banco de dados do Grupo de Melhoramento Animal, coletadas anteriormente

a esta pesquisa, eram de aves com 42 dias de idade. Para isolamento deste efeito e seu teste como covariável, foi criado um campo denominado “idade ao abate” no banco de dados. Foi também registrada a temperatura da carne paralelamente a cada medida de pH, uma vez que a temperatura da carne pode influenciar na medida de pH, pois pode alterar a velocidade do metabolismo celular, segundo Rathgeber, Boles e Shand (1999). A temperatura da carne foi medida concomitantemente às medidas iniciais, 6 horas e finais de pH.

A idade da mãe à eclosão foi testada como covariável para todas as características analisadas. A idade à seleção e a idade ao abate foram testadas para todas as características, exceto para as características de qualidade de carne, para as quais só havia uma classe destas idades. A temperatura da carne foi testada para as medidas de pH (no caso das temperaturas inicial, 6 horas e final) e para os parâmetros de cor e as perdas de água por exsudação, descongelamento e cozimento (no caso da temperatura final). O peso inicial de exsudação foi testado como covariável apenas para as perdas por exsudação, o peso inicial de congelamento foi testado como covariável apenas para as perdas por descongelamento, o peso final de congelamento foi testado como covariável apenas para as perdas por cozimento e o peso final de cozimento foi testado como covariável apenas para força de cisalhamento, uma vez que houve discrepância entre o tamanho inicial das amostras levadas à determinação das respectivas perdas.

Foi calculada a estatística descritiva (médias, desvios-padrão, coeficientes de variação, valores mínimo e máximo) dos efeitos fixos e covariáveis testados para as características através do *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 1999), por intermédio do procedimento PROC MEANS.

5.3.4 Estimativas de correlações fenotípicas

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

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Manipulação do banco de dados

Dentre os problemas detectados durante a manipulação dos dados, pode-se citar a existência de animais sem nenhuma informação, de animais duplicados e de animais com identificação problemática, registros que foram removidos do banco de dados, além da remoção dos *outliers* para cada característica.

6.2 Estatística descritiva

A estatística descritiva das características após a manipulação do banco de dados é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das características analisadas

Característica ¹	N	M	DP	CV (%)	MIN	MAX
PS (g)	49.483	2069,21	425,01	20,54	860,00	3.300,00
PA (g)	15.950	2.656,11	395,51	14,89	1.408,00	3.874,00
US (mm)	28.155	25,40	2,93	11,55	17,50	33,50
PPEI (g)	15.868	512,93	89,47	17,44	245,00	770,00
PE (g)	15.949	1.869,91	286,18	15,30	960,00	2.776,00
PPER (g)	15.945	647,17	114,23	17,65	294,00	986,00
GOR (g)	11.866	54,12	10,73	19,83	39,00	88,20
FIG (g)	15.576	51,37	9,58	18,65	21,80	78,60
COR (g)	15.248	14,95	3,26	21,78	9,00	28,20
pH _i	938	6,12	0,19	3,02	5,64	6,62
pH ₆	932	5,96	0,18	2,94	5,56	6,45
pH _f	2107	5,80	0,13	2,32	5,44	6,20
AM _i	618	0,26	0,16	61,06	0,01	0,78
AM _f	777	0,32	0,15	46,05	0,01	0,59

continua

	continuação					
L*	2.130	56,07	3,00	5,30	47,62	63,98
a*	2.116	5,35	1,10	20,59	2,26	8,54
b*	2.098	13,59	2,12	15,59	7,77	19,20
EXSU (%)	2.030	2,06	0,58	28,21	0,30	3,70
CONG (%)	2.125	6,46	3,22	49,82	0,40	18,30
COZ (%)	2.122	21,26	4,17	19,62	8,80	32,60
FC (kg)	2.113	1,21	0,41	33,94	0,30	2,50

¹PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; PPER = peso de pernas; GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

6.3 Formação de grupos de contemporâneos e análise de covariáveis

Com relação à distribuição dos efeitos fixos testados, os lotes distribuíram-se em 52 classes, variando de 692 a 2.263 animais em cada uma delas, e os grupos de acasalamento dos pais foram distribuídos em 38 classes, variando de 284 a 3.408 animais em cada classe. Com relação aos demais efeitos fixos testados, são apresentadas nas Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6 suas estatísticas descritivas.

Com relação à distribuição das covariáveis testadas, a idade da mãe à eclosão foi distribuída em 22 diferentes idades, as quais variaram entre 32 e 59 semanas, embora grande parte dos animais não tivesse esta informação. Com relação às demais covariáveis testadas, são apresentadas nas Tabelas 7, 8, 9 e 10 suas estatísticas descritivas.

Tabela 2 – Classes de idade da mãe à eclosão dos animais testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados

Idade da mãe em semanas	Classe de idade da mãe à	Número de animais por
	eclosão	
Sem informação	0	2345
32 a 34	1	422
35 a 36	2	2847

continua

continuação

37 a 38	3	3708
39 e 41	4	9655
42 e 43	5	4881
45 e 46	6	2340
47 e 48	7	493
49 e 50	8	15
51 e 52	9	853
53 e 55	10	287
56 e 59	11	309

Tabela 3 – Classes de tipos de ração fornecidas aos animais testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados

Tipo de ração	Classe	Número de animais por classe
Peletizada	1	17.907
Farelada	2	10.248

Tabela 4 – Classes de estação do ano ao abate dos animais testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados

Estação do ano ao abate	Classe	Número de animais por classe
Primavera	1	4.392
Verão	2	4.028
Outono	3	3.971
Inverno	4	3.559

Tabela 5 – Classes de operador testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados

Operador	Número de animais por classe
1	4.502
2	1.851
3	1.088
4	3.630
5	795

Tabela 6 – Classes de sexo testadas como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados

Sexo	Classe	Número de animais por classe
Machos	1	18.146
Fêmeas	2	10.009

Tabela 7 – Distribuição das idades à seleção testadas como covariável

Idade à seleção	Número de animais por idade à seleção
27 a 30 dias	10.117
37 a 38 dias	18.038

Tabela 8 – Distribuição das idades ao abate testadas como covariável

Idade ao abate	Número de animais por idade ao abate
42 dias	12.558
44 dias	3.392

Tabela 9 – Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das medidas de temperatura testadas como covariável

Medida de temperatura	N	M	DP	CV (%)	MIN	MAX
Inicial (°C)	938	31,5	2,0	6,2	26,0	36,7
6 horas (°C)	932	14,3	1,7	12,2	9,0	18,5
Final (°C)	2.130	13,3	2,1	15,8	8,0	19,2

Tabela 10 – Número de observações (N), média (M), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) do peso inicial de exsudação, do peso inicial de congelamento, do peso final de congelamento e do peso final de cozimento, testados como covariáveis

Covariáveis testadas	N	M	DP	CV (%)	MIN	MAX
Peso inicial de exsudação (g)	2.030	56,03	10,32	18,43	14,80	85,80
Peso inicial de congelamento (g)	2.125	170,45	49,25	28,89	74,80	2032,60
Peso final de congelamento (g)	2.122	159,27	33,41	20,97	69,00	963,40
Peso final de cozimento (g)	2.113	125,94	27,60	21,92	11,80	251,00

Depois de identificados os efeitos fixos significativos para as características estudadas, deu-se a montagem dos grupos de contemporâneos para cada uma delas. Os grupos de contemporâneos e as covariáveis de efeito significativo para as características são descritos a seguir.

- PS, US, PA, PPEI, PE, PPER, FIG, COR e pH₆

Para estas características os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote, grupo de acasalamento dos pais e sexo. Não houve covariável de efeito significativo para estas características.

- GOR e pH_f

Para GOR e pH_f os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote e grupo de acasalamento dos pais. Também não houve covariável de efeito significativo para estas características.

- pH_i

Para pH_i os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote e grupo de acasalamento dos pais. A temperatura inicial da carne teve efeito linear significativo sobre pH_i, com coeficiente de regressão linear $b = 0,012$.

- AM_i

Para AM_i os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote, grupo de acasalamento dos pais e estação do ano ao abate. A temperatura inicial da carne teve efeito quadrático significativo sobre esta característica, com coeficientes de regressão linear $b_1 = 0,011$ e coeficiente de regressão quadrático $b_2 = 0,0012$.

- AM_f

Para AM_f os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote, grupo de acasalamento dos pais e estação do ano ao abate. As temperaturas inicial e final da carne tiveram efeito linear significativo sobre AM_f , com coeficientes de regressão linear $b = 0,009$ e $b = 0,002$, respectivamente.

- L^* e a^*

Para L^* e a^* os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote, grupo de acasalamento dos pais e sexo. Sobre ambas as características, a temperatura final da carne teve efeito quadrático significativo. Para L^* , foram encontrados os coeficientes de regressão linear $b_1 = -0,07$ e coeficiente de regressão quadrático $b_2 = 0,02$. Para a^* foram encontrados os coeficientes de regressão linear $b_1 = -0,08$ e coeficiente de regressão quadrático $b_2 = -0,01$.

- b^*

Para b^* os grupos de contemporâneos foram formados apenas pelo efeito de lote, e não houve covariável de efeito significativo para esta característica.

- EXSU

Para EXSU os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote e sexo. A temperatura final da carne teve efeito quadrático significativo sobre EXSU, com coeficientes de regressão linear $b_1 = 0,07$ e coeficiente de regressão quadrático $b_2 = -0,001$.

- CONG

Para CONG os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote, grupo de acasalamento dos pais e sexo. A temperatura final da carne teve efeito linear significativo sobre CONG, com coeficiente de regressão linear $b = 0,23$. O peso inicial de congelamento teve efeito quadrático significativo sobre CONG, com coeficientes de regressão linear $b_1 = -0,02$ e coeficiente de regressão quadrático $b_2 = 0,0002$.

- COZ

Para COZ os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote e sexo. A temperatura final da carne e o peso final de congelamento tiveram efeito linear significativo sobre COZ, com coeficientes de regressão linear $b = 0,14$ e $b = -0,09$, respectivamente.

- FC

Para FC os grupos de contemporâneos foram formados pelos efeitos de lote e sexo. O peso final de cozimento teve efeito linear significativo sobre FC, com coeficiente de regressão linear $b = -0,002$.

O efeito de grupo de acasalamento dos pais foi testado utilizando-se a estratégia de aninhamento ao lote, uma vez que os grupos de acasalamento encontravam-se distribuídos ordenadamente dentro dos lotes, isolando-se assim algum confundimento entre estas características, o que poderia interferir nos resultados dos testes.

Os dados dos indivíduos cujo grupo de contemporâneos possuísse menos de dois pais ou menos de cinco aves foram eliminados para a característica em questão, uma vez que constituíam informação de qualidade duvidosa, não sendo computados nas análises genéticas. Estes grupos variaram de 5 a 13 para as características analisadas.

6.4 Análises genéticas

Para fins de análise da estrutura da família que originou os dados, calculou-se o número de pais e de mães e números de lote dos animais dos quais foi coletada cada característica, conforme apresentado na Tabela 11. De modo geral, os animais analisados eram filhos de 505 pais e 3.979 mães diferentes, com uma média de 13 filhos por casal. Observa-se que mesmo no caso de características com menos informações, como no caso de pH_i e de pH_6 , houve uma boa quantidade de pais e mães, além de uma boa quantidade de lotes em que os dados estiveram distribuídos, o que pode favorecer a confiabilidade das estimativas.

Tabela 11 – Números de pais e de mães e números de lotes dos animais dos quais foram coletadas as características analisadas

Característica ¹	Número de pais	Número de mães	Número de lotes
PS	504	3975	50
PA	484	3394	45
US	491	3561	40
PPEI	484	3392	45
PE	484	3394	45
PPER	484	3391	45
GOR	475	3158	44
FIG	484	3383	44
COR	483	3359	44
pH_i	83	444	9
pH_6	82	437	8
pH_f	84	561	9
AM_i	82	374	8
AM_f	83	411	9
L^*	84	566	9
a^*	84	564	9
b^*	84	566	9

continua

			continuação
EXSU	84	564	9
CONG	84	567	9
COZ	84	566	9
FC	84	566	9

¹PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; PPER = peso de pernas; GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

6.4.1 Componentes de (co) variância

Os componentes de (co) variância obtidos através do uso do programa MTDFREML são apresentados nas Tabelas 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Tabela 12 – Componentes de covariâncias genéticas obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de desempenho, carcaça e composição corporal e as características de qualidade de carne

	PS	PA	US	PPEI	PE	PPER	GOR	FIG	COR
pH_i	2,60	-0,16	0,02	0,49	0,14	-0,24	-0,04	0,03	0,02
pH₆	13,41	1,36	-0,01	0,15	1,22	0,09	0,14	0,13	0,02
pH_f	-8,08	-1,05	0,02	0,04	-0,45	-0,47	0,02	0,05	0,01
AM_i	-4,18	-0,43	0,04	0,23	-0,26	-0,06	-0,13	-0,03	0,01
AM_f	-3,51	-0,27	0,01	0,28	0,97	0,57	-0,02	0,04	-0,01
L*	42,45	2,76	0,26	-0,33	4,78	6,93	-1,61	-1,12	-0,01
a*	-21,81	7,67	0,06	0,79	4,62	1,85	-0,12	0,14	-0,07
b*	30,44	20,56	0,36	8,13	17,04	3,05	0,16	0,18	-0,14
EXSU	-47,66	-3,53	0,03	-0,90	-3,43	-1,32	-0,08	-0,20	0,01
CONG	-181,06	23,21	0,25	4,71	15,39	6,98	-0,28	-0,96	0,01
COZ	-285,97	20,74	-0,24	4,36	18,78	9,59	-1,13	-0,95	0,29
FC	4,59	0,38	0,05	0,65	0,42	0,45	0,11	-0,15	-0,01

PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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 13 – Componentes de variância (na diagonal) e covariância genéticas (abaixo da diagonal) obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne

	pH_i	pH₆	pH_f	AM_i	AM_f	L*	a*	b*	EXSU	CONG	COZ	FC
pH_i	0,007											
pH₆	0,003	0,01										
pH_f	0,002	0,01	0,05									
AM_i	0,02	-0,004	-0,004	0,003								
AM_f	0,002	0,001	0,001	0,0002	0,00001							
L*	-0,014	0,04	-0,04	0,05	-0,01	2,13						
a*	0,06	-0,02	0,04	0,01	0,003	-0,23	0,24					
b*	0,33	-0,03	-0,01	0,02	0,001	0,35	0,06	0,54				
EXSU	-0,004	-0,10	-0,01	0,01	0,001	0,05	0,05	0,0001	0,04			
CONG	-0,05	-0,09	-0,08	0,02	-0,01	0,93	0,31	-0,01	0,11	2,13		
COZ	-0,01	-0,04	-0,03	-0,01	0,001	1,34	-0,16	0,24	0,08	0,73	1,27	
FC	0,003	-0,01	-0,01	0,001	-0,001	0,11	0,01	0,01	0,02	0,15	0,20	0,02

pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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 – Componentes de covariância ambientais obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de desempenho, carcaça e composição corporal e as características de qualidade de carne

	PS	PA	US	PPEI	PE	PPER	GOR	FIG	COR
pH_i	2,88	4,14	0,45	0,71	2,85	1,02	0,06	0,10	0,01
pH₆	-8,05	2,37	0,02	0,77	1,94	0,89	0,04	-0,05	-0,01
pH_f	8,18	1,78	0,02	0,55	1,52	0,66	0,01	-0,01	-0,01
AM_i	-0,46	-0,31	-0,02	-0,08	0,25	-0,24	0,03	0,04	0,01
AM_f	3,46	-0,22	0,03	-0,02	0,22	0,23	0,05	0,01	0,02
L*	-49,33	6,26	-0,55	-8,10	0,29	5,21	0,09	0,06	-0,18
a*	-18,81	-12,99	-0,13	-1,08	-9,50	-4,62	-0,08	-0,17	0,14
b*	-41,01	-3,50	-0,53	2,33	-1,69	-2,21	0,63	-0,69	0,04
EXSU	4,28	-7,71	-0,13	-2,45	-5,28	-1,20	-0,33	-0,18	-0,01
CONG	25,75	-51,34	-0,56	-19,00	-36,53	-11,33	0,02	-0,49	-0,01
COZ	-194,76	56,06	0,34	11,79	51,67	17,84	0,22	0,64	-0,01

continua

continuação

FC	-5,29	0,76	-0,03	-0,37	0,66	0,10	-0,21	0,10	-0,01
-----------	-------	------	-------	-------	------	------	-------	------	-------

PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; PPER = peso de pernas; GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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 – Componentes de variância (na diagonal) e covariância ambientais (abaixo da diagonal) obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne

	pH_i	pH₆	pH_f	AM_i	AM_f	L*	a*	b*	EXSU	CONG	COZ	FC
pH_i	0,02											
pH₆	0,002	0,01										
pH_f	0,001	0,003	0,01									
AM_i	0,0001	-0,01	-0,001	0,02								
AM_f	0,0001	-0,002	-0,01	0,13	0,02							
L*	-0,001	-0,10	-0,05	0,01	0,04	4,89						
a*	-0,04	0,01	0,02	0,001	-0,01	-0,72	0,67					
b*	0,01	0,01	-0,02	0,03	0,02	0,34	0,51	2,95				
EXSU	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,22	0,01	0,08	0,27			
CONG	-0,06	-0,06	-0,03	0,14	0,01	1,03	0,06	0,49	0,17	6,14		
COZ	-0,04	-0,03	0,004	0,01	-0,02	0,62	-0,06	-0,19	0,12	1,79	6,72	
FC	-0,003	-0,01	-0,01	0,003	0,002	0,05	0,003	0,01	0,02	0,11	-0,01	0,06

pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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 – Componentes de covariância fenotípicas obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de desempenho, carcaça e composição corporal e as características de qualidade de carne

	PS	PA	US	PPEI	PE	PPER	GOR	FIG	COR
pH_i	5,48	3,98	0,65	1,20	2,99	0,78	0,01	0,13	0,03
pH₆	5,36	3,72	0,01	0,91	3,16	0,97	0,18	0,09	0,02
pH_f	0,10	0,73	0,35	0,59	1,07	0,19	0,03	0,05	0,01
AM_i	-4,64	-0,12	0,03	0,15	-0,01	-0,30	-0,09	0,01	0,01
AM_f	-0,05	-0,07	0,04	0,26	1,18	0,28	0,04	0,05	0,02
L*	-6,88	9,02	-0,29	-8,43	5,07	12,14	-1,52	-1,06	-0,19

continua

	continuação								
a*	-40,62	-5,32	-0,07	-0,29	-4,89	-2,77	-0,20	-0,03	0,07
b*	-10,56	17,07	-0,17	10,46	15,35	0,84	0,79	-0,51	-0,10
EXSU	-43,38	-11,24	-0,10	-3,35	-8,71	-2,53	-0,41	-0,38	-0,01
CONG	-155,31	-28,13	-0,31	-14,29	-21,14	-4,35	-0,26	-1,45	0,01
COZ	-480,73	76,80	0,10	16,16	70,44	27,42	-0,90	-0,30	0,19
FC	-0,69	1,14	0,03	0,28	1,09	0,55	-0,10	-0,05	-0,02

PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; PPER = peso de pernas; GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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 17 – Componentes de variância (na diagonal) e covariância fenotípicas (abaixo da diagonal) obtidas através do uso do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne

	pH _i	pH ₆	pH _f	AM _i	AM _f	L*	a*	b*	EXSU	CONG	COZ	FC
pH_i	0,02											
pH₆	0,01	0,02										
pH_f	0,003	0,01	0,01									
AM_i	0,02	-0,01	-0,01	0,02								
AM_f	0,002	-0,001	-0,01	0,14	0,02							
L*	-0,02	-0,06	-0,09	0,06	0,03	7,01						
a*	0,01	-0,01	0,06	0,01	-0,002	-0,94	0,91					
b*	0,39	-0,02	-0,04	0,05	0,02	0,69	0,57	3,50				
EXSU	-0,02	-0,02	-0,02	0,002	-0,01	0,27	0,06	0,08	0,30			
CONG	0,11	-0,15	-0,11	0,03	0,004	1,96	0,38	0,48	0,28	8,27		
COZ	-0,05	-0,07	-0,03	-0,003	-0,02	1,99	-0,22	0,05	0,19	2,53	7,99	
FC	-0,06	-0,01	-0,01	0,004	0,002	0,15	0,02	0,02	0,03	0,27	0,19	0,08

pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

6.4.2 Estimativas de herdabilidade

As estimativas de herdabilidade para as características de qualidade de carne são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Estimativas de herdabilidade das características de qualidade de carne e seus respectivos erros-padrão obtidas através do programa MTDFREML

Característica¹	Estimativa de herdabilidade	Erro-padrão da estimativa
pH_i	0,03	0,05
pH₆	0,34	0,05
pH_f	0,37	0,06
AM_i	0,13	0,08
AM_f	0,00	0,05
L*	0,30	0,05
a*	0,27	0,05
b*	0,16	0,04
EXSU	0,12	0,04
CONG	0,26	0,05
COZ	0,16	0,04
FC	0,21	0,04

¹pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

A estimativa de herdabilidade obtida para pH_i, de 0,03±0,05, foi menor do que as descritas por Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos e por Le Bihan-Duval et al. (2003), em perus, que foram de 0,49±0,01 e 0,21±0,04, respectivamente, em 15 e 20 minutos após o abate. Já a estimativa obtida para pH_f, de 0,37±0,06, foi semelhante à encontrada por Le Bihan-Duval et al. (2001), que foi de 0,35±0,03. A estimativa de herdabilidade obtida para pH₆ foi de 0,34±0,05. As estimativas das medidas de pH₆ e pH_f foram indicativas da existência de um importante efeito genético aditivo na expressão destas características na linhagem estudada. Já para pH_i, não houve um efeito genético aditivo que levasse à expressão desta característica. As estimativas de herdabilidade para as amplitudes de queda de pH estudadas, que foram de 0,13±0,08 para AM_i e 0,00±0,05 para AM_f, não foram indicativas da existência de um controle genético aditivo destas características.

A estimativa de herdabilidade obtida para o parâmetro de cor L^* , de $0,30 \pm 0,05$, foi intermediária aos valores obtidos por Le Bihan-Duval et al. (2003) em perus, e Le Bihan-Duval et al. (2001), em frangos, para este parâmetro, que foram de $0,12 \pm 0,04$ e $0,50 \pm 0,03$, respectivamente. Já a estimativa obtida para o parâmetro de cor a^* , que foi de $0,27 \pm 0,05$, foi semelhante ao descrito por Le Bihan-Duval et al. (2003) em perus, cujo valor foi de $0,21 \pm 0,05$. Da mesma forma, a estimativa obtida para o parâmetro de cor b^* , que foi de $0,16 \pm 0,04$, foi semelhante ao descrito por Le Bihan-Duval et al. (2003) em perus, cujo valor foi de $0,14 \pm 0,04$. As estimativas de herdabilidade obtidas foram indicativas de que os parâmetros de cor L^* e a^* possuem grande parte de efeito genético aditivo em sua expressão. O mesmo não parece ocorrer para o parâmetro de cor b^* , tendo em vista sua baixa estimativa de herdabilidade.

A estimativa de herdabilidade obtida para EXSU, de $0,12 \pm 0,04$ foi menor do que a encontrada por Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos para esta característica, cujo valor foi de $0,39 \pm 0,04$, e foi indicativa da pouca influência de fatores genéticos aditivos na expressão desta característica. Da mesma forma, as estimativas para CONG, COZ e FC foram baixas, com valores de $0,26 \pm 0,05$, $0,16 \pm 0,04$ e $0,21 \pm 0,04$, respectivamente, indicando haver pouca influência de fatores genéticos aditivos sobre estas características.

Portanto, de modo geral, as características de qualidade de carne de maior efeito genético aditivo dentre as características estudadas seriam pH_6 , pH_f e L^* , o que poderia vir a contribuir para a resposta à seleção destas características caso houvesse interesse em sua utilização como critério de seleção.

As diferenças entre as estimativas obtidas neste trabalho e as encontradas na literatura, relatadas ao longo desta pesquisa, devem-se possivelmente a diferenças entre as linhagens ou mesmo às espécies analisadas, uma vez que se trata do mesmo método de estimação de parâmetros genéticos para este estudo e para os estudos de Le Bihan-Duval, Millet e

Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003), aos quais os resultados obtidos foram comparados.

6.4.3 Estimativas de correlações entre as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal

As estimativas de correlações genéticas e fenotípicas para as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal são apresentadas nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 19 – Estimativas de correlações genéticas entre as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal obtidas através do programa MTDFREML

	PS	PA	US	PPEI	PE	PPER	GOR	FIG	COR
pH_i	0,60	-0,07	0,52	0,55	0,08	-0,33	-0,25	0,32	0,98
pH₆	0,74	0,15	-0,07	0,05	0,18	0,03	0,27	0,42	0,16
pH_f	-0,66	-0,15	0,16	0,02	-0,08	-0,21	0,03	0,21	0,12
AM_i	-0,45	-0,08	0,57	0,37	-0,06	-0,03	0,12	-0,15	0,16
AM_f	-0,98	0,63	0,52	0,98	0,98	0,98	-0,16	0,47	-0,08
L*	0,20	0,02	0,15	-0,01	0,04	0,15	-0,18	-0,22	0,00
a*	-0,29	0,15	0,11	0,05	0,12	0,12	-0,04	0,08	-0,10
b*	0,28	0,27	0,40	0,32	0,28	0,13	0,04	0,07	-0,13
EXSU	-0,51	0,18	0,12	-0,14	-0,22	-0,21	-0,06	-0,29	0,03
CONG	-0,64	0,16	0,15	0,10	0,13	0,15	-0,03	-0,18	0,00
COZ	-0,85	0,18	-0,18	0,11	0,21	0,21	-0,16	-0,23	0,18
FC	0,24	0,03	0,34	0,15	0,04	0,10	0,14	-0,31	-0,07

PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; PPER = peso de pernas. GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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 20 - Estimativas de correlações fenotípicas entre as características de qualidade de carne e características de desempenho, carcaça e composição corporal obtidas através do programa MTDFREML

	PS	PA	US	PPEI	PE	PPER	GOR	FIG	COR
pH_i	0,18	0,01	0,00	0,15	0,13	0,09	0,00	0,14	0,10
pH₆	0,18	0,01	0,06	0,12	0,14	0,11	0,12	0,09	0,05
pH_f	0,01	0,05	0,32	0,11	0,07	0,03	0,03	0,07	0,03
AM_i	-0,15	-0,01	0,12	0,02	0,00	-0,03	-0,06	0,01	0,04
AM_f	0,00	0,00	0,15	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05
L*	-0,01	0,02	-0,06	-0,05	0,01	0,08	-0,06	-0,06	-0,03
a*	-0,20	-0,04	-0,04	-0,01	-0,03	-0,05	-0,02	-0,01	0,03
b*	-0,03	0,07	-0,05	0,10	0,05	0,01	0,04	-0,04	-0,02
EXSU	-0,37	-0,15	-0,10	-0,10	-0,09	-0,08	-0,08	-0,10	0,00
CONG	-0,25	-0,07	-0,06	-0,09	-0,05	-0,02	0,00	-0,07	0,00
COZ	-0,79	0,20	0,00	0,00	0,15	0,16	-0,03	-0,02	0,03
FC	-0,01	0,03	0,06	0,00	0,02	0,03	-0,04	-0,02	-0,03

PS = peso à seleção juvenil; PA = peso ao abate; US = medida de ultra-sonografia de músculo peitoral; PPEI = peso de peito; PE = peso eviscerado; PPER = peso de pernas. GOR = peso da gordura abdominal; FIG = peso do fígado; COR = peso do coração; pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

A seleção a favor de PS pode ser capaz de influenciar em pH_i, pH₆ e pH_f, uma vez obtidas estimativas de correlações genéticas de 0,60, 0,74 e -0,66 entre estas características, respectivamente. Assim, aves com um maior PS tendem a possuir maiores pH_i e pH₆ e, por outro lado, um menor pH_f. A seleção a favor de PS pode também reduzir AM_i e AM_f, de modo que quanto maior o PS das aves, menores as quedas de pH inicial e final, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas encontradas entre PS e AM_i, que foi de -0,45, e entre PS e AM_f, que foi de -0,98. Com base nas estimativas mencionadas, observa-se que o uso de PS como critério de seleção pode ser capaz de exercer grande influência sobre a queda do pH da carne na linhagem analisada.

Entre PS e os parâmetros de cor, existiu uma pequena associação genética, tendo sido encontradas estimativas de correlações genéticas de 0,20 entre PS e L*, de -0,29 entre PS e a*, e de 0,28 entre PS e b*. Assim, nesta linhagem, a seleção a favor de PS pode ser capaz de aumentar L* e b* em pequeno grau e trazer um pequeno decréscimo em a*.

Os resultados indicam uma importante associação genética entre PS e as perdas de água da carne. Foram obtidas estimativas de correlações genéticas de -0,51 entre PS e EXSU, de -0,64 entre PS e CONG e de -0,85 entre PS e COZ, ou seja, aves com maior PS tendem a possuir menores EXSU, CONG e COZ. Assim, os resultados sugerem que a seleção a favor de PS resultaria em impactos significativos e favoráveis nestas características de qualidade de carne. Todavia, a estimativa de correlação genética entre PS e FC foi baixa, de 0,24, o que indica uma pequena associação genética entre estas características.

A seleção a favor de PA não parece afetar pH_i e pode ser capaz de afetar em pequena intensidade pH₆ e pH_f, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas obtidas entre estas características, de -0,07, 0,15 e -0,15, respectivamente. Os valores das estimativas entre PA e pH_i e entre PA e pH_f foram semelhantes aos descritos por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) entre peso vivo e as medidas de pH aos 15 minutos e às 24 horas após o abate, cujos valores estiveram entre -0,12±0,04 e 0,13±0,03. Da mesma forma, a estimativa entre PA e AM_i, que foi de -0,08, não foi indicativa de associação genética entre estas características. Já a estimativa de correlação genética entre PA e AM_f foi de 0,63, indicando uma importante associação entre estas características. Desta forma, a seleção a favor do peso ao abate pode ser capaz de aumentar a amplitude final de queda de pH, ou seja, aumentar a diferença entre o pH inicial e o pH final da carne ou, em outras palavras, aumentar a queda de pH neste período, o que não necessariamente traz prejuízos à qualidade da carne, a qual está mais associada à queda inicial de pH.

Não houve associação genética entre PA e L*, tendo em vista a estimativa de correlação genética obtida entre estas características, próxima de zero, resultado que divergiu das estimativas de correlações genéticas encontradas por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos, que foram de $0,51 \pm 0,08$ e $0,16 \pm 0,01$, respectivamente. Existiu uma pequena associação genética entre PA e a*, com base na estimativa de correlação genética obtida entre estas características, de 0,15, resultado semelhante ao encontrado por Le Bihan-Duval et al. (2003) em perus, de $0,13 \pm 0,11$. Já entre PA e b* esta associação foi de 0,27, resultado que divergiu daqueles obtidos por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos e por Le Bihan-Duval et al. (2003) em perus para estas características, os quais variaram entre $-0,49 \pm 0,15$ e $0,11 \pm 0,06$. A seleção a favor de PA pode incrementar a* em pequeno grau, e b* em grau um pouco maior, mas não é capaz de interferir em L* na linhagem analisada.

A seleção a favor de PA pode aumentar EXSU, CONG e COZ em pequena intensidade, uma vez que as estimativas de correlações genéticas entre estas características foram de 0,18, 0,16 e 0,18, respectivamente. Já Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram estimativa próxima de zero entre o peso vivo e as perdas de água por exsudação da carne em frangos. A estimativa encontrada entre PA e FC foi próxima a zero, não indicando uma associação genética entre estas características, portanto. Desta forma, a seleção a favor de PA não pode influenciar na força de cisalhamento da carne na linhagem estudada.

A seleção a favor de US, assim como a seleção a favor de PPEI pode ser capaz de afetar pH_i, aumentando-o, uma vez que a estimativa de correlação genética encontrada entre US e pH_i foi de 0,52, e entre PPEI e pH_i foi de 0,55. Estes resultados não confirmam as afirmações de Santé et al. (1995) e Dransfield e Sosnicki (1999), de que a seleção a favor de maiores pesos de peito tende a reduzir o pH inicial da carne e conseqüentemente desencadear uma maior frequência de carne PSE. A estimativa de correlação genética entre PPEI e pH_i foi

semelhante à estimativa encontrada por Le Bihan-Duval et al. (2003) entre pH em 20 minutos após o abate e rendimento de peito em perus, que foi de $0,62 \pm 0,10$.

A seleção a favor de US e PPEI, entretanto, pode influenciar em pH_6 e em pH_f em pequena intensidade, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas obtidas entre estas características, que variaram entre $-0,07$ e $0,16$. Da mesma forma, Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) não encontraram uma associação genética importante entre o pH em 24 horas após o abate e o peso e o rendimento do peito em frangos, cujas estimativas estiveram entre $-0,12 \pm 0,04$ e $0,13 \pm 0,03$ entre estas características.

Foram encontradas importantes associações genéticas entre US e PPEI e as amplitudes de queda de pH. As correlações genéticas obtidas entre estas características foram de $0,57$ entre US e AM_i , de $0,52$ entre US e AM_f , de $0,37$ entre PPEI e AM_i e de $0,98$ entre PPEI e AM_f . Assim, a seleção a favor de US e PPEI, apesar de aumentarem pH_i , tendem a aumentar a queda do pH tanto nas primeiras 6 horas, como nas 24 horas.

As características US e PPEI possuíram pequena associação genética com os parâmetros de cor L^* e a^* , tendo em vista as estimativas de correlações genéticas encontradas para estas características, que estiveram entre $(-0,01$ e $0,15)$. Entretanto, US e principalmente PPEI estiveram associadas geneticamente com b^* , pois a estimativa de correlação genética entre US e b^* foi de $0,27$ e entre PPEI e b^* , de $0,40$. Desta forma, a seleção a favor de US e PPEI pode incrementar o teor de amarelo da carne na linhagem analisada, mas não pareceu ser capaz de interferir na luminosidade e no teor de vermelho. A estimativa encontrada para PPEI e L^* foi semelhante à descrita por Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos, de $-0,07 \pm 0,03$ entre luminosidade e rendimento de peito. A estimativa encontrada para PPEI e a^* diferiu das descritas na literatura por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) em aves, que foram antagônicas e variaram entre $-0,51 \pm 0,04$ e $-0,18 \pm 0,12$. Da mesma forma, a estimativa encontrada para PPEI e b^* diferiu das descritas na

literatura por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) em aves, as quais estiveram entre $-0,49 \pm 0,15$ e $0,11 \pm 0,06$.

A seleção a favor de US e PPEI não pode interferir em EXSU, CONG e COZ, uma vez que as estimativas de correlações genéticas entre US e PPEI e estas características de perdas de água estiveram entre $-0,18$ e $0,15$. Le Bihan-Duval et al. (2001), também encontraram pouca associação genética entre perdas de água por exsudação e rendimento de peito em frangos, tendo obtido estimativa de correlação genética de $-0,16 \pm 0,04$ entre estas características. Deste modo, a seleção a favor das medidas de ultra-sonografia de músculo peitoral e peso de peito não pode afetar as perdas de água por exsudação, por descongelamento e por cozimento da carne na linhagem estudada. Estes resultados divergem dos descritos na literatura, que afirmam que a seleção a favor de maiores pesos de peito tende a aumentar a condição PSE nos frangos, e diante disso, as perdas de água da carne (SANTÉ et al., 1995; DRANSFIELD e SOSNICKI, 1999). Contudo, existiu uma associação genética entre US e FC, uma vez que a estimativa de correlação genética obtida entre estas características foi de $0,34$. Assim, a seleção a favor das medidas de ultra-sonografia de músculo peitoral pode ser capaz de aumentar a força de cisalhamento da carne, ou seja, tornar a carne mais dura, embora os mecanismos descritos na literatura para endurecimento da carne estejam estritamente relacionados a maiores perdas de água (ANADÓN, 2002), e não diretamente a uma medida de desempenho dos animais. Apesar disto, a seleção a favor de PPEI não pode interferir em FC, tendo em vista a estimativa de correlação genética obtida entre estas características, de $0,15$.

A seleção a favor de PE não pode afetar as medidas pH_i , pH_6 e pH_f na linhagem analisada, tendo sido obtidas estimativas de correlações genéticas de $-0,08$ a $0,18$ entre estas características. Da mesma forma, a estimativa de correlação genética obtida entre PE e AM_i foi próxima de zero. Entretanto, a seleção a favor de PE pode trazer grande aumento na queda

de pH da carne nas 24 horas após o abate, tendo sido encontrada estimativa de correlação genética de 0,98 entre PE e AM_f .

Entre PE e os parâmetros de cor, assim como entre PE e as medidas de perdas de água e entre PE e FC, não existiu uma importante associação genética, pois as estimativas de correlações genéticas obtidas entre PE e estas características estiveram entre -0,22 e 0,21, à exceção da estimativa de correlação genética encontrada entre PE e b^* , que foi de 0,28, indicando que a seleção a favor de PE pode trazer um certo incremento em b^* .

A seleção a favor de PPER pode trazer um decréscimo em pH_i , uma vez encontrada estimativa de correlação genética de -0,33 entre estas características. Contudo, a seleção a favor de PPER não parece influenciar pH_6 , pH_f e AM_i , tendo sido encontradas estimativas de correlações genéticas entre -0,21 e 0,03 entre estas características. Entretanto, entre PPER e AM_f a estimativa de correlação genética obtida foi de 0,98, o que indica que a seleção a favor de PPER tende a levar a um importante aumento na queda do pH em 24 horas após o abate, assim como a seleção para a maior parte das características de desempenho e carcaça estudadas.

A seleção a favor de PPER não pode ter grande influência sobre os parâmetros de cor, as perdas de água e FC na linhagem analisada, uma vez obtidas estimativas de correlações genéticas que variaram entre -0,21 e 0,21 entre PPER e estas características.

Nas aves analisadas, a seleção contra GOR pode ser capaz de causar leve incremento em pH_i , tendo em vista a estimativa de correlação genética de -0,25 encontrada entre estas características. Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram correlação genética próxima de zero entre estas características em frangos, divergindo dos resultados obtidos neste estudo.

A estimativa de correlação genética entre GOR e pH_6 foi de 0,27, indicando haver uma associação genética entre estas características. Desta forma, a seleção contra a deposição de gordura abdominal pode ser capaz de reduzir o pH em 6 horas após o abate.

A estimativa de correlação genética entre GOR e pH_f encontrada, a qual foi próxima de zero, foi um indicativo da não existência de associação genética entre estas características. Esta estimativa diferiu das altas e antagônicas estimativas de correlação genética entre estas características obtidas por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos, que foram de $-0,64$ e $-0,54 \pm 0,04$, respectivamente. Na linhagem analisada, portanto, a seleção contra a deposição de gordura abdominal não pode afetar o pH final da carne.

Observa-se que logo após o abate GOR está antagonicamente associada com o pH , relação que se inverte em 6 horas após o abate e se torna praticamente nula em 24 horas após o abate.

As estimativas de correlações genéticas entre GOR e os parâmetros de cor da carne foram baixas ou praticamente nulas, com valores de $-0,18$ entre GOR e L^* , de $-0,04$ entre GOR e a^* e de $0,04$ entre GOR e b^* . Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram fortes associações entre GOR e os parâmetros L^* e a^* em frangos, com valores de $0,48 \pm 0,16$ e $0,50 \pm 0,05$, respectivamente, divergindo dos resultados obtidos neste estudo. Entretanto, GOR e a^* , segundo estes autores apresentaram pequena associação genética, tendo obtido estimativas de correlações genéticas de $0,13 \pm 0,05$ e $-0,24 \pm 0,03$, mas ainda com valores maiores do que os encontrados neste estudo. Entre GOR e b^* , segundo Le Bihan-Duval et al. (2001), em frangos, esta estimativa foi próxima de zero, assim como neste estudo. A seleção contra a deposição de gordura abdominal influencia em pequena intensidade a luminosidade e não causar influência nos teores de vermelho e amarelo da carne na linhagem de frangos analisada.

A estimativa de correlação genética entre GOR e EXSU também foi próxima de zero, tendo sido menor do que a estimativa de correlação genética apresentada por Le Bihan-Duval et al. (2001) entre estas características em frangos, de $0,29 \pm 0,06$. Desta forma, a seleção

contra a deposição de gordura abdominal não pode influenciar nas perdas de água por exsudação na linhagem estudada.

Houve uma pequena associação genética entre GOR e as características CONG, COZ e FC, com base nas estimativas de correlações genéticas encontradas entre estas características, que estiveram entre $-0,16$ a $0,14$. Assim, a seleção contra a deposição de gordura abdominal não parece exercer grande influência nestas características, na linhagem analisada.

FIG esteve associado geneticamente com pH_i e pH_6 , tendo sido obtidas estimativas de correlações genéticas de $0,32$ e de $0,42$ entre estas características, respectivamente. Desta forma, fígados mais pesados podem estar relacionados com maiores pH_i e pH_6 . Já com pH_f e AM_i , FIG esteve associado em pequena intensidade, tendo sido obtidas estimativas de correlações genéticas de $0,21$ e de $-0,15$ entre estas características, respectivamente. Contudo, a estimativa de correlação genética entre FIG e AM_f foi de $0,47$, o que indica que fígados mais pesados, apesar de estarem associados a maiores pH_i s, estiveram relacionados geneticamente a maiores quedas de pH em 24 horas após o abate. As estimativas de correlações genéticas entre FIG e os parâmetros de cor e entre FIG e as perdas de água da carne, que variaram entre $-0,23$ e $0,08$ não foram indicativas de importante associação genética entre estas características, exceto pela estimativa de correlação genética entre FIG e EXSU, que foi de $-0,29$, o que sugere que fígados mais pesados podem estar relacionados a uma menor EXSU. A estimativa de correlação genética entre FIG e FC foi de $-0,31$, indicativo de que fígados mais pesados podem estar associados a uma carne mais macia.

COR esteve bastante associado geneticamente com pH_i , uma vez encontrada estimativa de correlação genética de $0,98$ entre estas características. Entretanto, COR esteve associado em pequena intensidade com pH_6 , pH_f , AM_i e AM_f , tendo sido encontradas estimativas de correlações genéticas variando entre $-0,08$ e $0,16$ entre estas características. Da

mesma forma, COR não esteve associado geneticamente com os parâmetros de cor, as perdas de água e a FC da carne, pois as estimativas de correlações genéticas entre COR e estas características variaram entre -0,13 e 0,18.

Com relação às correlações fenotípicas entre as características, PS esteve associado fenotipicamente com as perdas de água da carne, uma vez obtidas estimativas de correlações fenotípicas de -0,37 entre PS e EXSU, de -0,25 entre PS e CONG e de -0,79 entre PS e COZ. US possuiu uma associação fenotípica de grau médio com pH_f , tendo em vista a estimativa de correlação fenotípica obtida entre estas características, que foi de 0,32. Não existiu uma associação fenotípica importante entre as características de qualidade de carne e as demais características de desempenho, carcaça e composição corporal na linhagem analisada.

6.4.4 Estimativas de correlações entre as características de qualidade de carne

As estimativas de correlações genéticas e fenotípicas para as características de qualidade de carne são apresentadas na Tabela 21.

Pôde-se observar uma intensa associação genética entre as medidas de pH analisadas. A estimativa de correlação genética entre pH_i e pH_6 foi de 0,96, entre pH_i e pH_f foi de 0,99, e entre pH_6 e pH_f foi de 0,96. O resultado obtido entre pH_i e pH_f concorda com aquele obtido por Le Bihan-Duval et al. (2003) em carne de perus, em que o pH em 20 minutos e em 24 horas após o abate estiveram associadas geneticamente, contudo com estimativa de $0,59 \pm 0,10$. Por outro lado, os resultados obtidos divergem daqueles descritos por Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos, em que as medidas de pH inicial e final da carne não estiveram associadas geneticamente. Estes autores obtiveram estimativa de correlação genética próxima de zero entre estas características, o que, segundo Larzul et al. (1999), seria causado por mecanismos independentes de controle dos pHs inicial e final. Isto não se verificou na linhagem analisada, na qual, o aumento em uma das medidas de pH pareceu acarretar em aumentos nas outras

medidas de pH. Da mesma forma, a diminuição em uma das medidas de pH pode acarretar em diminuição das outras medidas de pH analisadas.

Tabela 21 – Estimativas de correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal) obtidas através do programa MTDFREML entre as características de qualidade de carne

	pH₆	pH_f	AM_i	AM_f	L*	a*	b*	EXSU	CONG	COZ	FC	
pH_i	-	0,50	0,21	1,00	0,10	-0,05	0,08	0,97	0,25	0,23	-0,13	-0,90
pH₆	0,96	-	0,71	-0,50	-0,05	-0,16	-0,07	-0,07	-0,25	-0,90	-0,17	-0,90
pH_f	0,99	0,96	-	-0,71	-0,71	-0,35	0,35	0,21	-0,40	-0,38	-0,10	-0,35
AM_i	0,90	-0,82	-0,84	-	0,99	0,16	0,08	0,18	0,03	0,08	0,00	0,01
AM_f	0,98	0,50	0,47	0,99	-	0,08	0,00	0,08	-0,12	0,01	-0,05	0,05
L*	-0,14	0,23	-0,40	0,57	-0,33	-	-0,37	0,14	0,19	0,25	0,26	0,20
a*	0,62	-0,52	0,46	0,26	0,45	-0,32	-	0,32	0,12	0,14	-0,08	0,08
b*	0,98	-0,40	-0,29	0,50	0,11	0,33	0,17	-	0,07	0,09	0,00	0,04
EXSU	-0,71	-0,65	-0,70	0,66	0,49	0,19	0,50	0,00	-	0,18	0,12	0,20
CONG	-0,98	-0,77	-0,85	0,24	-0,24	0,43	0,45	-0,01	0,47	-	0,31	0,33
COZ	-0,41	-0,39	-0,38	-0,16	0,04	0,88	-0,28	0,29	0,36	0,44	-	0,24
FC	-0,75	-0,55	-0,66	0,09	-0,14	0,58	0,21	0,14	0,64	0,77	0,80	-

pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

A característica pH_i teve pouca associação fenotípica com pH_f, com base na estimativa de correlação fenotípica encontrada entre estas características, de 0,21. Já pH_i e pH_f foram associadas fenotipicamente com pH₆, tendo sido obtidas estimativas de 0,50 e 0,71 entre estas características, respectivamente. Desta forma, um incremento em pH_i pode ser capaz de incrementar pH_f em pequena intensidade, logo um incremento em pH₆ pode ser capaz de trazer incremento a pH_i e a pH_f.

As medidas de pH estudadas apresentaram, de modo geral, algum tipo de associação com os parâmetros de cor da carne avaliados. Geneticamente, pH_i e L* possuíram pequena

associação, uma vez obtida estimativa de correlação genética de $-0,14$ entre estas características. Da mesma forma, Le Bihan-Duval et al. (2001), encontrou pequena associação genética entre pH em 15 minutos após o abate e L^* , tendo obtido estimativa de $0,13 \pm 0,03$ entre estas características em frangos. Já pH_f e L^* estiveram associados geneticamente e antagonicamente, tendo em vista a estimativa de correlação genética de $-0,40$ obtida entre estas características. Esta estimativa foi semelhante à descrita por Le Bihan-Duval et al. (2003), de $-0,53 \pm 0,19$, entre estas características em perus. Houve ainda uma pequena associação genética entre pH_6 e L^* , tendo sido obtida uma estimativa de $0,23$ entre estas características. Assim, quanto maior o pH final da carne, menor tende a ser sua luminosidade na linhagem analisada. Já os pHs inicial e 6 horas foram capazes de influenciar na luminosidade da carne em pequena intensidade. De acordo com Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001) menores pH_i s deveriam estar relacionados com maiores L^* , uma vez que a luminosidade da carne deve ser proporcional à quantidade de água em sua superfície, a qual está relacionada antagonicamente com a queda do pH da carne logo após o abate. Segundo os mesmos autores, quando muito baixo, o pH inicial da carne é capaz de causar desnaturação protéica e conseqüentemente diminuir a capacidade de retenção de água da carne, o que faz com que maior quantidade de água seja encontrada em sua superfície, aumentando sua luminosidade. Todavia, esta relação não foi encontrada neste estudo, pois o pH inicial da carne não esteve associado com o teor de luminosidade. Contudo, o pH final pareceu ser uma medida capaz de influenciar na luminosidade da carne. A seleção genética a favor do pH final, portanto, pode reduzir a luminosidade da carne, melhorando, desta forma, seu aspecto diante do consumidor, pois a luminosidade da carne indica sua palidez, o que é um dos fatores que leva à rejeição da carne de frango pelo consumidor (FLETCHER, 1999).

As associações fenotípicas entre L^* e pH_i e entre L^* e pH_6 foram pequenas, tendo sido obtida estimativas de correlações fenotípicas de $-0,05$ e de $-0,16$ entre estas características,

respectivamente. Contudo, a estimativa de correlação fenotípica entre L^* e pH_f foi de $-0,35$, existindo uma associação antagônica entre estas características, assim como descrito por Barbut (1993) e Fletcher (1999), entretanto com menos intensidade do que as associações apresentadas por estes autores, que obtiveram estimativas de $-0,71$ e de $-0,63$, respectivamente, entre estas características em aves. Neste sentido, quanto maior o pH final da carne, menor tende a ser sua luminosidade na linhagem analisada, e os pHs inicial e 6 horas influenciaram na luminosidade da carne em pequena intensidade.

As estimativas de correlações genéticas encontradas entre o parâmetro de cor a^* e as medidas de pH avaliadas foram indicativas de uma associação genética entre estas características, de modo que a^* foi associado diretamente com pH_i e pH_f , mas antagonicamente associado com pH_6 , tendo em vista as estimativas de correlações genéticas entre a^* e estas medidas de pH, que foram de $0,62$, $0,46$ e $-0,52$, respectivamente. Desta forma, quanto maiores as medidas de pH inicial e final da carne, maior tende a ser a^* na linhagem estudada. Entretanto, quanto maior o pH_6 , menor tende a ser a^* nesta linhagem. Estes resultados divergiram dos apresentados por Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003), que encontraram associação genética pequena e antagônica entre a^* e as medidas de pH em 15 e 20 minutos após o abate, com estimativas de $-0,23 \pm 0,03$ e $-0,25 \pm 0,11$ entre estas características, respectivamente, em aves. Os resultados encontrados também foram diferentes dos descritos por Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001), que encontraram pequena associação genética entre a^* e a medida de pH final da carne, com estimativas de $0,11 \pm 0,08$ e $0,14 \pm 0,06$ entre estas características, respectivamente, em frangos.

Foram encontradas pequenas associações fenotípicas entre a^* e os pHs inicial e 6 horas, tendo sido encontradas estimativas de correlações fenotípicas próximas de zero entre estas características. Entretanto, a estimativa de correlação fenotípica entre a^* e pH_f foi de $0,35$, indicando neste sentido a existência de uma associação entre estas características na

linhagem analisada. Neste sentido, quanto maior o pH final da carne, maior tende a ser seu teor de vermelho na linhagem estudada. Segundo Debut et al. (2003), em aves, o pH em 15 minutos após o abate e o parâmetro de cor a^* foram associados antagonicamente, uma vez que estes autores obtiveram estimativas de correlações fenotípicas de $-0,27$ e $-0,51$ em diferentes linhagens, resultados que divergem dos obtidos neste estudo.

Geneticamente, o parâmetro de cor b^* foi intensamente associado com pH_i e moderadamente e antagonicamente associado com pH_6 e pH_f , com base nas estimativas de correlações genéticas encontradas entre b^* e estas medidas de pH, que foram de $0,98$, $-0,40$ e $-0,29$, respectivamente. Desta forma, maiores pHs iniciais pareceram ser fortemente capazes de determinar maiores teores de amarelo. Todavia, maiores pHs 6 horas e finais puderam ser capazes de determinar menores teores de amarelo. Assim, o teor de amarelo da carne pareceu receber uma intensa influência genética do processo de queda de pH da carne logo após o abate. Em aves, Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) encontraram estimativas próximas de zero e de $-0,35 \pm 0,20$ entre b^* e os pHs em 15 e 20 minutos após o abate, respectivamente, divergindo, portanto, dos resultados encontrados neste estudo. Já a associação entre b^* e pH_f apresentou tendência semelhante à descrita por Le Bihan-Duval et al. (2001), que encontraram estimativa de $-0,43 \pm 0,04$ entre estas características em frangos.

O parâmetro de cor b^* apresentou intensa associação fenotípica com pH_i e possuiu pequena associação com pH_f , uma vez encontradas estimativas de correlações fenotípicas de $0,97$ e $0,21$ entre estas características, respectivamente, na linhagem analisada. A estimativa encontrada entre b^* e pH_6 foi próxima de zero. Neste sentido, altos pHs iniciais podem determinar maiores teores de amarelo da carne. As estimativas de correlações fenotípicas entre b^* e o pH final da carne descritas por Debut et al. (2003) foram de $-0,40$ e $-0,56$ em diferentes linhagens de aves, divergindo, portanto, dos resultados encontrados neste estudo para estas características.

A estimativa de correlação genética entre pH_i e EXSU foi de $-0,71$, indicando uma importante e antagônica associação genética entre estas características, de modo que quanto menor o pH inicial, maiores as perdas de água por exsudação da carne na linhagem analisada, o que concorda com Offer e Knight (1988), que afirmam terem as perdas de água por exsudação uma relação direta com a queda de pH da carne logo após o abate, de modo que baixos pHs logo após o abate causam desnaturação protéica e em consequência uma menor capacidade de retenção de água da carne. Da mesma forma, pH_6 e pH_f foram geneticamente intensamente e antagonicamente associados com EXSU. Assim, para aumentos em quaisquer medidas de pH analisadas, existiu uma tendência de diminuição das perdas de água por exsudação da carne. Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram também, em frangos, uma estimativa antagônica entre o pH em 15 minutos após o abate e as perdas de água por exsudação da carne, de $-0,29 \pm 0,04$, e entre o pH final da carne e estas perdas, de $-0,83 \pm 0,04$. A seleção genética a favor de pH_i , pH_6 ou de pH_f pode, portanto, prevenir ou reduzir o aparecimento de carne exsudativas, o que pode ser interessante para a indústria processadora, pois as perdas por exsudação da carne representam grandes perdas para esta indústria, segundo Lara et al. (2002) e Oda et al. (2003).

A estimativa de correlação fenotípica encontrada entre pH_i e EXSU foi de $0,25$, divergindo das estimativas encontradas entre estas características por Debut et al. (2003), de $-0,21$ e $-0,31$, em aves, em diferentes linhagens. As estimativas de correlações fenotípicas obtidas entre pH_6 e EXSU e entre pH_f e EXSU foram de $-0,25$ e $-0,40$, respectivamente, esta última apresentando tendência semelhante à descrita por Debut et al. (2003), que encontraram estimativas entre o pH final da carne e as perdas por exsudação de $-0,52$ e $-0,60$, em aves, em diferentes linhagens. Desta forma, existiu uma pequena associação fenotípica entre EXSU e as medidas de pH inicial e 6 horas, mas uma associação moderada, além de antagônica, entre

EXSU e pH_f . Assim, neste contexto, um aumento no pH final da carne pode levar à diminuição das perdas de água por exsudação da carne, na linhagem analisada.

As estimativas de correlações genéticas obtidas entre as medidas de pH e as perdas de água por descongelamento da carne foram indicativas de uma associação genética intensa e antagônica entre estas características, tendo em vista que tais estimativas entre CONG e pH_i , entre CONG e pH_6 e entre CONG e pH_f tiveram valores de $-0,98$, $-0,77$ e $-0,85$, respectivamente. Também existiu uma associação genética moderada e antagônica entre as medidas de pH e as perdas de água por cozimento da carne, uma vez que as estimativas de correlações genéticas obtidas entre estas COZ e pH_i , entre COZ e pH_6 e entre COZ e pH_f tiveram valores de $-0,41$, $-0,39$ e $-0,38$, respectivamente. As estimativas de correlações genéticas obtidas entre as medidas de pH e a força de cisalhamento da carne foram indicativas de uma associação genética intensa e antagônica entre estas características, uma vez que estas estimativas tiveram valores de $-0,75$, $-0,55$ e $-0,66$ entre FC e pH_i , pH_6 e pH_f , respectivamente. Desta forma, a seleção genética a favor de quaisquer das medidas de pH pode ser capaz de levar à diminuição das perdas de água por descongelamento e cozimento da carne, além da diminuição de sua força de cisalhamento. Menores pHs logo após o abate estão relacionados com a desnaturação protéica da carne, levando à diminuição de sua capacidade de retenção de água, o que determina conseqüentemente maiores perdas de água não só por exsudação, mas também por descongelamento e cozimento (OFFER; KNIGHT, 1988). Estas perdas, por sua vez, levam à redução da maciez da carne, em outras palavras, ao aumento de sua força de cisalhamento. Esta situação é confirmada neste estudo por meio das estimativas de correlações genéticas obtidas entre pH_i e as medidas CONG, COZ e FC. A seleção genética a favor de pH_i , pH_6 ou de pH_f pode prevenir ou reduzir as perdas por descongelamento e por cozimento da carne na linhagem analisada, além de melhorar sua maciez, o que pode ser interessante para o mercado consumidor, pois as perdas de água da

carne e sua maciez, neste estudo representada por sua força de cisalhamento, são fatores que podem levar o consumidor à rejeição da carne de frango, segundo Li, Tan e Shatadal (2001).

As estimativas de correlações fenotípicas entre CONG e as medidas de pH_i , pH_6 e pH_f foram de 0,23, -0,90 e -0,38, respectivamente, havendo uma associação fenotípica antagônica entre as perdas por descongelamento da carne e as medidas de pH 6 horas, principalmente, e pH final. As estimativas de correlações fenotípicas entre COZ e as medidas de pH_i , pH_6 e pH_f foram de -0,13, -0,17 e -0,10, respectivamente, não indicando uma associação fenotípica importante entre estas características. De acordo com Barbut et al. (1993), em perus, a estimativa entre o pH final da carne e suas perdas por cozimento foi de -0,67, divergindo, portanto, do resultado encontrado neste estudo para estas características. As estimativas de correlações fenotípicas entre FC e as medidas de pH_i , pH_6 e pH_f foram de -0,90, -0,90 e -0,35. Assim, existiu uma intensa e antagônica associação fenotípica importante entre a força de cisalhamento da carne e as medidas de pH inicial e 6 horas, e uma associação fenotípica moderada e antagônica entre a força de cisalhamento e a medida de pH final, resultado que concorda com a afirmação de Fernandez et al. (2002), de que altos valores de pH final deveriam estar relacionados com uma maior maciez da carne. Portanto, as medidas de pH estiveram associadas fenotipicamente com as perdas de água por descongelamento da carne e também com sua força de cisalhamento, em intensidades variáveis, exceto pelas características CONG e pH_i , uma vez que a associação encontrada entre elas foi baixa. Portanto, considerando-se esta exceção, fenotipicamente, maiores valores de pH tendem a determinar menores perdas de água por descongelamento e menores forças de cisalhamento da carne na linhagem analisada.

As medidas de amplitude de queda de pH foram altamente associadas tanto genética como fenotipicamente, com ambas as correlações estimadas em 0,99. Desta forma, a tendência é de que quanto maior seja a queda inicial de pH, ou seja, a queda de pH nas

primeiras 6 horas, medida aqui representada por AM_i , maior também seja a queda total do pH, em 24 horas, medida representada por AM_f . Assim, os mecanismos de queda inicial e final de pH estariam relacionados tanto geneticamente como fenotipicamente, não havendo, por exemplo, uma queda acelerada de pH logo após o abate seguida de um mecanismo independente de queda ou uma estabilização do pH até serem completadas as 24 horas após o abate. Em outras palavras, caso exista uma queda de pH exacerbada logo após o abate, esta queda tende a ser intensa também ao longo de todas as 24 horas após o abate, com base na estimativa de correlação genética entre AM_i e AM_f encontrada.

As estimativas de correlações genéticas entre AM_i e as medidas pH_i , pH_6 e pH_f foram de 0,90, -0,82 e -0,84, respectivamente. Desta forma, houve uma intensa associação genética entre AM_i e estas medidas de pH, sendo esta associação de modo diretamente proporcional entre AM_i e pH_i e de modo antagônico entre AM_i e as medidas pH_6 e pH_f . Com base nestes valores, entendeu-se que, primeiramente, quanto maior o pH logo após o abate, maior tendeu a ser sua queda nas primeiras 6 horas após o abate. Assim, pHs iniciais mais altos podem ser capazes de determinar maiores quedas de pH nas primeiras 6 horas após o abate. Por outro lado, uma menor queda de pH nas primeiras 6 horas após o abate, logicamente, determinou um pH_6 maior. Da mesma forma, uma menor queda de pH nas primeiras 6 horas após o abate determinou um pH_f maior.

As estimativas de correlações genéticas entre AM_f e as medidas pH_i , pH_6 e pH_f foram de 0,98, 0,50 e 0,47, respectivamente. Tendo em vista tais estimativas, observou-se que quanto maior pH_i , maior tendeu a ser sua queda ao longo das 24 horas após o abate, assim como sua queda nas primeiras 6 horas após o abate, conforme descrito anteriormente. Da mesma forma, portanto, o pH inicial da carne pode ser capaz de determinar sua queda não só nas primeiras 6 horas após o abate, mas também ao longo das 24 horas após o abate. Além disto, geneticamente, houve uma tendência moderada de maiores medidas pH_6 estarem

relacionadas a maiores quedas de pH ao longo das 24 horas após o abate, tratando-se de um resultado contraditório, uma vez que uma maior queda de pH ao longo das 24 horas após o abate deveria estar relacionada com uma maior queda de pH desde os primeiros momentos após o abate, compreendendo, conseqüentemente, menores medidas de pH em 6 horas após o abate. Este resultado foi indicativo de que talvez o comportamento de queda de pH ao longo das 24 horas após o abate não seja constante. Em outras palavras, em algum ponto após as primeiras 6 horas após o abate, a velocidade de queda de pH pareceu se alterar, ou seja, embora existindo um alto pH_6 , uma grande queda de pH em 24 horas após o abate foi obtida. Estes resultados divergem da afirmação de Dransfield e Sosnicki (1999), de que a queda de pH nas aves tende a se estabilizar em poucas horas após o abate. Da mesma maneira, geneticamente, houve uma tendência moderada de maiores medidas pH_f estarem relacionadas a maiores quedas de pH ao longo das 24 horas após o abate, resultado que também foi contraditório, pois, havendo a existência de uma grande queda de pH ao longo das 24 horas após o abate, menores pHs nas mesmas 24 horas deveriam ter sido obtidos, o que não foi encontrado neste estudo.

AM_i foi totalmente associada com pH_i , moderadamente e antagonicamente associada com pH_6 e intensamente e antagonicamente associada com pH_f , tendo sido obtidas estimativas de correlações fenotípicas de 1,00, -0,50 e -0,71 entre estas características, respectivamente, e seguindo a mesma lógica encontrada para as estimativas de correlações genéticas entre estas características. Por outro lado, não houve importante associação fenotípica entre AM_f e as medidas pH_i e pH_6 , uma vez obtidas estimativas de 0,10 e -0,05 entre estas características, respectivamente. Já a estimativa entre AM_f e pH_f foi de -0,71, indicando uma intensa e antagônica associação fenotípica entre estas características. Desta forma, logicamente, maiores quedas de pH em 24 horas após o abate determinam menores pHs em 24 horas após o abate.

AM_i possuiu uma associação genética importante com L* e b*, uma vez encontradas estimativas de correlações genéticas de 0,57 e 0,50 entre estas características, respectivamente. Desta forma, quanto maior a queda de pH inicial, maiores a luminosidade e o teor de amarelo da carne. De acordo com Olivo, Guarnieri e Shimokomaki (2001) grandes quedas de pH estão associadas com maiores teores de luminosidade da carne, devido ao fato de que menores pHs causam desnaturação protéica e conseqüentemente queda na capacidade de retenção de água da carne, ocorrendo liberação de água para a superfície da carne, o que provoca aumento de sua luminosidade. Este evento foi confirmado neste estudo através da estimativa de correlação genética encontrada entre AM_i e L*, uma vez que a queda inicial de pH é aqui representada por AM_i. Assim, a seleção genética contra a luminosidade da carne pode ser capaz de reduzir a amplitude de queda de pH nas primeiras 6 horas após o abate na linhagem analisada. Entretanto, AM_i foi associada geneticamente com a* em pequena intensidade, pois foi encontrada estimativa de correlação genética de 0,26 entre estas características. AM_f foi associada genética e antagonicamente com L*, tendo em vista a estimativa de correlação genética de -0,33 encontrada entre estas características. Diferentemente do ocorrido com a queda inicial de pH, uma maior queda de pH durante as 24 horas após o abate, aqui representada por AM_f, pareceu ser capaz de levar a menores teores de luminosidade da carne, com base na estimativa encontrada entre AM_f e L*. AM_f esteve também associada com a*, uma vez encontrada estimativa de correlação genética de 0,45 entre estas características. Todavia, AM_f não possuiu associação genética importante com b*, uma vez encontrada estimativa de 0,11 entre estas características.

Tanto AM_i como AM_f possuíram pequena associação fenotípica com os parâmetros de cor analisados, tendo sido obtidas estimativas de correlações fenotípicas entre 0,00 e 0,18 entre estas características.

AM_i esteve associada geneticamente com EXSU, uma vez encontrada estimativa de correlação genética de 0,66 entre estas características. Já as estimativas de correlações genéticas entre AM_i e CONG, AM_i e COZ e AM_i e FC, que foram de 0,24, -0,16 e 0,09, respectivamente, foram indicativas de pouca associação genética entre estas características. Desta forma, uma maior queda de pH nas primeiras 6 horas após o abate pareceu determinar apenas maiores perdas de água por exsudação, interferindo em pequeno grau nas perdas de água por descongelamento e por cozimento e na força de cisalhamento da carne. Segundo Offer e Knight (1988) maiores quedas de pH após o abate podem causar desnaturação protéica e conseqüentemente diminuir a capacidade de retenção de água da carne, o que foi comprovado neste estudo através da estimativa de correlação genética encontrada entre AM_i e EXSU. Da mesma forma, AM_f também esteve associada geneticamente com EXSU, com base na estimativa de correlação genética encontrada entre estas características, de 0,49. Assim, maiores quedas de pH nas 24 horas após o abate também podem causar aumento nas perdas de água por exsudação da carne. A associação genética entre AM_f e CONG foi pequena e as associações genéticas entre AM_f e COZ e entre AM_f e FC praticamente nulas, tendo em vista as estimativas encontradas entre estas características, que foram de -0,24, 0,04 e -0,14, respectivamente.

Tanto AM_i quanto AM_f possuíram uma pequena associação fenotípica com EXSU, CONG, COZ e FC, tendo sido encontradas estimativas de correlações fenotípicas que variaram entre -0,12 e 0,08 entre estas características.

O parâmetro de cor L* esteve geneticamente e antagonicamente associado com a*, uma vez obtida estimativa de correlação genética de -0,32 entre estas características. Le Bihan-Duval, Millet e Rémignon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001) encontraram em frangos correlações genéticas entre L* e a* de -0,45±0,05 e de -0,48±0,05, respectivamente. L* também esteve associado com b*, tendo em vista a estimativa de correlação genética entre

estas características, de 0,33, valor que foi intermediário aos descritos por Le Bihan-Duval et al. (2001; 2003) em aves, cujas estimativas foram de $0,20 \pm 0,04$ e $0,54 \pm 0,18$ entre estas características, respectivamente. Desta forma, a seleção genética a favor da luminosidade da carne pode reduzir seu teor de vermelho e aumentar seu teor de amarelo. A estimativa de correlação genética entre a^* e b^* foi de 0,17, não indicando uma importante associação genética entre estas características. Le Bihan-Duval et al. (2003) também encontraram pouca associação genética entre a^* e b^* , em perus, tendo obtido estimativa entre a^* e b^* próxima de zero.

A característica L^* esteve antagonicamente associada fenotipicamente com a^* , possuir pequena associação fenotípica com b^* e existiu uma associação fenotípica entre a^* e b^* , pois as estimativas de correlações fenotípicas entre estas características foram de $-0,37$, $0,14$ e $0,32$, respectivamente.

A estimativa de correlação genética encontrada entre EXSU e a^* , de 0,50, foi indicativa de uma associação genética entre estas características, divergindo da estimativa encontrada por Le Bihan-Duval et al. (2001) em frangos para estas características, de $-0,25 \pm 0,07$. As estimativas de correlações genéticas encontradas entre EXSU e L^* e entre EXSU e b^* , de 0,19 e de 0,00, respectivamente, não foram indicativas de associação genética importante entre estas características. Le Bihan-Duval et al. (2001) também encontraram pouca associação genética entre as perdas por exsudação e o teor de amarelo da carne em frangos, tendo obtido estimativa de $0,16 \pm 0,07$ entre estas características. Entretanto, os mesmos autores encontraram estimativa de $0,80 \pm 0,03$ entre as perdas por exsudação e a luminosidade da carne em frangos, divergindo, portanto, da estimativa encontrada para estas características na linhagem estudada. Desta forma, a seleção genética contra a luminosidade da carne não pode diminuir suas perdas de água por exsudação, ao contrário da afirmação de Le Bihan-Duval, Millet e Rémygnon (1999) e Le Bihan-Duval et al. (2001), de que a seleção

contra a luminosidade da carne poderia ser eficiente em diminuir suas perdas de água por exsudação. Seria de se esperar uma associação genética entre L^* e EXSU, pois ambas as características seriam consequência do grau de desnaturação protéica da carne em função da velocidade de queda de pH logo após o abate, e, portanto, seriam relacionadas entre si, de acordo com Swatland (1995), o que não foi encontrado através deste estudo. Fenotipicamente, a associação entre EXSU e os parâmetros de cor foi baixa, tendo sido encontradas estimativas de correlações genéticas de 0,19 entre EXSU e L^* , de 0,12 entre EXSU e a^* , e de 0,07 entre EXSU e b^* . Neste sentido, os parâmetros de cor não podem afetar as perdas de água por exsudação da carne na linhagem analisada.

As características CONG, COZ e FC estiveram associadas geneticamente com L^* , uma vez que as estimativas de correlações genéticas encontradas entre estas características foram de 0,43, 0,88 e 0,58, respectivamente. Desta forma, a seleção genética contra L^* pode ser capaz de diminuir as perdas por descongelamento e cozimento da carne, além da sua força de cisalhamento, o que pode ser interessante para a indústria avícola, uma vez que as perdas de água por descongelamento e cozimento da carne de frango, além de sua maciez, aqui representada pela sua força de cisalhamento, constituem fatores que podem levar o consumidor à rejeição da carne de frango. Ainda, a mensuração de L^* nas carcaças seria de fácil realização, pois esta é uma medida simples e rápida, dada através de um equipamento portátil, o que tornaria viável a utilização deste parâmetro de cor como critério de seleção, caso fosse de interesse da indústria de aves.

A característica CONG esteve associada geneticamente com a^* , mas associada geneticamente com b^* em pequena intensidade, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas obtidas entre estas características, que foram de 0,45 e $-0,01$, respectivamente. Desta forma, quanto maior o teor de vermelho carne, maiores suas perdas de água por descongelamento na linhagem estudada. A característica COZ esteve em certo grau

relacionada genética e antagonicamente com a^* , uma vez obtida estimativa de correlação genética de $-0,28$ entre estas características. Houve também certo grau associação genética entre COZ e b^* , uma vez obtida estimativa de correlação genética de $0,29$ entre estas características. Existiu também uma pequena associação entre FC e a^* , uma vez obtida estimativa de $-0,21$ entre estas características, e pouca associação entre FC e b^* , tendo sido obtida estimativa de $0,14$ entre estas características.

As estimativas de correlações fenotípicas entre L^* e as medidas CONG, COZ e FC foram de $0,25$, $0,26$ e $0,20$, indicando uma pequena associação fenotípica entre estas características. Barbut (1993) encontrou estimativa de $0,70$ entre a luminosidade e as perdas por cozimento da carne de perus, divergindo, portanto, do resultado obtido neste estudo para estas características. Já as estimativas de correlações fenotípicas entre os parâmetros de cor a^* e b^* e as medidas CONG, COZ e FC foram baixas ou praticamente nulas, variando entre $-0,08$ e $0,14$, não indicando uma associação importante entre estas características, neste sentido.

As estimativas de correlações genéticas encontradas entre as medidas de perdas de água da carne entre si foram indicativas de associação genética importante entre estas características. Os valores encontrados para estas estimativas foram de $0,47$ entre EXSU e CONG, de $0,36$ entre EXSU e COZ e de $0,44$ entre CONG e COZ. Desta forma, qualquer aumento em quaisquer das medidas de perdas de água pode acarretar em aumento nas demais. Assim, a seleção genética que favorece a diminuição de uma das medidas de perdas de água pode conseqüentemente ser capaz de favorecer a diminuição das demais na linhagem analisada. Todas as medidas de perdas de água estiveram associadas geneticamente com a maciez da carne, tendo em vista as estimativas de correlações genéticas encontradas entre EXSU e FC, de $0,64$, entre CONG e FC, de $0,77$ e entre COZ e FC, de $0,80$. Desta maneira, a seleção genética para redução das perdas de água da carne pode também reduzir a força de

cisalhamento ou aumentar a maciez da carne. Esta associação condiz com o processo descrito por Anadón (2002), no qual a maciez da carne é uma consequência de suas perdas de água, de modo que quanto maior o conteúdo de água na carne, maior sua maciez.

Não existiu, entretanto, uma associação fenotípica entre EXSU e as medidas, CONG, COZ e FC, uma vez que foram encontradas estimativas de correlações fenotípicas entre 0,12 e 0,20 entre estas características. CONG possuiu uma associação fenotípica moderada com COZ e com FC, tendo sido obtidas estimativas de correlações fenotípicas de 0,31 e de 0,33 entre estas características. COZ esteve associada fenotipicamente com FC em pequeno grau, tendo em vista a estimativa de correlação fenotípica encontrada entre estas características, de 0,24.

6.4.5 Tendências genéticas das características de qualidade de carne

Na Tabela 22 encontram-se as estimativas de tendências genéticas médias por geração para as características de qualidade de carne.

No caso de pH_i , pH_6 , pH_f , as tendências genéticas obtidas foram positivas, representando uma tendência de incremento nestas características, o que num primeiro momento parece favorável em se tratando de medidas de pH, uma vez que para o desenvolvimento da condição PSE da carne é requisito uma tendência de diminuição do pH inicial. Da mesma forma, as tendências de a^* , b^* e COZ foram positivas, o que parece desfavorável para COZ, pois seria interessante que esta característica fosse diminuída.

No caso de AM_i , AM_f , L^* , EXSU, CONG e FC, as tendências genéticas foram negativas, representando uma tendência de diminuição nestas características, o que parece uma situação favorável, uma vez que a redução de AM_i e AM_f pode contribuir para evitar o desenvolvimento da condição PSE da carne, pois a grande e rápida queda de pH é um fator que pode ser determinante para o desenvolvimento desta condição (BARBUT, 1997;

FERNANDEZ et al., 2002). Além disto, a redução de L* está relacionada a uma menor palidez da carne e a redução de EXSU, CONG e FC estão relacionadas a melhores rendimento e maciez (BARBUT, 1993; ANADÓN, 2002).

Tabela 22 – Estimativas de tendências genéticas (em valor absoluto e como percentual em relação à média) para as características de qualidade de carne

Característica¹	Tendência genética (p<0,0001)	Tendência genética em relação à média da característica (%/geração)
pH_i	+0,0003	+0,004
pH₆	+0,0015	+0,02
pH_f	+0,0032	+0,06
AM_i	-0,0003	-0,001
AM_f	-9,6620 x 10 ⁻⁹	-0,000003
L*	-0,0027	-0,005
a*	+0,0058	+0,1
b*	+0,0003	+0,002
EXSU	-0,0007 %	-0,03
CONG	-0,0378 %	-0,6
COZ	+0,0154 %	+0,07
FC	-0,0033 kg	-0,3

¹pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

De modo geral, para as características de qualidade de carne analisadas foram obtidas tendências genéticas aparentemente pequenas, havendo para CONG e FC uma tendência genética mais relevante. A pequena magnitude das tendências genéticas encontradas pode ser consequência da ausência de seleção para as características de qualidade de carne nesta linhagem, embora tenham sido encontradas estimativas de correlações genéticas importantes entre os critérios de seleção utilizados nestas aves e parte destas características, podendo vir a trazer respostas correlacionadas neste sentido, o que não ocorreu.

As tendências genéticas encontradas foram indicativas de uma melhoria na qualidade da carne da linhagem analisada, à exceção de CONG. Entretanto, independentemente da utilização destas características como critério de seleção, é importante que estas tendências sejam monitoradas constantemente neste programa de seleção, uma vez que existem determinados limites ou faixas ideais para as características de qualidade de carne, quando então um incremento nestas características pode passar a ser desfavorável. Por exemplo, pHs iniciais muito altos ou perdas de água muito pequenas tendem a determinar uma carne dura e seca (ODA et al., 2003). Além disto, um alto pH da carne favorece o crescimento microbiano (SAMS, 1999), o que pode trazer, portanto, uma depreciação à qualidade desta carne.

6.4.6 Análise do potencial seletivo das características de qualidade de carne

Para que se possa avaliar com que eficiência uma característica pode responder à seleção, ou seja, seu potencial seletivo, pode-se utilizar o cálculo do progresso genético, ou resposta à seleção, que é dado por:

$$\Delta G = i \sigma_p h^2,$$

em que:

ΔG = progresso genético ou resposta à seleção por geração de seleção;

i = intensidade de seleção;

σ_p = desvio-padrão fenotípico;

h^2 = herdabilidade.

Desta forma, foram estimados os progressos genéticos esperados para as características de qualidade de carne, bem como este potencial de resposta como percentual em relação à média da característica, considerando-se como de valor 1 a intensidade de

seleção para todas as características, o que corresponde à seleção de cerca de 40% de machos e fêmeas, e utilizando-se os desvios-padrão fenotípicos e as estimativas de herdabilidades calculadas através do programa MTDFREML. As estimativas de progresso genético calculadas são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Estimativas de progresso genético esperado (em valor absoluto e como percentual em relação à média) para as características de qualidade de carne

Característica¹	Progresso genético esperado por geração	Progresso genético esperado em relação à média da característica por geração (%)
pH_i	0,004	0,07
pH₆	0,034	0,57
pH_f	0,037	0,64
AM_i	0,018	7,07
AM_f	0,00	0,00
L*	0,79	1,42
a*	0,26	4,81
b*	0,30	2,20
EXSU (%)	0,07	3,15
CONG (%)	0,75	11,57
COZ (%)	0,45	2,13
FC (kg)	0,06	4,90

¹pH_i = pH inicial; pH₆ = pH em 6 horas após o abate; pH_f = pH final; AM_i = amplitude inicial de queda de pH; AM_f = amplitude final de queda de pH; 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.

Pode-se observar que a característica de maior potencial seletivo é CONG, apesar de não ter sido a característica com maior estimativa de herdabilidade, apresentando um progresso genético esperado de 11,57% em relação à sua média por geração de seleção. A seleção contra CONG pode trazer benefícios para L*, EXSU, COZ e FC, entretanto CONG é uma característica de difícil mensuração em linha industrial.

Outra característica de grande potencial seletivo parece ser AM_i , cujo progresso genético esperado é de 7,07% em relação à média da característica. Se aplicada seleção contra esta característica, poderia ocorrer uma melhoria em L^* e EXSU. Contudo, trata-se também de uma característica de difícil mensuração em linha industrial de abate.

As características a^* e FC também apresentaram uma boa capacidade de resposta à seleção, com progresso genético esperado de 4,81 e 4,90%, respectivamente, em relação à média das características. Todavia, a seleção a favor de a^* poderia ser favorável para L^* mas seria desfavorável para EXSU e CONG. Já a seleção contra FC seria bastante favorável para L^* e as perdas de água da carne, contudo trata-se também de uma característica de difícil mensuração em linha industrial. EXSU também apresentou um potencial seletivo razoável, de 3,15% em relação à média da característica, e a seleção contra esta característica poderia ser favorável para CONG, COZ e FC, mas da mesma forma consiste em uma característica de pouca viabilidade de mensuração.

As características b^* e COZ possuem potenciais seletivos razoáveis, de 2,20 e 2,13%, respectivamente. Contudo, b^* não pode trazer incremento aos demais atributos de qualidade de carne. Já a seleção contra COZ poderia ser favorável para L^* , EXSU, CONG e FC, mas também se trata de uma característica de difícil mensuração em linha industrial.

A seleção contra L^* é uma alternativa que poderia ser adotada neste programa de seleção, pois esta característica tem certo potencial seletivo, de 1,42% em relação à média da característica e uma estimativa de herdabilidade moderada. Além disto, a seleção contra esta característica pode trazer benefícios para CONG, COZ e FC, além de benefícios a EXSU, em menor grau. Um fator importante é que L^* corresponde a uma medida de grande viabilidade de coleta em linha industrial.

Na linhagem analisada as medidas de pH não apresentaram bom potencial seletivo, os quais variaram entre 0,07 e 0,64% em relação à média, embora estas medidas possam ser

capazes de trazer respostas correlacionadas interessantes para os atributos de qualidade de carne, como a luminosidade, as perdas de água por exsudação, descongelamento e cozimento, e a força de cisalhamento, e embora para pH_f tenha sido encontrada uma estimativa de herdabilidade moderada. Desta forma, a seleção para as medidas de pH da carne, assim como para AM_f , para a qual não houve progresso genético esperado, não parece ser indicada.

Na necessidade de uma melhoria urgente nos atributos de qualidade de carne desta linhagem de frangos, recomenda-se para este programa de melhoramento genético o uso de características de maior potencial seletivo como critério de seleção, como CONG ou FC, ainda que estas características sejam de mensuração dispendiosa. Entretanto, a indústria pode obter para os atributos da carne um progresso menos rápido, mas não menos eficiente, utilizando-se L^* como critério de seleção, com a principal vantagem de que esta é uma característica de fácil mensuração em linha industrial de abate. Um ponto importante é que a seleção visando uma melhoria urgente das características de qualidade de carne não parece fundamental neste momento nesta linhagem, tendo em vista as tendências genéticas obtidas para estas características.

6.4.7 Análise das respostas correlacionadas das características recomendadas para seleção

O cálculo da resposta correlacionada é utilizado para o estudo de como a seleção para uma característica é capaz de trazer mudanças em outra geneticamente relacionada. Sua intensidade e direção dependerão das correlações existentes entre as características. A resposta correlacionada é dada por:

$$RC_Y = i_X h_X r_{gXY} \sigma_{gY},$$

em que:

RC_Y = resposta correlacionada em Y;

i_X = intensidade de seleção aplicada em X;

h_X = raiz quadrada da herdabilidade de X;

$r_{g_{XY}}$ = correlação genética entre X e Y;

σ_{gY} = desvio-padrão genético de Y.

Para realização da simulação de resposta correlacionada, foram utilizadas como critério de seleção as características CONG e FC, as quais apresentaram maior capacidade de resposta à seleção neste estudo. Foram analisadas suas respostas correlacionadas sobre EXSU e L^* , e a intensidade de seleção considerada nesta simulação foi 1, o que corresponde à seleção de cerca de 40% de machos e fêmeas. Além disto, simulou-se também a resposta correlacionada de L^* , uma característica de menor capacidade de resposta à seleção do que CONG e FC, mas de grande viabilidade de coleta. Também se considerando intensidade de seleção 1, simulou-se a resposta correlacionada de L^* sobre EXSU e FC.

- Estudo da resposta correlacionada de CONG

A resposta correlacionada de CONG sobre EXSU foi de 0,05% por geração. Considerando-se que em um ano há 1,5 geração de aves, tem-se uma redução de 0,07% ao ano em EXSU quando se seleciona contra CONG. Considerando-se a produção de cerca de 9 milhões de toneladas de carne de frango no último ano no Brasil (ABEF, 2006), estima-se com esta seleção proposta uma economia anual em perdas por exsudação da carne de cerca de 6,3 mil toneladas. Esta economia representa uma diminuição de 0,001% em EXSU em relação à sua média ao ano.

A resposta correlacionada de CONG sobre L* foi de 0,48 ao ano, ou seja, selecionando-se contra CONG pode-se reduzir em cerca de 0,3% o valor de L* em relação à sua média por ano.

- Estudo da resposta correlacionada de FC

A resposta correlacionada de FC sobre EXSU foi de 0,06% por geração. Considerando-se que em um ano há 1,5 geração de aves, tem-se uma redução de 0,09% ao ano em EXSU quando se seleciona contra FC. Considerando-se a produção de cerca de 9 milhões de toneladas de carne de frango no último ano no Brasil (ABEF, 2006), estima-se com esta seleção proposta uma economia anual em perdas por exsudação da carne de cerca de 8,1 mil toneladas. Esta economia representa uma diminuição de 0,002% em EXSU em relação à sua média ao ano.

A resposta correlacionada de FC sobre L* foi de 0,6 ao ano, ou seja, selecionando-se contra FC pode-se reduzir em cerca de 0,34% o valor de L* em relação à sua média por ano.

- Estudo da resposta correlacionada de L*

A resposta correlacionada de L* sobre EXSU foi de 0,02% por geração. Considerando-se que em um ano há 1,5 geração de aves, tem-se uma redução de 0,03% ao ano em EXSU quando se seleciona contra L*. Considerando-se a produção de cerca de 9 milhões de toneladas de carne de frango no último ano no Brasil (ABEF, 2006), estima-se com esta seleção proposta uma economia anual em perdas por exsudação da carne de cerca de 2,8 mil toneladas. Esta economia representa uma diminuição de 0,0006% em EXSU em relação à sua média ao ano.

A resposta correlacionada de L* sobre FC foi de 0,07 ao ano, ou seja, selecionando-se contra L* pode-se reduzir em cerca de 5,6% o valor de FC em relação à sua média por ano.

Nos três casos pode-se observar que as respostas correlacionadas estudadas foram favoráveis, em maior ou menor intensidade, devendo-se, portanto, estabelecer as estratégias do programa de seleção conforme o interesse e a urgência da empresa em melhorar a qualidade da carne, considerando a viabilidade da coleta do critério de seleção a ser utilizado.

7 CONCLUSÕES

A seleção a favor das características de desempenho, carcaça e composição corporal na linhagem de frangos analisada de modo geral não interferiu de maneira relevante nas características de qualidade de carne na linhagem analisada, embora grande parte destas características pareça influenciar de forma significativa o pH inicial e a queda final de pH da carne. Apenas a seleção a favor do peso à seleção juvenil pode ser capaz de afetar significativamente a qualidade da carne, trazendo uma redução em suas perdas de água, o que torna a seleção a favor desta característica favorável para a qualidade da carne da linhagem analisada.

A seleção para a maior parte das características de desempenho e carcaça também pode ser capaz de trazer certo incremento ao teor de amarelo da carne, apesar de este não parecer ser um atributo fundamental neste momento para o mercado consumidor ou para a indústria processadora.

A seleção contra CONG ou FC pode ser uma alternativa para melhorar rapidamente os atributos de qualidade de carne na linhagem analisada, pois estas características possuem grande potencial seletivo e são capazes de trazer melhorias à cor e às perdas de água da carne. Entretanto, tratam-se de características de pequena viabilidade de mensuração em linha industrial, recomendando-se sua utilização em caso de grande interesse ou necessidade de incremento nos atributos de qualidade da carne, o que não parece ser o caso desta linhagem neste momento, em virtude das tendências genéticas das características de qualidade de carne analisadas serem favoráveis às mesmas.

A seleção contra a luminosidade da carne na linhagem de frangos analisada pode ser outra estratégia a ser adotada neste programa de seleção, pois também pode trazer benefícios para as perdas de água por descongelamento, cozimento e para a força de cisalhamento da

carne, além de benefícios às perdas de água por exsudação da carne em menor grau. A luminosidade também apresentou certo grau de capacidade de resposta à seleção e, além disto, corresponde a uma medida de grande viabilidade de coleta em linha industrial.

Ambas as estratégias de seleção sugeridas seriam capazes de trazer resultados importantes tanto para o mercado consumidor, melhorando a cor e a maciez da carne, como para a indústria processadora, melhorando sua capacidade de retenção de água.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF. Associação brasileira dos produtores e exportadores de frangos. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>>. Acesso em: 25 maio 2006.

ADDIS, P. B. Poultry muscle as food. In: BECHTEL, P. J. **Muscle as Food**. Urbana: Academic Press Inc., 1986. p. 371-404.

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.

ANTHONY, N. B. A review of genetic practices in poultry: efforts to improve meat quality. **Journal of Muscle Foods**, Urbana, v. 9, p. 25-33, 1998.

ARTEGA, G. E.; NAKAI, S. Thermal denaturation of turkey breast myosin under different conditions: Effect of temperature and pH, and reversibility of the denaturation. **Meat Science**, Savoy, v. 31, p. 191-200, 1992.

AVISITE. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/noticias/default.asp?CodNoticia=6424>>. Acesso em: 25 maio 2006.

BARBUT, S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research International**, Toronto, v. 26, p. 39-43, 1993.

BARBUT, S. Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, Roslin, v. 38, p. 355-358, 1997.

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

BERRI, C. et al. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. **Poultry Science**, Savoy, v. 80, p. 833-838, 2001.

BILGILI, S. F.; EGBERT, W. R.; HOFFMAN, D. L. Research note: effect of post mortem ageing temperature on sarcomere length and tenderness of broiler pectoralis major. **Poultry Science**, Savoy, v. 68, n. 11, p. 1588-91, 1989.

BOLDMAN, K. G. et al. **A manual for use of MTDFREML: set of programs to obtain estimates of variances and covariances**. USDA-ARS, 1993.

BOULIANNE, M.; KING, A. J. Meat color and biochemical characteristics of unacceptable dark-colored broiler chicken carcasses. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 63, n. 5, p. 759-762, 1998.

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.

- CAMPOS, E. J; PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético das aves. In: PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1999. p. 284-314.
- COSTA, A. M. M. A. et al. Estimativas de tendências genéticas do peso do coração e do peso do fígado em uma linhagem macho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA e TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Anais...** Santos: APINCO, 2005. p. 177.
- COSTA, A. R. C. et al. Tendências genéticas em características de desempenho de suínos das raças Large White, Landrace e Duroc. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 348-352, 2001.
- DEBUT, M. et al. Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions. **Poultry Science**, Savoy, v. 82, p. 1829-1838, 2003.
- 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.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 743-746, 1999.
- DUNN, A. A.; KILPATRICK, D. J.; GAULT, N. F. S. Contribution of “rigor shortening” and “cold shortening” to variability in the texture of pectoralis major muscle from commercially processed broilers. **British Poultry Science**, Roslin, v. 36, n.4, p. 401-413, 1995.
- ELER, J. P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal**. 2 ed. Pirassununga: FEZA-USP, 2001. 262p.
- EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância**. Campo Grande: EMBRAPA – Gado de corte, 1999. 63p.
- FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. Edinburgh: Oliver & Boyd, 1960. 365p.
- FENNEMA, O. R. Comparative water holding properties of various muscle food. **Journal of Muscle Foods**, Urbana, n. 1, p. 363-381, 1990.
- FERNANDEZ, X. et al. Effects of the rate of muscle post mortem pH fall on the technological quality of turkey meat. **British Poultry Science**, Roslin, v. 43, p. 245-252, 2002.
- FERNANDEZ, X. et al. Post mortem muscle metabolism and meat quality in three genetic types of turkey. **British Poultry Science**, Roslin, v. 42, p. 462-469, 2001.
- FERRAZ, J. B.; ELER, J. P. **Sumário de touros Marchigiana 2000**. São Paulo: FZEA-USP/ABCM, 2000. 25p.
- FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, 1323-1327, 1999.

FRONING, G. W.; BABJI, A. S.; MATHER, F. B. The effect of preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**, Savoy, v. 57, p. 630-633, 1978.

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 349-356, 2006.

GAYA, L. G. et al. Heritability and genetic correlations estimates for performance, carcass and body composition traits in a male broiler line. **Poultry Science**, Savoy, v. 85, p. 837-843, 2006.

GAYA, L. G. et al. Desenvolvimento de sistema computacional para coleta de dados de frangos de corte em abatedouro. **Revista Brasileira de Agroinformática**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 32-41, 2003. Disponível em <<http://www.sbiagro.org.br/artigo%203.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2005.

GAYA, L. G. et al. Genetic trends of abdominal fat content in a male broiler chicken line. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 4, p. 760-764, 2005.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Savoy, v. 49, p. 447-457, 1998.

HOPKINS, K. D.; HOPKINS, B. R.; GLASS, G. V. **Basic statistics for the behavioral sciences**. 3. ed. Boston: Allyn and Bacon, 1996. 406 p.

JOSAHKIAN, L. A. Qualidade dos dados coletados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO, 2., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 253-256.

KESSLER, A. M.; SNIZEK JUNIOR., P. N.; BRUGALLI, I. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA e TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: APINCO, 2000. p. 108-133.

KLOSOWSKA, D. B.; ROSINSKI, A.; ELMINOWSKA-WENDA, G. Microstructural characteristics of the pectoralis muscle of white Italian geese. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 11., 1993, Tours. **Proceedings...** p. 144-148, 1993.

KUBOTA, E. H.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Maturação da carne, um processo enzimático. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 18, n. 200, p. 12-14, 1993.

LARA, J. A. F. et al. Estresse térmico e incidência de carne PSE em frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n. 4, p.15, 2002.

LARZUL, C. P. et al. Selection for reduced muscle glycolytic potential in Large White pigs. II. Correlated responses in meat quality and muscle compositional traits. **Genetics, Selection, Evolution**, Jouy-en-Josas, v. 31, p. 61-76, 1999.

LAWRIE, R. A. **Meat science**. 5 ed. New York: Pergamon Press, 1991. p. 56-60.

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.

LE BIHAN-DUVAL, E. et al. Genetic analysis of a selection experiment on increased body weight and breast muscle weight as well as on limited abdominal fat weight. **British Poultry Science**, Roslin, v. 39, p. 346-353, 1998.

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**, Savoy, v. 78, p. 822-826, 1999.

LI, J.; TAN, J.; SHATADAL, P. Classification of tough and tender beef by image texture analysis. **Meat Science**, Savoy, v. 57, p. 341-346, 2001.

MATTOS, E.C. et al. Broilerquality – 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.

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

McKEE, S. R.; SAMS, A. R. Rigor mortis development at elevated temperatures induces pale exsudative turkey meat characteristics. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 169-174, 1998.

MOLETTE, C.; RÉMIGNON, H.; BABILE, R. Effect of rate of pH fall on turkey breast meat quality. **British Poultry Science**, Roslin, v. 44, n. 5, p. 787-788, 2003.

MOURÃO, G. B.; FIGUEIREDO, L. G. G.; MATTOS, E. C. *Software CALGERA –cálculo de geração dos animais presentes em um pedigree*. Desenvolvido com apoio da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP. 2004. *Software* não publicado.

ODA, H. I. et al. Carnes PSE (pale, soft, exsudative) e DFD (dark, firm, dry) em aves e suínos – diferenças e semelhanças. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 28, n. 325, p. 108-113, 2004.

ODA, S. H. I. et al. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 28, p. 30-34, 2003.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water-holding in meat: general principles and water uptake in meat processing. In: _____. **Developments in meat science**. New York: Elsevier, 1988.

OLIVO, R. **Carne PSE em frangos**. 1999. 97 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, USP, São Paulo, 1999.

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

PAPINAHÓ, P. A.; FLETCHER, D. L. Effect of stunning amperage on broiler breast muscle rigor development and meat quality. **Poultry Science**, Savoy, v. 74, p. 1527-1532, 1995.

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

PIETRZAK, M.; GREASER, M. L.; SOSNICKI, A. A.; Effect of rapid rigor mortis processes on protein functionality in Pectoralis major muscle of domestic turkeys. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 2106-21226, 1997.

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

QUEIRÓZ, L. et al. Incidência de carne PSE em linhagem de frangos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 13., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. CD-ROM.

RANCE, K. A.; McENTEE, G. M.; McDEVITT, R. M. Genetic and phenotypic relationships between and within support and demand tissues in a single line of broiler chicken. **British Poultry Science**, Savoy, v. 43, p. 518-527, 2002.

RATHGEBER, B. M.; BOLES, J. A.; SHAND, P. J. Rapid postmortem decline and delayed chilling reduce quality of turkey breast meat. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 477-484, 1999.

RÉMIGNON, H.; DESROSIERS, V.; MARCHE, G. Influence of increasing breast meat yield on muscle histology and meat quality in the chicken. **Reproduction, Nutrition, Development**, Jouy-en-Josas, v. 36, p. 523-530, 1996.

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**, London, v. 16, p. 95-102, 1995.

REZENDE, F. M. et al. Estimacão de componentes de variâncias iniciais para características produtivas em linhagem macho de frango de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 11., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. CD-ROM.

REZENDE, F. M. et al. Estimativas de tendências genéticas do peso eviscerado e do peso de pernas em uma linhagem macho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA e TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Anais...** Santos: APINCO, 2005. p. 160.

SAMS, A. R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 798-803, 1999.

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.

SANTÉ, V. et al. Post mortem evolution in the Pectoralis superficialis muscle from two turkey breeds: relationship between pH and colour changes. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 37., 1991, Kulmbach. **Proceedings...** Helsinki: 37th ICoMST, 1991. V. 1, p. 465-468.

SANTÉ, V. et al. Impact of turkey breeding and production on breast meat quality. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, 12., 1995, Zaragoza. **Proceedings...** p. 151-156, 1995.

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 out. 2004.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis systems user's guide**. Version 8. Cary: SAS Institute Inc., 1999. 1464 p.

SEARLE, S. R.; CASELLA, G.; MCCULLOCH, C. E. **Variance Components**. New York: John Willey e Sons, 1992.

SILVA, M. E. B. et al. Padronização das condições de pré-chilling para obtenção de estimativas de parâmetros qualitativos da carne de frangos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 13., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. CD-ROM.

SMITH, D. P. et al. Pekin duckling and broiler chicken Pectoralis muscle structure and composition, **Poultry Science**, Savoy, v. 72, p. 202-208, 1993.

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

SOSNICKI, A. A. et al. PSE-like syndrome in breast muscle of domestic turkeys: a review. **Journal of Muscle Foods**, Urbana, 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.

STRASBURG, G. M.; CHIANG, W. Genetic basis of pale, soft and exudative turkey meat. In: AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 56., 2003, Columbia. **Proceedings...** p. 11-22, 2003. Disponível em: <<http://www.meatscience.org/Pubs/rmcarchv/2003/index.html#>>. Acesso em: 18 fev. 2005.

SWATLAND, H. J. Physiology of muscle growth. In: NIXEY, C.; GREY, T. C. **Recent Advances in Turkey Science**. Borough Gree: Butterworths e Co, 1989. p. 167-182.

SWATLAND, H. J. **On line evaluation of meat**. Lancaster: Technomic, 1995. 343 p.

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

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: 17 out. 2004.

WISMER-PEDERSEN, J. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. **Food Research**, Toronto, v. 24, p. 711-726, 1959.

WISMER-PEDERSEN, J. Chemistry of animal tissues: water. In: PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **The science of meat and meat products**. Westport: Food and Nutrition Press, 1986.

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**, Savoy, v. 78, p. 942-948, 1999.

ZOCCHI, C.; SAMS, A. R. Tenderness of broiler breast fillets from carcasses treated with electrical stimulation and extended chilling times. **Poultry Science**, Savoy, v. 78, p. 495-498, 1999.