UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JANE LARA BRANDANI MARQUES GROSSO

Proposição de índices de seleção em frangos de corte

Pirassununga

2011

JANE LARA BRANDANI MARQUES GROSSO

Proposição de índices de seleção em frangos de corte

Versão corrigida

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. Joanir Pereira Eler

Pirassununga

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

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

G878p
corte/

Grosso, Jane Lara Brandani Marques
Proposição de índices de seleção em frangos de
Jane Lara Brandani Marques Grosso. -- Pirassununga,
2011.
94 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. Joanir Pereira Eler.

1. Avicultura 2. Melhoramento genético 3. Modelo
animal 4. Modelo bioeconômico 5. Objetivos de seleção
6. Parâmetros genéticos. I. Título.

Aos meus pais, *Joaquim e Janete*, formadores
do que carrego de mais valioso comigo: meus
valores de vida,

DEDICO

Ao *Marcelo*, meu esposo e amigo, pelo seu
amor e dedicação que me nutrem de alegria e
coragem no dia a dia, e ao meu filho, *Murilo*,
razão maior da minha vida,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A *Deus*, por guiar os meus passos e permitir alcançar meus objetivos.

Ao professor Dr. *Joanir Pereira Eler*, pela oportunidade e confiança na realização deste trabalho e orientação ao longo dos anos de convivência acadêmica e profissional.

Ao professor e amigo Dr. *Júlio Cesar Carvalho Balieiro*, pelo apoio, atenção, disponibilidade e ensinamentos, fundamentais para a concretização deste trabalho.

Aos professores Dr. *José Bento Sterman Ferraz*, Dr. *Gerson Barreto Mourão* e Dr. *César Gonçalves de Lima*, pelas críticas, sugestões e incentivos constantes.

Ao professor Dr. *Rubens Nunes*, pelas valiosas sugestões prestadas no Exame de Qualificação.

Aos pesquisadores e amigos Sr. *Tércio Michelin Filho* e Sr. *Eduardo Mendonça de Souza*, da Aviagen Group, pela concessão dos dados para a elaboração desta tese, além de valiosas contribuições pessoal e profissional.

À amiga *Elisângela*, pela grande contribuição, aprendizado e paciência, que tornaram possível a realização deste trabalho, além de troca de ideias “maternas” durante esses anos.

À *Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP)*, pela importância em toda minha formação acadêmica.

À *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)*, pela concessão da bolsa de estudo e recursos que me possibilitaram divulgar este trabalho em diversos eventos científicos.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, pela concessão da bolsa de estudo.

À *Jox Assessoria Agropecuária Ltda.* e *Fricock Frigorificação Avicultura Indústria e Comércio Ltda.*, por nos receber e fornecer informações de extrema relevância ao projeto.

Aos colegas *Diego*, *Fernanda*, *Heloise*, *Luís Gustavo*, *Roulber*, *Sandra* e *Victor*, pelos primeiros ensinamentos.

Às colegas *Andrezza*, *Luciane*, *Marina*, *Mirele* e *Priscila*, pela paciência e alegrias compartilhadas tornando mais felizes os meus dias em Pirassununga.

Aos demais colegas do “antigo” e “novo” *Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia (GMAB)*, pela convivência e troca de experiências nesses quatro anos.

Aos docentes e funcionários dos Departamentos de Ciências Básicas e Zootecnia, FZEA/USP, pelos conhecimentos adquiridos e atenção dispensada.

Aos funcionários da Seção Técnica de Informática, FZEA/USP, pela paciência nesses quatro anos socorrendo sempre que necessário.

Aos meus pais Joaquim e Janete, meu marido Marcelo e minha sogra Helena, pelo suporte de carinho, compreensão, apoio e dedicação com o Murilo nos meus períodos longos de ausência, fundamentais para a concretização deste trabalho.

À minha irmã Silvia, meu cunhado José Carlos e meus sobrinhos Vinícius e Vitória, pela torcida e confiança inabaláveis.

Ao meu filho Murilo, pelos abraços e sorrisos a cada chegada mostrando que a vida é maravilhosa.

E a todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste projeto ou enriquecimento de minha vida acadêmica, profissional e humana.

MUITO OBRIGADA

BIOGRAFIA

Jane Lara Brandani Marques Grosso, nascida em 6 de março de 1972, em São Bernardo do Campo, SP, filha de Joaquim Marques Júnior e Janete Brandani Marques, casada com Marcelo Grosso e mãe de Murilo Marques Grosso, é Zootecnista formada pela Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (USP), em Pirassununga, SP, em dezembro de 1995. No período de 1993 a 1995, foi bolsista de iniciação científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), sob a orientação do professor Dr. José Bento Sterman Ferraz. Em fevereiro de 1996, iniciou seus trabalhos na Agrocere Ross Melhoramento Genético de Aves S.A., em Rio Claro, SP, onde se dedicou, durante 10 anos, como pesquisadora do programa de melhoramento genético de frangos. Em janeiro de 2007, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Qualidade e Produtividade Animal, pelo programa de Pós-graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (USP), em Pirassununga, SP, como bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob a orientação do professor Dr. Joanir Pereira Eler.

“Dizem que o que procuramos é um sentido para a vida. Penso que o que procuramos são experiências que nos façam sentir que estamos vivos.”

JOSEPH CAMPBELL

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”

CORA CORALINA

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

FRIEDRICH NIETZSCHE

RESUMO

GROSSO, J.L.B.M. **Proposição de índices de seleção em frangos de corte**. 2011. 94 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

O presente estudo foi subdividido em duas partes: análises genéticas e análises econômicas. A primeira teve por objetivos definir modelos de avaliação genética para as características de desempenho e carcaça em uma linhagem comercial de frangos e estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos para essas características. A segunda parte teve por objetivos derivar os ponderadores econômicos para essas características de acordo com dois segmentos de mercado de carne de frango e propor índices econômicos de seleção para esses segmentos. As características avaliadas foram: taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER). As estimativas dos componentes de (co)variância foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita utilizando os programas MTDFREML e VCE-6. O teste de razão de verossimilhança foi utilizado para verificar qual o modelo mais adequado à avaliação genética para cada característica. Para a obtenção dos ponderadores econômicos foi desenvolvido um modelo bioeconômico determinístico e a análise econômica foi simulada para uma cadeia de produção de frangos integrada. Foi proposto um índice de seleção para o segmento de mercado frango inteiro e outro para cortes de frango. Foram obtidas estimativas de correlação por postos de Spearman entre os valores preditos pelos dois índices para três intensidades de seleção. Os efeitos de ambiente permanente materno e genético aditivo materno foram significativos ($P < 0,01$) para todas as características. As estimativas de herdabilidade direta e materna foram 0,29 e 0,02 para CA, 0,45 e 0,05 para PC, 0,17 e 0,04 para PCAR, 0,26 e 0,06 para PPEI, 0,22 e 0,02 para PPER, 0,31 e 0,02 para RCAR, 0,53 e 0,04 para RPEI, e 0,44 e 0,02 para RPER, respectivamente. Os ponderadores econômicos foram -1,1783 R\$/ponto para CA, 0,007 e 0,006 R\$/g para PC respectivamente para o segmento de mercado frango inteiro e cortes de frango, 0,0552, 0,0758 e 0,0629 R\$/% para RCAR, RPEI e RPER, respectivamente. Os resultados sugerem que todas as características podem ser selecionadas esperando progresso genético na população estudada. Os efeitos maternos foram importantes, mesmo de pequena magnitude (0,02 a 0,06), e devem ser considerados nos modelos de avaliação genética a fim de obter maior acurácia da predição dos valores genéticos individuais. A CA representou relevante impacto econômico para os dois segmentos de mercado. Para o segmento de mercado cortes de frango, as características de carcaça foram quase tão importantes quanto às de desempenho. A classificação das aves gerada pelos dois índices foi alterada à medida que diminuiu a proporção de aves selecionadas. Portanto, índices de seleção distintos devem ser considerados nos programas de melhoramento de frangos enquanto segmentos diferentes de mercado de carne de frango na proposta de maior eficiência econômica da utilização do mérito genético predito.

Palavras-chave: avicultura, melhoramento genético, modelo animal, modelo bioeconômico, objetivos de seleção, parâmetros genéticos

ABSTRACT

GROSSO, J.L.B.M. **Proposition of selection indexes in broilers**. 2011. 94 f. Thesis (Doctor) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

The present research was subdivided in two parts: genetic analyses and economic analyses. The first part was conducted to determine models for genetic evaluation of performance and carcass traits in a commercial broiler line and to estimate genetic and phenotypic parameters for these traits. The second part was conducted to derive economic weights for these traits according to two market segments of broiler meat and to propose economic selection indexes for these segments. The traits analyzed were: feed conversion ratio (CA), body weight at juvenile selection (PC), carcass (PCAR), breast meat (PPEI) and leg (PPER) weights, and carcass (RCAR), breast meat (RPEI) and leg (RPER) yields. Estimates of the (co)variance components were obtained by the restricted maximum likelihood method by the software MTDFREML and VCE-6. The likelihood ratio test was applied in order to verify which model was more adapted to the genetic evaluation for each trait. A deterministic bioeconomic model was developed for the derivation of economic weights and the economic analysis was simulated for an integrated broiler production system. It was proposed a selection index for the market segment of whole carcass and another for cuts. Spearman correlation estimates among predicted values from the two indexes were obtained for three selection intensities. For all traits, the maternal genetic and permanent environmental effects were significant ($P < 0.01$). The estimates of direct and maternal heritability were 0.29 and 0.02 for CA, 0.45 and 0.05 for PC, 0.17 and 0.04 for PCAR, 0.26 and 0.06 for PPEI, 0.22 and 0.02 for PPER, 0.31 and 0.02 for RCAR, 0.53 and 0.04 for RPEI, and 0.44 and 0.02 for RPER, respectively. The economic weights were -1.1783 R\$/point for CA, 0.007 and 0.006 R\$/g for PC respectively for the market segment of whole carcass and cuts, 0.0552, 0.0758 and 0.0629 R\$/% for RCAR, RPEI and RPER, respectively. The results suggest that traits analyzed can be selected and genetic progress will be expected. Maternal effects were important, even of small magnitude (0.02 to 0.06), and should be considered in genetic evaluation models in order to obtain accurate prediction of the breeding values of the individuals. The CA represented significant economic impact for the two market segments. For the market segment of cuts, carcass traits were almost as important as the performance traits. The classification of chickens generated by the two selection indexes was changed as the proportion of selected chickens decreased. Therefore, different selection indexes should be considered in broiler breeding programs while different segments of broiler meat market in the proposal for greater economic efficiency in the use of predicted genetic merit.

Key-words: animal breeding, animal model, bioeconomic model, breeding goals, genetic parameters, poultry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de propagação do material genético remunerado em valor	28
Figura 2 – Métodos utilizados para a derivação de ponderadores econômicos	29
Figura 3 – Lucro em função do desempenho da característica	30
Figura 4 – Sequência para a obtenção de ponderadores econômicos ou valores econômicos pelo método normativo ou simulação de dados	31
Figura 5 – Recurso matemático do <i>Microsoft Excel</i> para interligar planilhas	41
Figura 6 – Estrutura do modelo bioeconômico desenvolvido	42
Figura 7 – Estrutura da cadeia produtiva do frango.....	43
Figura 8 – Relação da taxa de conversão alimentar (CA) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida	64
Figura 9 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva associado à taxa de conversão alimentar para os dois segmentos de mercado.....	65
Figura 10 – Relação do peso corporal à seleção juvenil (PC) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida.....	66
Figura 11 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva associado ao peso corporal à seleção juvenil para o segmento de mercado frango inteiro	67
Figura 12 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva associado ao peso corporal à seleção juvenil para o segmento de mercado cortes de frango	67
Figura 13 – Relação do rendimento de carcaça (RCAR) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida	68
Figura 14 – Comportamento do lucro da cadeia produtiva com o progressivo aumento no desempenho do rendimento de carcaça para o segmento de mercado frango inteiro	68
Figura 15 – Relação do rendimento de carne de peito (RPEI) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida.....	69

Figura 16 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva por unidade de variação percentual de rendimento de carne de peito para o segmento de mercado cortes de frango	70
Figura 17 – Relação do rendimento de pernas (RPER) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida	71
Figura 18 – Comportamento do lucro da cadeia produtiva por unidade de variação percentual de rendimento de pernas para o segmento de mercado cortes de frango	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade (h^2) e os respectivos erros-padrão (EP) para as características de desempenho e carcaça em frangos, segundo diversos autores	22
Tabela 2 – Estimativas dos coeficientes de correlação genética (r_g) e fenotípica (r_p) entre as características de desempenho e carcaça em frangos, segundo diversos autores. Entre parênteses encontram-se os respectivos erros-padrão (EP)	24
Tabela 3 – Número de animais em cada geração para a população estudada	36
Tabela 4 – Número de observações (N), média observada (MED), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das características avaliadas	37
Tabela 5 – Classe sexo testada como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados.....	38
Tabela 6 – Distribuição dos animais de acordo com a idade à seleção juvenil.....	38
Tabela 7 – Objetivos e respectivos critérios de seleção adotados neste estudo	40
Tabela 8 – Planilhas componentes do modelo bioeconômico desenvolvido	42
Tabela 9 – Parâmetros de produtividade adotados para o elo matrizeiros	44
Tabela 10 – Preços e custos exógenos utilizados na cadeia produtiva simulada	44
Tabela 11 – Cotações do mercado de frangos abatidos no estado de São Paulo, em R\$/kg, entre os anos de 2005 e 2010.....	44
Tabela 12 – Parâmetros técnicos e de produtividade adotados, premissas da simulação bioeconômica desenvolvida	45
Tabela 13 – Taxa de ganho genético anual (ΔG) para as características selecionadas.....	47
Tabela 14 – Estimativas da estatística do teste de razão de verossimilhança (LR_{ij}), por modelos de avaliação genética, para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER)	49

Tabela 15 – Estrutura dos dados para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER)	51
Tabela 16 – Estimativas dos componentes de (co)variância para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER), obtidas em análise unicaracterística	52
Tabela 17 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância genética aditiva direta entre as características avaliadas, obtidas em análise bicaracterística.....	52
Tabela 18 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância residual entre as características avaliadas, obtidas em análise bicaracterística	53
Tabela 19 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância fenotípica entre as características avaliadas, obtidas em análise bicaracterística	53
Tabela 20 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância genética aditiva direta entre as características selecionadas, obtidas em análise multicaracterística.....	54
Tabela 21 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância residual entre as características selecionadas, obtidas em análise multicaracterística.....	54
Tabela 22 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância fenotípica entre as características selecionadas, obtidas em análise multicaracterística.....	54
Tabela 23 – Estimativas dos parâmetros genéticos e os respectivos erros-padrão (EP) para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER), obtidas em análise uni, bi e multicaracterística.....	55

Tabela 24 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade para o efeito genético aditivo direto ($\hat{h}_a^2$) e os respectivos erros-padrão (EP), por modelo de avaliação genética, para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER), obtidas em análise unicaracterística	57
Tabela 25 – Estimativas dos coeficientes de correlação genética (abaixo da diagonal) e fenotípica (acima da diagonal) entre as características avaliadas, obtidas em análise bi e multicaracterística (entre parênteses)	59
Tabela 26 – Escala de produção simulada para a produção de 7.300.000 kg de carcaça/ano..	61
Tabela 27 – Custo de produção simulado para o sistema automatizado desenvolvido	61
Tabela 28 – Distribuição percentual comparativa do custo de produção simulado com a média de sistemas de produção automatizados no estado de São Paulo entre os anos de 2005 e 2010	62
Tabela 29 – Custos, receitas e lucro para a cadeia produtiva desenvolvida.....	63
Tabela 30 – Valores de receita, custo total e lucro, em R\$/frango abatido, referente às taxas regressivas de conversão alimentar (CA).....	65
Tabela 31 – Ponderador econômico (VE) para peso corporal à seleção juvenil, em R\$/g por frango abatido, para cada segmento de mercado analisado	67
Tabela 32 – Valores de receita, custo total e lucro, em R\$/frango abatido, referente às taxas crescentes de rendimento de carne de peito (RPEI)	70
Tabela 33 – Desvio-padrão genético aditivo direto ($\hat{\sigma}_a$) e o respectivo valor genético-econômico ($VE \times \hat{\sigma}_a$), em R\$, para cada característica selecionada de acordo com os dois segmentos de mercado	72
Tabela 34 – Valor genético-econômico ($VE \times \hat{\sigma}_a$), em R\$, e a importância econômica relativa das características de desempenho em relação às características de carcaça selecionadas para cada segmento de mercado analisado.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 Avicultura de corte.....	18
2.2 Avaliações genéticas	20
2.3 Objetivos e critérios de seleção	25
2.4 Índices de seleção.....	26
2.5 Valores econômicos	28
2.6 Modelo bioeconômico	30
3 HIPÓTESES	33
4 OBJETIVOS.....	34
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
5.1 Origem e coleta dos dados.....	35
5.2 Estatística descritiva.....	36
5.3 Análises genéticas	37
5.4 Objetivos e critérios de seleção	40
5.5 Modelo bioeconômico	41
5.6 Análises econômicas	43
5.7 Ponderadores econômicos	47
5.8 Índices econômicos de seleção	48
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
6.1 Modelos de avaliação genética	49
6.2 Componentes de variância e covariância	51
6.3 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos	55
6.4 Análise econômica	60
6.5 Ponderadores econômicos	63
6.5.1 Ponderadores econômicos para taxa de conversão alimentar.....	64
6.5.2 Ponderadores econômicos para peso corporal à seleção juvenil	66
6.5.3 Ponderadores econômicos para rendimento de carcaça	68
6.5.4 Ponderadores econômicos para rendimento de carne de peito	69
6.5.5 Ponderadores econômicos para rendimento de pernas.....	71
6.6 Ponderadores econômicos relativos	72

6.7 Índices econômicos de seleção	73
6.7.1 Estimativas de correlação de ordem.....	74
7 CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS	77
APÊDICE A – Principais cálculos utilizados na elaboração do modelo bioeconômico	87
APÊDICE B – Simulações: planilha para calcular o lucro da cadeia produtiva	91

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte destaca-se entre as atividades com os maiores índices de evolução ao longo das últimas décadas. Isso foi decorrente, principalmente, do intenso processo de seleção realizado e do uso de cruzamento entre raças que resultou na mudança de conceitos, originando linhagens específicas com características próprias. As aves destinadas à produção de carne, conhecidas como frangos, foram selecionadas principalmente para as características de desempenho e carcaça, proporcionando avanços em termos de taxa de crescimento e rendimento de carcaça e cortes dos animais. Contudo, apesar do reconhecimento dessas contribuições para o aumento da produtividade no setor, existe pouca informação disponível sobre o retorno econômico esperado da seleção e se os esforços de seleção intensa para determinadas características têm de fato contribuído para uma maior margem de lucratividade, uma vez que os ponderadores econômicos não têm sido considerados nos índices de seleção de maneira a maximizar o retorno econômico da atividade. Índices empíricos têm sido utilizados baseados nos estudos das necessidades da indústria de alimentos e na análise das tendências de mercado. Muitas vezes, a prática de atribuir ponderadores econômicos empíricos pode direcionar os esforços de seleção para as características que contribuam menos para o lucro do sistema produtivo.

A eficiência dos programas de melhoramento genético depende, essencialmente, da precisão com que os indivíduos submetidos à seleção são avaliados. Nos programas de melhoramento animal é importante a avaliação do valor genético com o objetivo de classificar os melhores indivíduos que serão os pais da próxima geração e quantificar sua contribuição para o ganho genético. Para isso, torna-se necessário o isolamento do componente genético dos demais componentes referentes às diferentes causas que participam do valor fenotípico em cada indivíduo, pela proposta de modelos mais precisos para a obtenção de parâmetros genéticos mais confiáveis. A estimação dos parâmetros genéticos e fenotípicos em linhagens comerciais de frangos é condição imprescindível para definir, orientar e avaliar a eficiência da seleção empregada nas gerações que compuseram essas linhagens e também à adequação da seleção às exigências atuais do mercado produtivo industrial e consumidor. Portanto, essas estimativas precisam ser determinadas e monitoradas rotineiramente nos programas de seleção específicos.

Aliando-se as avaliações genéticas com as avaliações econômicas, pretende-se complementar o estudo do melhoramento animal, estabelecendo a importância relativa das

características a serem selecionadas e predizendo o mérito genético total dos indivíduos dentro do sistema produtivo. Isso vai de encontro aos estudos da seleção genética em duas grandes áreas do conhecimento (genética e econômica), a primeira referente à predição dos valores genéticos dos indivíduos para as características em seleção e a segunda, à obtenção de ponderadores econômicos para essas características. Portanto, a definição dos ponderadores econômicos para as características componentes dos índices de seleção tem a função de contribuir para uma maior eficiência econômica da utilização do mérito genético predito e, consequentemente, maior eficiência produtiva e econômica do sistema produtivo.

Assim, os objetivos de estudo deste trabalho foram: (1) definir modelos de avaliação genética para as características de desempenho e carcaça em uma linhagem comercial de frangos; (2) estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos para essas características; (3) obter as ponderações econômicas aplicáveis a essas características de acordo com dois segmentos de mercado de carne de frango; e (4) propor um índice de seleção para cada um desses segmentos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Avicultura de corte

Ao longo das últimas décadas desenvolveu-se no Brasil um de seus maiores e mais competitivos setores agroindustriais, o da avicultura de corte. Da criação da cadeia nos anos 70 até os dias correntes não se viu nada semelhante no agronegócio nacional (PINAZZA; LAUANDOS, 2000). A avicultura de corte nacional responde por quase 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB), emprega mais de 4,5 milhões de pessoas em suas atividades diretas e indiretas e tem crescido a uma taxa de 10% ao ano nas últimas quatro décadas (UBABEF, 2010). Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de carne de frango, depois dos Estados Unidos e da China, com 12,230 milhões de toneladas produzidas em 2010 (UBABEF, 2011). Desse total, 69% da produção permanecem no mercado interno, o que comprova a força dessa indústria para o país. O consumo *per capita* de carne de frango no Brasil em 2010 alcançou a média de 44 kg por habitante/ano (UBABEF, 2011). Nas exportações, o país mantém desde 2004 a posição de maior exportador de carne de frango e em 2010 somaram 3,819 milhões de toneladas embarcadas para mais de 150 países (UBABEF, 2011).

A produção mundial de carne de frango, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA (2011), registrou em 2010 um aumento de 5,9%, passando de 71,715 milhões para 75,991 milhões de toneladas, ocupando o segundo lugar no *ranking* das carnes mais consumidas no mundo, superando a carne bovina. A carne suína encontra-se em primeiro lugar, entretanto, tem sido objeto de crescentes questionamentos, principalmente com respeito ao destino dos dejetos resultantes da criação e seus danos ambientais, o que pode estar apontando para a continuidade do crescimento do consumo e da produção mundial de carne de frango (JESUS JUNIOR et al., 2007).

Contudo, toda essa evolução, não somente na avicultura de corte mundial, mas brasileira, é decorrente também do intenso processo de seleção realizado e do uso de cruzamento entre raças que resultou na mudança de conceitos, originando linhagens específicas com características próprias (SOUZA, 2000). A escassez de carne bovina, durante e após a segunda guerra mundial, fez da avicultura de corte um negócio bastante atraente (NOVENTA..., 1999). De acordo com Campos e Pereira (2004), os pilares do desenvolvimento avícola foram assentados, de forma expressiva, na utilização de genética

avançada, a qual buscou aves compatíveis com as exigências altamente competitivas do mercado produtivo industrial e consumidor.

Na indústria avícola, 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). Dessa forma, torna-se necessário um estudo detalhado das necessidades da indústria de alimentos e a análise das tendências de mercado para que sejam estabelecidos os alvos de progresso genético (MICHELAN FILHO, 2000). Portanto, cada vez mais a indústria avícola definirá o produto a ser utilizado com base nos benefícios que este proporcionará em toda a cadeia, da reprodução ao processamento pós-abate.

Como resultado de todo esse processo, o estabelecimento de critérios de seleção adequados e eficientes torna-se extremamente necessário para o desenvolvimento dos programas de melhoramento genético de frangos (LOPES; QUAAS, 1997). Até recentemente, o foco para a seleção das linhagens comerciais de frangos, no que diz respeito principalmente às linhas macho (LESSON; SUMMERS, 2000), era apenas para as características de desempenho como peso corporal e taxa de conversão alimentar. Contudo, atualmente, a seleção tem sido cada vez mais intensa para as características de carcaça proporcionando avanços em termos de taxa de rendimento de carcaça e cortes dos animais, consequência de uma tendência mundial de maior consumo de carne de frango em partes (FLEMMING; JANZEN; ENDO, 1999), principalmente de carne de peito (POLLOCK, 1997). De acordo com Scheuermann et al. (2004), programas de seleção genética, associados à melhoria dos sistemas de produção, têm proporcionado um sucesso extraordinário no aumento das taxas de rendimento de carne de frango. Para Souza (2000), a previsão é que ocorra um aumento da importância das características de carcaça entre 2001 e 2007, projetando um ganho médio anual de 0,20% para rendimento de carcaça e 0,30% para rendimento de carne de peito.

O melhoramento genético de frangos tem sido extraordinário, notadamente nos últimos quarenta anos (CAMPOS; PEREIRA, 2004). A taxa de crescimento nesse período foi praticamente triplicada. Segundo os mesmos autores, basicamente dois fatores foram responsáveis para esse sucesso: a intensa pressão de seleção exercida sobre a taxa de crescimento; e o fato desta ser característica de moderada a alta herdabilidade. Obteve-se, então, um crescimento mais rápido dos frangos, alcançaram-se idades mais precoces ao abate e se reduziram os custos de produção.

Contudo, apesar do reconhecimento dessas contribuições para o aumento da produtividade no setor, existe pouca informação disponível sobre o retorno econômico esperado da seleção e se os esforços de seleção intensa para determinadas características têm

de fato contribuído para uma maior margem de lucratividade, uma vez que os ponderadores econômicos não têm sido considerados nos índices de seleção de maneira a maximizar o retorno econômico da atividade. Segundo Michelin Filho (2000), a seleção tem sido realizada utilizando índices empíricos baseados nos estudos das necessidades da indústria de alimentos e na análise das tendências de mercado. Muitas vezes, a prática de atribuir ponderadores econômicos empíricos pode direcionar os esforços de seleção para as características que contribuam menos para o lucro do sistema produtivo.

Nesse contexto, as oportunidades de mercado que se abrem no país para o setor e as tendências que irão orientá-lo no futuro são questões que induzem as empresas a buscarem o modelo que ditará as linhas mestras da atividade de modo a ter maior eficiência na cadeia produtiva da indústria avícola nacional.

2.2 Avaliações genéticas

O processo de avaliação genética dos animais envolve basicamente três etapas: estimação dos parâmetros genéticos; classificação dos animais com base nos seus valores genéticos; e escolha dos animais para a reprodução.

De acordo com Euclides Filho (1999a), para selecionar um indivíduo, a primeira tarefa é obter estimativa acurada dos valores genéticos dos animais disponíveis para a seleção. Para isso, torna-se imprescindível o isolamento do componente genético dos demais componentes referentes às diferentes causas que participam do valor fenotípico em cada indivíduo, pela proposta de modelos mais precisos para a obtenção de parâmetros genéticos mais confiáveis. De acordo com Pita e Albuquerque (2001), a estimação acurada dos valores genéticos dos indivíduos submetidos a um programa de melhoramento genético depende, em grande parte, dos efeitos considerados no modelo estatístico utilizado para a avaliação genética dos animais.

A decomposição dos componentes da variância fenotípica em variância genética e ambiental é baseada no princípio de que a semelhança fenotípica entre parentes fornece informação do grau de diferenciação genética entre eles. O componente aditivo da variância genética é de particular interesse por ser o determinante primário do grau no qual a progênie assemelha-se aos pais, que governa a taxa de resposta de uma característica à seleção (LYNCH; WALSH, 1998).

O efeito materno é definido, segundo Hohenboken (1985), como qualquer contribuição, influência ou impacto no fenótipo de um indivíduo atribuído diretamente ao fenótipo de sua mãe. Portanto, exclui as influências dos genes nucleares herdados da mãe pelo indivíduo. O

efeito materno no fenótipo da descendência pode ser causado por diferenças genéticas ou ambientais entre as mães, ou ainda, como na maioria das características de importância econômica, pela combinação das diferenças genéticas e ambientais. Assim, o efeito materno tem propriedades genéticas, tais como herdabilidade, repetibilidade e correlações genéticas com outras características de interesse na produção animal. O efeito materno pode ser transitório, mas também pode persistir ao longo da vida e ser exercido por meio de grande variedade de mecanismos biológicos.

Willham (1980) ressalta que o conhecimento do tipo e da quantidade relativa da variação genética atribuída ao efeito materno e, especialmente, ao sinal e à magnitude da correlação genética entre o efeito genético aditivo direto e materno das características é de grande importância econômica na elaboração de programas de melhoramento genético, sendo necessária a avaliação desse efeito em cada situação específica. Nos programas de melhoramento genético de aves, ainda não se sabe quais fatores aleatórios e suas correlações devem ser consideradas no modelo de avaliação genética. Poucos são os trabalhos descritos na literatura a respeito (ASLAM et al., 2011; CHAMBERS, 1990; CHAPUIS et al., 1996; FATHI; VAEZ TORSHIZI; EMAM JOMEH KASHAN, 2005; KOERHUIS; THOMPSON, 1997; LE BIHAN-DUVAL et al., 1998; NAVARRO et al., 2006; PAKDEL et al., 2002; SAATCI; OMED; AP DEWI, 2006; SERAJ; VAEZ TORSHIZI; PAKDEL, 2010; ZEREHDARAN et al., 2004).

Nos programas de melhoramento genético são fundamentais as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para as características utilizadas como critérios de seleção. Dessa forma, pode-se verificar quanto da variabilidade total ligada à expressão de uma característica está correspondendo à variação genética aditiva, o que permitirá o estabelecimento de programas de seleção mais eficientes (FALCONER; MACKAY, 1996). Segundo Campos e Pereira (2004), a quantificação da variação genética aditiva das características, pela herdabilidade, e as associações genéticas entre diferentes características, pelas correlações genéticas, permitem estabelecer estratégias de melhoramento animal, monitorar a variabilidade genética dos indivíduos para várias características e prever a evolução genética dos animais. A estimação dos parâmetros genéticos (coeficientes de herdabilidade e correlação genética) e fenotípicos (coeficientes de correlação fenotípica) em linhagens de frangos é condição imprescindível para definir e orientar os processos seletivos de características economicamente importantes. Da mesma forma, essa estimação torna-se fundamental para avaliar a eficiência da seleção empregada nas gerações que compuseram essas linhagens e também a adequação da seleção às exigências atuais do mercado produtivo

industrial e consumidor, o que torna aconselhável o monitoramento constante desses itens em programas de seleção.

Estimativas de herdabilidade para as características de desempenho e carcaça em frangos podem ser encontradas na literatura, como é apresentado na Tabela 1. Argentão et al. (2002) e Gaya et al. (2006), em estudos com a mesma linhagem comercial de frangos, mas em populações diferentes, encontraram estimativas dos coeficientes de herdabilidade de 0,22 e 0,16 para taxa de conversão alimentar, 0,45 e 0,40 para peso corporal, 0,34 e 0,24 para peso de carcaça, 0,45 e 0,33 para peso de carne de peito, e 0,34 e 0,33 para peso de pernas, respectivamente.

Tabela 1 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade (h^2) e os respectivos erros-padrão (EP) para as características de desempenho e carcaça em frangos, segundo diversos autores

Característica ¹	h^2 (EP)	Nº de informações	Idade (dias)	Linhagem utilizada	Autores
CA	0,41	2.289	35-42	Comercial	Aggrey et al. (2010)
	0,22	6.536	42-56	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,27	2.400	42-49	Comercial	Azevedo Junior et al. (2002)
	0,16 (0,03)	3.189	35-49	Comercial	Gaya et al. (2006)
PC	0,45	24.549	35	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,36	11.700	42	Comercial	Azevedo Junior et al. (2002)
	0,40 (0,02)	28.755	38	Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,49 (0,06)	592	42	Comercial	Le Bihan-Duval et al. (2008)
	0,39	3.820	42	Experimental	Melo et al. (2004)
	0,31 (0,07)	3.422	42	Experimental	Nunes (2007)
	0,28	1.450	35	Experimental	Peixoto et al. (2010)
	0,44 (0,07)	2.995	35	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
	0,31 (0,06)	1.964	48	Experimental	Zerehdaran et al. (2005)
PCAR	0,34	9.463	42	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,24 (0,03)	6.156	42	Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,17 (0,02)	24.001	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
	0,24	1.440	42	Experimental	Peixoto et al. (2010)
	0,52 (0,07)	481	42	Comercial	Rance et al. (2002)
	0,33 (0,06)	3.254	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
PPEI	0,45	9.463	42	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,33 (0,03)	6.123	42	Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,26 (0,03)	23.529	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
	0,38 (0,06)	578	42	Comercial	Le Bihan-Duval et al. (2008)

continua

Característica ¹	h ² (EP)	Nº de informações	Idade (dias)	Linhagem utilizada	Autores
PPEI	0,35	3.820	42	Experimental	Melo et al. (2004)
	0,59 (0,08)	483	42	Comercial	Rance et al. (2002)
	0,47 (0,08)	3.243	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
PPER	0,34	9.463	42	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,33 (0,03)	6.153	42	Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,22 (0,02)	23.515	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
	0,35	3.819	42	Experimental	Melo et al. (2004)
	0,48 (0,07)	483	42	Comercial	Rance et al. (2002)
RCAR	0,30 (0,03)	6.046	42	Comercial	Gaya et al. (2005)
	0,32 (0,03)	24.001	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
	0,20 (0,05)	3.422	42	Experimental	Nunes (2007)
	0,41 (0,07)	3.254	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
	0,44 (0,07)	1.963	48	Experimental	Zerehdaran et al. (2005)
RPEI	0,51 (0,04)	6.102	42	Comercial	Gaya et al. (2005)
	0,52 (0,04)	23.529	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
	0,30 (0,04)	580	42	Comercial	Le Bihan-Duval et al. (2008)
	0,73 (0,09)	3.243	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
	0,58 (0,07)	1.957	48	Experimental	Zerehdaran et al. (2005)
RPER	0,35 (0,03)	6.065	42	Comercial	Gaya et al. (2005)
	0,43 (0,03)	23.515	43	Comercial	Grosso et al. (2010)

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Melo et al. (2004), analisando informações de uma população F2 resultante de cruzamento recíproco de uma linha paterna de aves para corte e uma linha materna de postura, encontraram estimativas de herdabilidade de 0,35 para peso de carne de peito e peso de pernas e 0,39 para peso corporal aos 42 dias de idade.

Com relação às estimativas de correlação entre as características de desempenho e carcaça, poucos trabalhos são encontrados na literatura, como apresentado na Tabela 2. De acordo com a maioria dos autores parece existir forte correlação genética entre peso corporal e as características de carcaça. Entre peso corporal e peso de carne de peito, as estimativas de correlação genética encontradas na literatura estiveram entre 0,58 (ZEREHDARAN et al., 2004) e 0,94 (MELO et al., 2004). Estimativas de correlação genética de 0,93 (GAYA et al., 2006; MELO et al., 2004) foram encontradas entre peso corporal e peso de pernas. As estimativas de correlação genética entre peso corporal e peso de carcaça com valores entre

0,89 (ZEREHDARAN et al., 2004) e 0,97 (GAYA et al., 2006) são indicadoras de que a seleção a favor do peso corporal pode ser capaz de incrementar o peso de carcaça e vice-versa.

Tabela 2 – Estimativas dos coeficientes de correlação genética (r_g) e fenotípica (r_p) entre as características de desempenho e carcaça em frangos, segundo diversos autores. Entre parênteses encontram-se os respectivos erros-padrão (EP)

Característica ¹	r_g (EP)	r_p (EP)	Idade (dias)	Linhagem utilizada	Autores
CA x PC	0,24	0,19		Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,33			Comercial	Azevedo Junior et al. (2002)
	0,07			Comercial	Gaya et al. (2006)
CA x PCAR	0,32			Comercial	Gaya et al. (2006)
CA x PPEI	0,10			Comercial	Gaya et al. (2006)
CA x PPER	0,10			Comercial	Gaya et al. (2006)
PC x PCAR	0,97	0,85 (0,00)		Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,92			Experimental	Peixoto et al. (2010)
	0,89 (0,03)			Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
PC x PPEI	0,75	0,93	42	Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,94			Experimental	Melo et al. (2004)
	0,58 (0,10)			Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
PC x PPER	0,93	0,95	42	Comercial	Gaya et al. (2006)
	0,93			Experimental	Melo et al. (2004)
PC x RCAR	0,22 (0,18)	0,33 (0,02)	42	Experimental	Nunes (2007)
	0,10 (0,15)	0,23 (0,02)		Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
	0,24 (0,16)	0,21 (0,03)	48	Experimental	Zerehdaran et al. (2005)
PC x RPEI	0,06 (0,15)	0,16 (0,05)		Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
	0,30 (0,13)	0,24 (0,03)	48	Experimental	Zerehdaran et al. (2005)
PCAR x PPEI	0,85	0,89	42	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,71	0,84	43	Comercial	Grosso et al. (2008)
	0,87 (0,03)	0,90	42	Comercial	Rance et al. (2002)
	0,61	0,78	42	Comercial	Rezende et al. (2005)
	0,77 (0,07)	0,84 (0,01)	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
PCAR x PPER	0,89	0,92	42	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,82	0,90	43	Comercial	Grosso et al. (2008)
	0,86 (0,03)	0,94	42	Comercial	Rance et al. (2002)
	0,85	0,85	42	Comercial	Rezende et al. (2005)
PCAR x RCAR	0,46 (0,10)	0,44 (0,38)	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
PCAR x RPEI	0,31 (0,14)	0,31 (0,04)	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)

continua

Característica ¹	r _g (EP)	r _p (EP)	Idade (dias)	Linhagem utilizada	Autores
PPEI x PPER	0,59	0,74	42	Comercial	Argentão et al. (2002)
	0,26	0,63	43	Comercial	Grosso et al. (2008)
	0,89	0,89	42	Experimental	Melo et al. (2004)
	0,65 (0,07)	0,77	42	Comercial	Rance et al. (2002)
	0,18	0,55	42	Comercial	Rezende et al. (2005)
PPEI x RPEI	0,84 (0,05)	0,75 (0,02)	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
RCAR x RPEI	0,46	0,22	42	Comercial	Gaya et al. (2005)
	0,63	0,53	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
	0,74 (0,07)	0,58 (0,03)	49	Experimental	Zerehdaran et al. (2004)
	0,72 (0,07)	0,54 (0,02)	48	Experimental	Zerehdaran et al. (2005)
RCAR x RPER	-0,13	-0,21	42	Comercial	Gaya et al. (2005)
	0,33	0,30	43	Comercial	Grosso et al. (2010)
RPEI x RPER	-0,74	-0,35	42	Comercial	Gaya et al. (2005)
	-0,50	-0,21	43	Comercial	Grosso et al. (2010)

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Argentão et al. (2002), Grosso et al. (2008), Melo et al. (2004), Rance et al. (2002), Rezende et al. (2005) e Zerehdaran et al. (2004) encontraram correlações importantes entre as características de carcaça considerando as estimativas de correlação genética obtidas com valores entre 0,59 e 0,89. Entretanto, as estimativas de correlação genética obtidas por Zerehdaran et al. (2004) entre peso de carcaça e rendimentos de carcaça e carne de peito (0,46 e 0,31, respectivamente), Grosso et al. (2008) e Rezende et al. (2005) entre peso de carne de peito e peso de pernas (0,26 e 0,18, respectivamente) foram em menor magnitude em comparação às outras descritas na literatura para esse grupo.

2.3 Objetivos e critérios de seleção

A seleção é a estratégia de melhoramento genético mais praticada tendo como efeito básico a alteração das frequências alélicas nos locos que controlam as características de interesse econômico, conduzindo à alteração na média genotípica da população na direção desejada pelo selecionador (VAYEGO, 2007). Tem como objetivo o ganho genético em uma determinada característica ou no conjunto de características de interesse econômico.

Entretanto, para que um programa de melhoramento genético tenha sucesso é necessário que os objetivos e critérios de seleção estejam bem definidos.

Conforme mencionado por Weller (1995), os objetivos de seleção diferem entre os elos envolvidos na cadeia produtiva como também entre os selecionadores, produtores, indústrias e consumidores finais. O interesse de seleção e, conseqüentemente, o lucro podem ser direcionados para um segmento específico e com objetivos particulares.

A princípio todas as características economicamente importantes deveriam ser incorporadas aos objetivos de seleção, conforme sugere Gjedrem (1972). Mas, segundo Paneto (1998), o número de características avaliadas é comumente restrito por razões práticas. Para esse aspecto, Ponzoni e Newman (1989) comentam que as características incorporadas aos objetivos de seleção devem estar relacionadas tanto às fontes de despesas como igualmente às de receitas.

De acordo com Groen¹ (1989 apud FORMIGONI, 2006), para que determinada característica seja considerada como critério de seleção deve-se verificar a contribuição relativa do melhoramento desta para o aumento no lucro (valor econômico), o potencial para o melhoramento genético (variabilidade genética) e os custos da acurada estimação do mérito genético dos animais naquela característica. Ou seja, as características de interesse podem, por vezes, não serem consideradas como critérios de seleção por apresentarem baixa herdabilidade ou, em alguns casos, baixo valor econômico (WELLER, 1995).

Portanto, segundo Harris e Newman (1994), posicionar os objetivos de seleção nas formas matemáticas, em uma completa base econômica, é a chave para integrar modernamente o desenvolvimento da seleção animal dentro de programas industriais.

2.4 Índices de seleção

De acordo com Bourdon (2000), um índice de seleção pode ser entendido como a combinação de fatores de ponderação e informações genéticas de mais de uma característica, de tal forma que na operação deste, surja um número que será a estimativa do valor genético total do indivíduo. Portanto, esses índices são utilizados como ferramenta na seleção de características múltiplas para eleger os melhores indivíduos de uma população a ser melhorada.

¹ GROEN, A.F. Cattle breeding goals and production circumstances. 1989. 167 f. Thesis (PhD) – Wageningen Agricultural University, Wageningen University, Wageningen, 1989.

Toda base genético-econômica para a seleção de características múltiplas em animais foi desenvolvida por Hazel (1943) em seu trabalho clássico da teoria do índice econômico de seleção, que considera que o valor econômico de cada característica depende da quantidade de aumento no lucro que pode ser esperada para cada unidade de melhoramento naquela característica. Assim, foi introduzido o conceito de agregado genotípico ou objetivo de seleção (H), que foi definido como $H = \sum a_i g_i$, em que H é uma função linear dos valores genéticos (g_i) ponderados pelos respectivos valores econômicos (a_i) para cada uma das características de interesse. No entanto, Hazel (1943) comenta que como geralmente as informações genéticas para várias características dos objetivos de seleção não são conhecidas, deriva-se um índice de seleção (I) que contenha dados de características geneticamente avaliadas. Segundo Harris e Newman (1994), essas características consideradas no índice de seleção, denominadas critérios de seleção ou características indicadoras, devem ser aquelas que podem ser mensuradas com facilidade, baixo custo e o mais cedo na vida dos animais, além de apresentarem estimativas de herdabilidade de mediana a alta, contribuir e/ou estarem relacionadas aos objetivos de seleção.

De acordo com Hazel (1943), o índice de seleção pode ser descrito como

$$I = \sum b_i x_i, \quad (1)$$

em que b_i é o coeficiente de ponderação; e x_i , o valor fenotípico para a i -ésima característica avaliada. Os coeficientes de ponderação são estimados de forma que a correlação entre o índice de seleção e o agregado genotípico ($r_{I,H}$) seja máxima. A maximização de $r_{I,H}$ conduz à estimação de b pelo sistema

$$Pb = Ga, \quad (2)$$

em que P é matriz das (co)variâncias fenotípicas das características em I ; G , a matriz das (co)variâncias genéticas entre as características em H e I ; e a , o vetor dos ponderadores econômicos das características. Considerando as características indicadoras como características economicamente relevantes, ou seja, características que estão diretamente associadas à rentabilidade do sistema de produção pela relação com custos específicos ou rendimentos a partir da venda de um produto, o desenvolvimento do índice econômico de seleção (I) segue como exemplificado por Harris e Newman (1992):

$$I = a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots + a_n y_n, \quad (3)$$

em que a_i é o coeficiente de ponderação econômico (valor econômico); e y_i , o valor genético para a i -ésima característica avaliada.

Harris (1998) refere-se ao índice econômico de seleção como recurso não apenas para classificar os melhores animais, mas também para o uso na formação de preços de material genético. Para isso, o autor sugere que cada elo da cadeia produtiva deva ser economicamente beneficiado com a melhora no desempenho, conforme representado na Figura 1.

Fonte: Adaptado de Harris (1998).

Figura 1 – Estrutura de propagação do material genético remunerado em valor

2.5 Valores econômicos

Os valores econômicos ou ponderadores econômicos referem-se ao resultado, em termos monetários, do aumento unitário no desempenho de uma característica mantendo constantes todas as demais variáveis que podem influenciar o lucro do sistema produtivo (HAZEL, 1943). Em outras palavras, podem ser definidos como o retorno econômico adicional para cada unidade de melhoramento em uma característica (CAMERON, 1997).

O primeiro passo para obter os ponderadores econômicos é a identificação de cada parâmetro genético, os custos e as receitas do sistema de produção em um período fixo de tempo (BITTENCOURT et al., 1998). A modelagem ou análise sistêmica é a principal ferramenta utilizada para a derivação de ponderadores econômicos para as características de interesse (Figura 2). Duas abordagens de análise sistêmica podem ser distinguidas: abordagem positiva, ou avaliação de dados; e abordagem normativa, ou simulação de dados. No primeiro caso são utilizados dados técnicos e econômicos observados e no segundo, equação de lucro e modelo bioeconômico. Nos dois casos, o objetivo é a obtenção do lucro pela diferença entre as receitas e os custos do sistema de produção. Os modelos de simulação de dados podem ser classificados em: determinísticos, em que um conjunto de eventos leva a um resultado único e definido; e estocásticos, em que a incerteza é considerada na sua estrutura.

Fonte: Adaptado de Nielsen² (2004 apud FORMIGONI, 2006).

Figura 2 – Métodos utilizados para a derivação de ponderadores econômicos

Equações de lucro e modelos bioeconômicos baseiam-se em análise conjunta entre o aspecto econômico e produtivo relacionando custos, receitas, no primeiro caso, e também dados biológicos e o modelo de produção aplicado, no segundo caso, e têm sido utilizados por muitos pesquisadores (CARDOSO et al., 2004; FORMIGONI, 2002, 2006; JIANG; GROEN; BRASCAMP, 1998; JONES et al., 2004; JORGE JÚNIOR; CARDOSO; ALBUQUERQUE, 2006; VARGAS et al., 2002; entre outros) para a derivação de ponderadores econômicos em sistemas de produção animal.

Gibson e van Arendonk³ (1998 apud FORMIGONI, 2006) comentam que embora as metodologias para a derivação de ponderadores econômicos sejam desenvolvidas para representar um conjunto de propriedades ou empresas, os resultados obtidos são específicos de cada sistema de produção ou cadeia produtiva. Portanto, os ponderadores econômicos fornecem indicação de quais características são as mais importantes para o melhoramento genético em uma propriedade ou empresa em particular.

Ponderadores econômicos são obtidos por derivação parcial da função lucro, conforme ilustrado na Figura 3.

² NIELSEN, H.M. Economic values for production and functional traits in dairy cattle breeding goals derived by stochastic simulation. 2004. 156 f. Thesis (PhD) – Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 2004.

³ GIBSON, J.P.; VAN ARENDONK, J.A.M. Introduction to the design and economics of animals breeding strategies. [S.I.: s.n.], 1998. Lecture notes.

Fonte: Adaptado de Gibson e van Arendonk³ (1998 apud FORMIGONI, 2006).

Figura 3 – Lucro em função do desempenho da característica

Segundo Gibson e van Arendonk³ (1998 apud FORMIGONI, 2006), o valor econômico ou ponderador econômico pode ser representado pela inclinação da reta (ab) em relação à média de desempenho (μ) da característica. Portanto, o ponderador econômico estimado refere-se a uma aproximação linear que pode representar razoável confiabilidade caso a variação de desempenho da característica seja relativamente pequena.

2.6 Modelo bioeconômico

Bourdon (1998) relata ser a técnica de modelo bioeconômico a melhor aplicação prática para derivar ponderadores econômicos. Segundo o mesmo autor, a principal vantagem do modelo bioeconômico é a precisão, uma vez que torna possível a inclusão de detalhes biológicos e apresentação o mais próximo do real ao conjunto de operações e as particularidades inerentes de uma propriedade ou empresa específica. Contudo, como desvantagem, esse mesmo autor comenta a quantidade de informações requeridas para o ambiente físico, manejo, dados produtivos e econômicos que podem não estar disponíveis ou serem difíceis de obter dos agentes envolvidos no sistema de produção ou cadeia produtiva.

Um modelo bioeconômico, segundo Bourdon (1998), é um conjunto de equações que, por conveniência, podem ser agrupadas em três etapas. Equações da primeira etapa que simulam as relações biológicas, tais como consumo de ração e peso corporal. As equações da segunda etapa simulam a gestão, ou seja, refletem as decisões relativas ao manejo,

³ GIBSON, J.P.; VAN ARENDONK, J.A.M. Introduction to the design and economics of animals breeding strategies. [S.I.: s.n.], 1998. Lecture notes.

alimentação, abate e outros aspectos da dinâmica do plantel. Por fim, as equações da terceira etapa que determinam a lucratividade ou alguma outra medida de eficiência econômica.

Portanto, o desenvolvimento de um modelo bioeconômico deve relacionar dados econômicos às características biológicas, assim quando ocorrer variação biológica o sistema deverá recalcular os parâmetros produtivos e econômicos do sistema de produção ou cadeia produtiva. Para isso, Gibson e van Arendonk³ (1998 apud BRUMATTI, 2002) salientam alguns critérios a serem aplicados aos modelos bioeconômicos: mudança no lucro deve ser em função das mudanças genéticas e não de outras mudanças fenotípicas; condições de manejo assumidas devem ser consideradas e aplicadas em tempo integral ao programa de avaliação; e parâmetros econômicos devem refletir o mercado e sistema de produção utilizado. Portanto, os ponderadores econômicos são obtidos pelo estudo da influência de uma unidade de mudança marginal no mérito genético de uma característica sobre a eficiência econômica do sistema de produção (GROEN et al., 1997), como ilustrado na Figura 4.

Fonte: Adaptado de Nielsen² (2004 apud FORMIGONI, 2006).

Figura 4 – Sequência para a obtenção de ponderadores econômicos ou valores econômicos pelo método normativo ou simulação de dados

Em princípio, os modelos bioeconômicos existentes na literatura para calcular o desempenho dos animais, os custos e as receitas dos sistemas de produção podem ser adaptados para diferentes situações. Todavia, esses modelos são complexos e detalhados e nem sempre existe a disponibilidade de informações básicas necessárias, principalmente no que diz respeito à cadeia produtiva do frango (veja HARRIS; NEWMAN, 1994).

² NIELSEN, H.M. Economic values for production and functional traits in dairy cattle breeding goals derived by stochastic simulation. 2004. 156 f. Thesis (PhD) – Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, 2004.

³ GIBSON, J.P.; VAN ARENDONK, J.A.M. Introduction to the design and economics of animals breeding strategies. [S.I.: s.n.], 1998. Lecture notes.

Segundo Euclides Filho (1999b), a área de simulação de sistemas, quer seja o desenvolvimento de modelo quer seja sua utilização para a orientação da pesquisa ou mesmo na tomada de decisão em sistemas reais, é certamente uma área que sofrerá grande impulso neste início de século, uma vez que crescem as necessidades de dar maior objetividade às atividades de pesquisa e produção.

3 HIPÓTESES

- As características de desempenho e carcaça avaliadas na população estudada são passíveis de seleção e os efeitos maternos são importantes para sua expressão.
- A função lucro assume comportamento linear com o progressivo aumento no desempenho das características de desempenho e carcaça selecionadas, o que possibilita derivar ponderadores econômicos confiáveis para as mesmas.
- Os diferentes segmentos de mercado de carne de frango podem requerer índices de seleção distintos para eleger os melhores indivíduos de uma população a ser melhorada.

4 OBJETIVOS

- Avaliar a importância dos efeitos de ambiente permanente materno e genético aditivo materno quando considerados nos modelos de avaliação genética para as características de desempenho e carcaça em uma linhagem comercial de frangos.
- Estimar os componentes de (co)variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos para as características de desempenho e carcaça utilizadas em programas de seleção de frangos: taxa de conversão alimentar, peso corporal à seleção juvenil, pesos de carcaça, carne de peito e pernas, rendimentos de carcaça, carne de peito e pernas; e os valores genéticos para cada animal.
- Derivar os ponderadores econômicos para as características de desempenho e carcaça utilizadas em programas de seleção de frangos para dois segmentos de mercado de carne de frango.
- Propor dois índices econômicos de seleção, um para cada segmento de mercado analisado, atribuindo a cada característica o seu peso econômico correspondente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Origem e coleta dos dados

Foram utilizadas informações dos indivíduos de uma população elite, conhecida como aves de *pedigree*, pertencentes ao programa de melhoramento comercial de frangos da Agrocere Ross Melhoramento Genético de Aves S.A. (atualmente Aviagen América Latina Ltda.). Também foram utilizadas as informações dos irmãos completos e meio-irmãos dessas aves que fazem parte de um programa denominado teste de irmãos, cuja finalidade é avaliar as características de carcaça auxiliando na escolha dos melhores animais durante o processo de seleção da população elite.

As aves foram alojadas em galpões com ambiente rigidamente controlado até a fase de seleção, garantindo o desempenho e a saúde desses animais, e criadas com programas de vacinação e manejo nutricional como recomendado por Agrocere Ross (2004). Ao atingirem seis semanas de idade, cada lote de aves, composto por machos e fêmeas, foi sexado e alojado em caixas e transportado ao Matadouro Escola do Campus da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP. As aves foram submetidas à restrição hidroalimentar por um período mínimo de 10 horas antes do abate. Após cada abate, as carcaças foram armazenadas em câmara fria a 0°C por 24 horas para depois serem processados os cortes e a desossa. Ao final, 24.229 indivíduos foram submetidos à coleta dos dados para as características de carcaça no período de novembro de 2002 a dezembro de 2006.

As informações coletadas dos indivíduos foram:

- peso de carcaça (PCAR) em gramas, correspondente ao peso da carcaça quente, eviscerada, sem pescoço, pés, gordura abdominal e órgãos internos;
- peso de carne de peito (PPEI) em gramas, correspondente ao peso do peito desossado e sem pele, registrado após refrigeração da carcaça;
- peso de pernas (PPER) em gramas, correspondente ao peso da coxa mais a sobrecoxa com pele e ossos, registrado após refrigeração da carcaça.

Além dos dados coletados, também foram calculados os pesos relativos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (PPER) como a razão entre o peso absoluto de cada característica e peso corporal ao abate (PA) em gramas, correspondente ao peso corporal vivo registrado no abatedouro antecedendo o abate.

Para as características de desempenho foram utilizados 93.418 dados de peso corporal à seleção juvenil (PC) em gramas e 24.341 dados de taxa de conversão alimentar (CA), razão entre a quantidade de alimento ingerido (em gramas) e a quantidade de ganho de peso (em gramas) registrado ao final do período entre a 5ª e 7ª semana de idade.

A matriz de parentesco foi composta por 130.227 animais. Adicionalmente, realizou-se o cálculo do número de gerações para a população estudada por meio do programa CALGERA (MOURÃO; FIGUEIREDO; MATTOS, 2004), totalizando seis gerações. A geração de cada animal foi definida de acordo com o coeficiente proposto por Brinks, Clark e Rice (1961):

$$CGI = (CGP + CGM + 2)/2, \quad (4)$$

em que CGI é o coeficiente de geração do indivíduo; CGP, o coeficiente de geração do pai; e CGM, o coeficiente de geração da mãe. Foram considerados pertencentes à geração zero (população base), os animais fundadores e de genealogia desconhecida. O número de animais em cada geração é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de animais em cada geração para a população estudada

Geração	0	1	2	3	4	5	6
Animais	1.768	23.842	20.324	21.931	21.189	21.178	7.649

5.2 Estatística descritiva

Os dados foram processados no setor de computação do Grupo de Melhoramento Animal e Biotecnologia, do Departamento de Ciências Básicas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.

Para gerenciamento do banco de dados foi utilizado o programa *Visual FoxPro* (VIDAL, 1994) e assim feita à validação das informações, etapa importante de qualquer análise genética, pois dela dependerá toda a integridade das avaliações. De acordo com Bergmann (1994), a qualidade dos resultados obtidos nas avaliações genéticas é diretamente relacionada à qualidade e idoneidade das informações fornecidas ao sistema.

Além disso, valores extremos das características foram identificados por meio do procedimento UNIVARIATE do programa *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 2004) e eliminados do conjunto de dados. Segundo Hopkins, Hopkins e Glass (1996), os valores extremos são frequentemente informações de qualidade duvidosa podendo consistir

em erros tanto no momento do registro como na entrada dos dados no sistema computacional. O número de observações, média, desvio-padrão, coeficiente de variação e valores mínimo e máximo das características avaliadas foram calculados pelo procedimento MEANS do programa *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 2004) e são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Número de observações (N), média observada (MED), desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valores mínimo (MIN) e máximo (MAX) das características avaliadas

Característica ¹	N	MED	DP	CV (%)	MIN	MAX
CA	24.064	1,866	0,24	12,92	1,197	2,898
PC	93.418	1.856,22	444,16	23,93	730,00	3.310,00
PCAR	24.001	1.934,22	284,99	14,73	798,00	2.882,00
PPEI	23.529	534,32	94,51	17,69	199,00	902,00
PPER	23.515	671,11	113,26	16,88	260,00	1.028,00
RCAR	24.001	70,56	1,85	2,62	62,23	78,62
RPEI	23.529	19,52	1,87	9,58	12,49	27,51
RPER	23.515	24,47	1,44	5,87	17,47	31,80

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

5.3 Análises genéticas

As estimativas dos componentes de (co)variância, utilizados para estimar os coeficientes de herdabilidade e predizer os valores genéticos dos indivíduos, foram obtidas pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) utilizando o modelo animal em análise uni, bi e multicaracterística. Para as análises uni e bicaracterística foi utilizado o programa MTDFREML (*multiple trait derivative-free restricted maximum likelihood*) desenvolvido por Boldman et al. (1995) e para a análise multicaracterística, o programa VCE-6 (GROENEVELD; KOVAČ; MIELENZ, 2008). As médias das variâncias genéticas e fenotípicas para cada característica, obtidas nas análises bicaracterística, foram utilizadas para a estimação da herdabilidade. Quando das análises realizadas pelo programa MTDFREML, admitiu-se como critério de convergência o valor de 10^{-9} com dois reinícios consecutivos sem alteração do $-2\log L$ na sexta casa decimal, evitando dessa forma que a convergência fosse estimada em máximos locais e não no máximo global. Para predizer os valores genéticos, em

análise multicaracterística, foi utilizado o programa PEST 2 desenvolvido por Groeneveld, Kovač e Mielenz (2009).

Nos modelos de avaliação genética foram considerados os efeitos fixos de grupo de contemporâneos (GC), definido pela semana de nascimento do lote, grupo de acasalamento dos pais e sexo das aves, e foram os mesmos para todos os modelos. O grupo de acasalamento dos pais corresponde aos lotes dos quais os pais dos indivíduos foram originados representando as condições ambientais a que esses lotes foram submetidos, podendo exercer alguma influência no desempenho das progênies. A idade da ave à mensuração foi considerada como covariável para PC. A importância desses efeitos foi determinada pelo procedimento GLM do programa *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 2004), sendo significativos ($P < 0,0001$) para as características avaliadas.

Com relação à distribuição dos efeitos testados, as semanas de nascimento dos lotes distribuíram-se em 68 classes variando de 691 a 2.445 animais em cada classe e os grupos de acasalamento dos pais foram distribuídos em 48 classes variando de 330 a 3.558 animais em cada uma. A distribuição dos animais para o efeito fixo de sexo e a idade à seleção juvenil testada como covariável é apresentada nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 – Classe sexo testada como efeito fixo e sua distribuição no banco de dados

Sexo	Classe	Animais
Machos	1	46.536
Fêmeas	2	46.898

Tabela 6 – Distribuição dos animais de acordo com a idade à seleção juvenil

Idade à seleção juvenil	Animais
30 dias	42.125
35 dias	5.199
37 dias	2.274
38 dias	43.820

Uma série de 32 análises unicaracterística, realizadas pelo programa MTDFREML, com quatro diferentes modelos animais foi desenvolvida considerando ou não os efeitos aleatórios de ambiente permanente materno e genético aditivo materno. Dessa forma, em notação matricial, foram obtidos os seguintes modelos utilizados nas análises unicaracterística:

modelo 1: $y = Xb + Za + e$;

modelo 2: $y = Xb + Za + Sc + e$;

modelo 3: $y = Xb + Za + Wm + e$;

modelo 4: $y = Xb + Za + Wm + Sc + e$,

em que y é o vetor das variáveis respostas; b , o vetor dos efeitos fixos; a , o vetor do efeito aleatório genético aditivo direto; m , o vetor do efeito aleatório genético aditivo materno; c , o vetor do efeito aleatório de ambiente permanente materno; e , o vetor do efeito aleatório residual; X , Z , W e S , as matrizes de incidência relativas às observações para os efeitos fixos, aleatórios genético aditivo direto e materno e de ambiente permanente materno, respectivamente.

As pressuposições para os modelos foram: $E[y] = Xb$; $E[a] = 0$; $E[m] = 0$; $E[c] = 0$; $E[e] = 0$; e

$$V \begin{bmatrix} a \\ m \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{a,m} & 0 & 0 \\ A\sigma_{a,m} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_c^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

em que A é a matriz de covariâncias genéticas entre os animais; I , a matriz identidade; σ_a^2 , a variância genética aditiva direta; σ_m^2 , a variância genética aditiva materna; σ_c^2 , a variância devido ao efeito de ambiente permanente materno; σ_e^2 , a variância devido ao efeito residual; e $\sigma_{a,m}$, a covariância entre o efeito genético aditivo direto e materno. As covariâncias entre os efeitos genéticos e ambientais (permanente e residual) bem como entre os efeitos ambientais de diferentes animais foram assumidas como zero.

O teste de razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*) foi utilizado para determinar o modelo de avaliação genética mais adequado para cada característica (RAO, 2002). A estatística do teste de razão de verossimilhança (LR_{ij}) foi calculada para testar a significância de um modelo j , contendo um parâmetro adicional, comparado com outro modelo i , no qual esse parâmetro não estava presente. Dessa forma, a estatística do teste pode ser descrita como

$$LR_{ij} = -2\log\left(\frac{L_j}{L_i}\right) = 2\log(L_i) - 2\log(L_j), \quad (6)$$

em que L_i é a função de verossimilhança para o modelo i , com menor número de parâmetros; e L_j , a função de verossimilhança para o modelo j , com maior número de parâmetros. Esse

teste baseia-se na distribuição de χ^2 (qui-quadrado) com k graus de liberdade, em que k é igual ao número de parâmetros adicionais no modelo mais complexo.

Após validação do modelo de avaliação genética foram realizadas as análises bicaracterística para todas as características. Para essas análises foram utilizados como valores iniciais os componentes de variância obtidos nas análises unicaracterística e assumido uma correlação de 0,50 entre as características avaliadas. As estimativas de correlação fenotípica entre as características foram calculadas pelo coeficiente de correlação linear de Pearson, utilizando os componentes de (co)variância fenotípica obtidos nas análises bicaracterística realizadas pelo programa MTDFREML.

A análise multicaracterística foi realizada somente para as características que foram consideradas nos índices econômicos de seleção.

5.4 Objetivos e critérios de seleção

Os objetivos e critérios de seleção adotados neste estudo são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Objetivos e respectivos critérios de seleção adotados neste estudo

Características	Objetivos de seleção	Critérios de seleção
Desempenho	↑ Desempenho do frango	Taxa de conversão alimentar
		Peso corporal à seleção juvenil
Carcaça	↑ Volume de carne de frango	Rendimento de carcaça
		Rendimento de carne de peito
		Rendimento de pernas

As características CA e PC, por estarem diretamente relacionadas aos custos de produção e serem facilmente interpretadas pela analogia com o lucro do sistema produtivo, podem ser consideradas como características economicamente relevantes. De acordo com Mendes e Patrício (2004), o peso corporal é responsável pelo faturamento e, por conseguinte, pela diluição dos custos fixos. A taxa de conversão alimentar, segundo os mesmos autores, tem no seu conteúdo o custo de ração por unidade de peso corporal produzido, que representa 60% do custo total do frango. As características RCAR, RPEI e RPER, por afetarem diretamente o volume de carne de frango disponível para a venda e, consequentemente, o faturamento da cadeia produtiva, são igualmente caracterizadas como economicamente relevantes.

Portanto, essas características selecionadas como critérios de seleção podem ser consideradas diretamente no desenvolvimento do índice econômico de seleção, conforme modelo proposto por Harris e Newman (1992), exemplificado na eq. (3).

5.5 Modelo bioeconômico

Para a obtenção dos ponderadores econômicos foi aplicada a metodologia de modelo bioeconômico, que estima o lucro adicional a partir da alteração no desempenho da característica de influência genética enquanto mantendo constante todas as demais variáveis analisadas. Os custos e as receitas foram calculados com base nos preços fornecidos por instituições ligadas à cadeia produtiva avícola (Aviagen América Latina Ltda., Jox Assessoria Agropecuária Ltda., Fricock Frigorificação Avicultura Indústria e Comércio Ltda., entre outras) para o período de 2005 a 2010.

O modelo bioeconômico determinístico foi desenvolvido em planilhas eletrônicas *Excel* 2010, pertencente ao conjunto de programas do *Microsoft Office* (MICROSOFT, 2010). Os dados para os cálculos de análise econômica foram alocados em 11 planilhas específicas para a entrada das informações produtivas, econômicas e de mercado interligadas por recursos matemáticos que o próprio programa disponibiliza (Figura 5), as quais foram utilizadas para a avaliação econômico-financeira da cadeia produtiva e posterior aplicação na derivação de ponderadores econômicos para as características selecionadas, conforme estrutura ilustrada na Figura 6.

Figura 5 – Recurso matemático do *Microsoft Excel* para interligar planilhas

Figura 6 – Estrutura do modelo bioeconômico desenvolvido

As planilhas componentes do modelo bioeconômico e respectivas funções são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Planilhas componentes do modelo bioeconômico desenvolvido

Planilha	Função
Dados	Inserir dados reais ou simular dados de uma cadeia produtiva, base para todo o cálculo automático das planilhas subsequentes
Instalações e equipamentos	Calcular os custos de depreciação e manutenção das instalações e dos equipamentos para o produtor comercial integrado
Ração	Calcular os custos de ração para cada elo da cadeia produtiva, conforme a idade da ave, quantidade e dias de consumo
Insumos	Calcular os custos com água, cama, calefação, energia elétrica, pintos de corte e produtos veterinários para o produtor comercial integrado
Mão de obra	Calcular os custos com mão de obra, visita técnica e serviço de apanha para o produtor comercial integrado
Transportes	Calcular os custos com transporte de pintos de corte, ração e frangos para o abate para o produtor comercial integrado
Preços	Reunir informações de mercado suprimindo as planilhas de dados e simulações
Custos	Reunir os custos do produtor comercial integrado
Receitas	Reunir todas as entradas de receitas da cadeia produtiva
Resumo	Reunir as principais informações financeiras da cadeia produtiva
Simulações	Estudar o comportamento da variação no lucro a partir da alteração no desempenho das características de influência genética

Os principais cálculos utilizados na elaboração do modelo bioeconômico como forma auxiliar de entendimento e raciocínio empregados e a planilha simulações são apresentados em APÊNDICE A e B, respectivamente.

5.6 Análises econômicas

A análise econômica foi baseada na caracterização de uma cadeia de produção de frangos integrada (agroindústria), considerando desde a produção do ovo fértil até o abate, na qual a comercialização ocorre apenas uma vez. No Brasil, atualmente, cerca de 90% da produção de frangos ocorre por meio do sistema integrado (MENDES; SALDANHA, 2004). De acordo com Dickerson (1970), é importante considerar a cadeia produtiva como um todo ao invés de cada elo isoladamente quando de sua caracterização.

Na produção de frangos, muitos agentes da cadeia produtiva estão envolvidos, começando com o multiplicador primário (avozeiros) e finalizando com o consumidor (Figura 7). Entretanto, a cadeia produtiva simulada teve como foco o produtor comercial integrado no estado de São Paulo. Os elos multiplicador primário, secundário (matrizeiros), processador e consumidor também fizeram parte da modelagem, contudo, foram modelados com menos detalhes, apenas para a aquisição de alguns custos e receitas.

Fonte: Adaptado de Groen et al. (1998).

Figura 7 – Estrutura da cadeia produtiva do frango

Os avozeiros foram representados pelo parâmetro exógeno de preço do pinto matriz. Os matrizeiros foram incluídos na modelagem para determinar o custo do pinto de corte. Os parâmetros de produtividade adotados para esse elo da cadeia produtiva, baseados nos objetivos recomendado por Aviagen (2007), são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros de produtividade adotados para o elo matrizeiros

Viabilidade de recria – matrizes (%)	95,0
Consumo de ração – matrizes (kg/matriz alojada) - 64 semanas	55,28
Número de pintos por matriz alojada - 25 semanas	148

Para o elo processador, parâmetros exógenos foram utilizados para definir os custos específicos de abate e cortes. Os valores para esses parâmetros e os demais parâmetros exógenos, com base nas médias anuais entre o período de 2005 a 2010, são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Preços e custos exógenos utilizados na cadeia produtiva simulada

Parâmetro	Valor
Preço do pinto matriz – pacote (R\$/fêmea)	11,34
Preço médio da ração – matrizes (R\$/kg)	0,50
Preço médio da ração – frangos (R\$/kg)	0,40
Outros custos – matrizes (R\$/matriz alojada)	3,00
Custo de incubação – pintos de corte (R\$/pinto de corte produzido)	0,15
Custo de abate (R\$/frango abatido)	0,12
Custo de cortes (R\$/frango abatido)	0,10

O consumidor foi representado por parâmetros exógenos de preços de mercado dos produtos de carne de frango e foram utilizados para calcular as receitas da cadeia produtiva simulada. As cotações do mercado de frangos abatidos no estado de São Paulo, com base nos valores mensais entre os anos de 2005 e 2010, são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Cotações do mercado de frangos abatidos no estado de São Paulo, em R\$/kg, entre os anos de 2005 e 2010

Produto	Média	Máxima	Mínima
Frango inteiro (carcaça) resfriado	2,08	2,60	1,54
Peito resfriado	2,86	3,28	2,29
Coxa resfriada	2,37	2,91	1,80
Asa resfriada	3,09	4,10	2,31

Fonte: Jox (2009, 2010).

Para o elo produtor comercial foi adotado o sistema de produção climatizado em pressão positiva (sistema automatizado). O sistema de produção dito climatizado em pressão positiva é caracterizado pelo controle das condições térmicas ambientais pelo uso de

ventiladores. Os aviários automatizados possuem comedouro automático, bebedouro *nipple* e o resfriamento pode ser por nebulização ou *pad cooling* (MIELE et al., 2010). Neste estudo foi considerado o resfriamento por nebulização.

Os parâmetros técnicos e de produtividade adotados, baseados nas boas práticas de produção (BPP) (ÁVILA et al., 2007) e nos objetivos recomendado por Aviagen (2007) para o alojamento de lotes mistos, são apresentados na Tabela 12. Esses dados são premissas a partir das quais as análises econômicas foram desenvolvidas.

Tabela 12 – Parâmetros técnicos e de produtividade adotados, premissas da simulação bioeconômica desenvolvida

Área do galpão (m ²)	1.500
Número de galpões por módulo	2
Cama – lote inicial (m ³ /galpão) ¹	150
Cama – reposição (m ³ /galpão) ¹	30
Número de lotes para a troca de cama	6
Número de pintos de corte alojados (cabeças/lote/módulo)	42.369
Idade de abate (dias)	42
Número de lotes por ano ¹	6,3
Energia elétrica (kWh/lote/módulo)	4.425
Gás (GLP) (kg/lote/módulo)	26
Lenha (m ³ /lote/módulo)	24
Mão de obra (pessoas/galpão)	1
Viabilidade – frangos (%)	96,0
Consumo de ração inicial – frangos (g/ave)	1.149
Consumo de ração crescimento – frangos (g/ave)	2.099
Consumo de ração final – frangos (g/ave)	1.396
Peso final do frango (g)	2.652
Conversão alimentar ^{1,2}	1,751
Rendimento de carcaça (%)	72,0
Rendimento de carne de peito (%)	19,4
Rendimento de pernas (%)	22,9
Rendimento de asas (%)	8,1

¹ Parâmetros calculados a partir dos demais.

² Considera o consumo das aves mortas.

Tanto o intervalo entre os lotes quanto o intervalo para a troca de cama foram utilizados os valores preconizados pelas BPP, de 14 e 28 dias, respectivamente. A densidade de frangos foi fixada em 36 kg final/m².

O sistema de aquecimento foi considerado a lenha por meio de fôrnalha. O gás em botijão de 13 kg foi utilizado apenas para a higienização do aviário por meio de vassoura de fogo. Em relação ao substrato para a cama foi considerado o padrão de 10 cm de altura e como material a maravalha de madeira. Mesmo com a adoção do tratamento da cama para a reutilização foram considerados 2 cm de altura do substrato como reposição.

Os valores para o consumo de ração e taxa de conversão alimentar foram baseados no peso de abate e nos objetivos recomendado por Aviagen (2007). O consumo de água foi estipulado em 2,5 L/kg de ração para a dessedentação, 2,0 L/cabeça para o resfriamento e 3,5 L/m² para a lavagem e desinfecção do aviário na troca de cama (MIELE et al., 2010). Despesas com produtos veterinários foram consideradas adotando um sistema de profilaxia mínimo. Em relação às vacinas, considerou-se que boa parte foi aplicada no incubatório.

No cálculo do custo de mão de obra foram considerados os encargos sociais e provisionamentos que incidem sobre o salário no valor de 12,70 e 44,59%, respectivamente, totalizando 57,29% (CONAB, 2010b).

As despesas financeiras sobre capital de giro foram calculadas utilizando a taxa de juros de 6% ao ano (taxa de poupança) sobre os custos variáveis. Para cobrir despesas ocasionais foi aplicada uma taxa de 3% sobre os desembolsos diretos para a produção de frangos.

Os recursos físicos que determinam alguns custos fixos como de depreciação e manutenção, embora não se relacionam as análises para a obtenção de ponderadores econômicos das características de influência genética, foram descritos e avaliados como forma de apresentar uma análise econômica simulada. A depreciação foi calculada pelo método linear considerando a vida útil para as instalações e os equipamentos de 25 e 12 anos, respectivamente, e valor residual igual a 10% (CONAB, 2010b). A taxa de 1% ao ano sobre o valor novo do bem foi considerada para os gastos com manutenção e a alíquota do seguro para a cobertura de instalações e equipamentos foi fixada em 0,36% ao ano sobre o capital médio investido (CONAB, 2010b).

5.7 Ponderadores econômicos

Com a análise econômica da cadeia produtiva simulada estabelecida, o modelo de cálculo dos ponderadores econômicos, sugerido por Weller⁴ (2000 apud FORMIGONI, 2002), para a metodologia de modelo bioeconômico, foi

$$VE = \frac{\Delta L}{\Delta G}, \quad (7)$$

em que VE é o ponderador econômico da característica; ΔL , a variação no lucro; e ΔG , a variação no desempenho produtivo da característica (ganho genético).

Os ponderadores econômicos foram calculados como a variação no lucro inerente ao respectivo melhoramento no desempenho médio simulado de cada característica selecionada (representado o ganho genético médio da característica), enquanto mantendo todas as demais variáveis componentes do modelo bioeconômico constantes. As taxas de ganho genético anual, referencial para a variação no desempenho produtivo das características selecionadas, conforme sugerido por Souza⁵ (2010), são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Taxa de ganho genético anual (ΔG) para as características selecionadas

Característica ¹	ΔG
CA	-0,05
PC	60,00
RCAR	0,25
RPEI	0,30
RPER	0,20

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Os ponderadores econômicos foram padronizados para o valor genético-econômico expresso pelo produto do desvio-padrão genético aditivo direto da característica e o respectivo ponderador econômico (PONZONI; GIFFORD, 1990). Dessa forma, retirou-se o efeito da unidade de medida das características selecionadas, o qual pode influenciar a ordem de grandeza dos ponderadores econômicos obtidos. Segundo Ponzoni e Gifford (1990), esse valor é o melhor indicador da importância econômica relativa de uma característica.

⁴ WELLER, J.I. Comunicação pessoal, 2000.

⁵ SOUZA, E.M. Comunicação pessoal, 2010.

5.8 Índices econômicos de seleção

Distinguir o mercado por segmentos oferece uma visão mais nítida do comportamento do setor avícola diante dos mercados consumidores. Dentre os vários segmentos, dois foram escolhidos: frango inteiro (carcaça) e cortes de frango. Esses dois segmentos foram escolhidos por representarem a maior fatia das exportações brasileiras de carne de frango, totalizando 90,6% em 2010 (UBABEF, 2011).

O segmento cortes de frango tem como principais mercados a Ásia e União Europeia. Segundo a União Brasileira de Avicultura - UBABEF (2011), o ano de 2010 registrou embarques de 1,972 milhão de toneladas e receita cambial de US\$ 3,534 bilhões, 22,3% maior que a verificada no ano anterior. Os embarques de frango inteiro concentram-se principalmente no Oriente Médio e registraram em 2010 um aumento de 6,4%, passando de 1,398 milhão para 1,488 milhão de toneladas exportadas e incremento da receita cambial de 17%, totalizando US\$ 2,254 bilhões (UBABEF, 2011).

Dessa forma, foram propostos dois índices econômicos de seleção, um para cada segmento de mercado analisado. O primeiro índice (ÍNDICE CARCAÇA) foi proposto para o segmento de mercado frango inteiro considerando os valores genéticos dos indivíduos para CA, PC e RCAR ponderados pelos respectivos valores econômicos. Para o mercado cortes de frango, um segundo índice (ÍNDICE CORTES) foi proposto, no entanto, considerando os valores genéticos dos indivíduos para CA, PC, RPEI e RPER.

Adicionalmente, foi realizado o estudo das correlações entre as classificações (*ranking*) das aves geradas pelos dois índices de seleção. Nessa etapa, foram consideradas somente as aves pertencentes ao último lote de nascimento, lote que contribui geneticamente para a próxima geração, totalizando 6.415 aves. As estimativas dos coeficientes de correlação por postos de Spearman foram obtidas pelo procedimento CORR do programa *Statistical Analysis System* (SAS INSTITUTE, 2004). Esse coeficiente permite quantificar o grau de associação entre os resultados obtidos por duas avaliações. Para fins de comparação da classificação das aves foram consideradas três intensidades de seleção: 1, 3 e 5% para os machos; 8, 12 e 16% para as fêmeas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Modelos de avaliação genética

As estimativas da estatística do teste de razão de verossimilhança, por modelos de avaliação genética, para as características de desempenho e carcaça avaliadas são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Estimativas da estatística do teste de razão de verossimilhança (LR_{ij}), por modelos de avaliação genética, para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER). Entre parênteses encontram-se os graus de liberdade

Característica	LR_{21} (1)	LR_{31} (2)	LR_{42} (2)	LR_{43} (1)
CA	14,8889**	11,8849**	6,4775*	8,4815**
PC	366,0928**	334,7786**	31,5168**	62,8310**
PCAR	192,2587**	87,1352**	48,2770**	153,4004**
PPEI	189,6437**	93,6840**	67,6755**	163,6352**
PPER	112,6461**	32,3976**	17,0794**	97,3280**
RCAR	17,0683**	12,2963**	8,7475*	13,5195**
RPEI	44,2213**	22,0817**	18,0934**	40,2331**
RPER	6,5617*	5,7697 ^{ns}	6,0665*	6,8585**

** (P<0,01); * (P<0,05); ns (não significativo).

Modelo 1 = efeito genético aditivo direto; Modelo 2 = efeito genético aditivo direto + efeito de ambiente permanente materno; Modelo 3 = efeito genético aditivo direto + efeito genético aditivo materno; Modelo 4 = efeito genético aditivo direto + efeito genético aditivo materno + efeito de ambiente permanente materno.

Conforme pode ser observado na Tabela 14, para todas as características, a presença de ambos os efeitos maternos, genético aditivo e de ambiente permanente, no modelo foi significativa (P<0,01). A significância desses efeitos indica que os mesmos respondem por uma porção importante da variação existente na população estudada para as características de desempenho e carcaça avaliadas. Assim, o modelo 4 é sugerido como modelo de avaliação genética mais adequado, pelo teste de razão de verossimilhança, para as características de desempenho e carcaça avaliadas e se espera que quando considerados esses efeitos no modelo permita a predição mais acurada dos valores genéticos dos indivíduos em avaliação.

Nas aves, o ambiente materno afeta o crescimento das mesmas em duas fases: pré-oviposição e pós-oviposição. O efeito materno de pós-oviposição pode ser mais adiante dividido em dois componentes: pré-nascimento (incubação) e pós-nascimento. Contudo, esse efeito materno é minimizado no caso de frangos, uma vez que são incubados artificialmente e criados independentemente das mães. O efeito materno de pré-oviposição também pode ser dividido em dois componentes: genético e de ambiente intraoviduto. Este último pode influenciar as características do ovo, tais como tamanho e peso, qualidade da casca e composição da gema (AGGREY; CHENG, 1993). Koerhuis et al. (1997) reportaram que a diferença de 1 g no peso do ovo é refletida no peso corporal a seis semanas de idade (JBWT) em aproximadamente 10 g. Muitos estudos têm mostrado um efeito (fenotípico) positivo do peso do ovo sobre o peso corporal do frango (CHAMBERS, 1990). Koerhuis e McKay (1996) estimaram correlação genética de 0,63 entre JBWT e peso do ovo. As estimativas de correlação genética entre PC e as características de carcaça (PCAR, PPEI e PPER) têm sido reportadas na literatura e estiveram entre 0,89 (ZEREHDARAN et al., 2004) e 0,97 (GAYA et al., 2006) para PC e PCAR, 0,58 (ZEREHDARAN et al., 2004) e 0,94 (MELO et al., 2004) para PC e PPEI, e 0,93 (GAYA et al., 2006; MELO et al., 2004) para PC e PPER.

O processo de formação do ovo requer de 25 a 26 horas, desde a maturação da gema até a postura, das quais 20 horas são destinadas para a formação da casca (REECE, 2006), que representa aproximadamente 12% do peso do ovo (ETCHES, 1996). Durante o processo de formação da casca, 70% do cálcio circulante provêm da alimentação e 30% dos ossos medulares, que está sempre em estado dinâmico, ocorrendo deposição e retirada contínuas de cálcio nesses ossos. Quando há deficiência de cálcio dietético, o cálcio medular não consegue suprir as exigências para a formação de uma boa casca podendo resultar em aumento de porosidade e, por conseguinte, perda da qualidade da casca, que por sua vez afeta a qualidade do pinto. Essa particularidade do metabolismo do cálcio pode resultar diferenças entre os ovos postos no período da manhã e tarde, com esquema de alimentação única, durante a vida produtiva das fêmeas (HARMS, 1991) e ser sugerido como um efeito materno de ambiente.

Meyer (1992) discorreu a dificuldade de separar estatisticamente os componentes de variância genética aditiva direta e materna. De acordo com Koerhuis e Thompson (1997), conjuntos de dados de aves podem ser adequados para a estimação da variância genética aditiva materna devido ao seu tamanho e a sua estrutura com muitas progênes por mãe e muitos registros de gerações disponíveis. Alguns aspectos da estrutura dos dados, neste estudo, são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Estrutura dos dados para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER)

Característica	Animais	Pai	Mãe	Progênie/pai	Progênie/mãe
CA	24.064	604	3.868	38	6
PC	93.418	628	5.129	145	17
PCAR	24.001	608	4.536	38	5
PPEI	23.529	608	4.519	37	5
PPER	23.515	608	4.519	37	5
RCAR	24.001	608	4.536	38	5
RPEI	23.529	608	4.519	37	5
RPER	23.515	608	4.519	37	5

O problema da utilização de modelos de avaliação genética que não consideram adequadamente os efeitos que contribuem efetivamente para a composição da variação fenotípica, neste caso o modelo 1, concentra-se principalmente na redução da eficiência do processo de seleção pela falta de precisão das relações entre genótipos e fenótipos (LYNCH; WALSH, 1998).

6.2 Componentes de variância e covariância

Os componentes de (co)variância para as características avaliadas resultantes das análises unicaracterística, após validação do modelo de avaliação genética, realizadas pelo programa MTDFREML são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Estimativas dos componentes de (co)variância para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER), obtidas em análise unicaracterística

Característica	Componentes de (co)variância ¹					
	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_m^2$	$\hat{\sigma}_{a,m}$	$\hat{\sigma}_c^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_p^2$
CA	0,0087	0,0006	-0,0010	0,0007	0,0211	0,0301
PC	16.251,1635	1.827,3681	-3.295,6381	1.866,7382	19.307,2218	35.956,8535
PCAR	4.280,3371	961,2880	-1.725,7598	2.091,7030	19.746,7113	25.354,2796
PPEI	801,6331	186,4840	-344,6624	328,1270	2.144,7176	3.116,2994
PPER	803,8059	78,2668	-161,1645	251,1780	2.690,4060	3.662,4924
RCAR	0,5962	0,0320	-0,0617	0,0569	1,2792	1,9027
RPEI	0,8467	0,0573	-0,1218	0,1077	0,7108	1,6007
RPER	0,4394	0,0120	-0,0261	0,0214	0,5435	0,9903

¹ $\hat{\sigma}_a^2$ = variância genética aditiva direta; $\hat{\sigma}_m^2$ = variância genética aditiva materna; $\hat{\sigma}_{a,m}$ = covariância entre o efeito genético aditivo direto e materno; $\hat{\sigma}_c^2$ = variância devido ao efeito de ambiente permanente materno; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância devido ao efeito residual; $\hat{\sigma}_p^2$ = variância fenotípica.

Os componentes de (co)variância resultantes das análises bicaracterística realizadas pelo programa MTDFREML, referentes às (co)variâncias genética aditiva direta, residual e fenotípica entre as características avaliadas, são apresentados nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente.

Tabela 17 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância genética aditiva direta entre as características avaliadas¹, obtidas em análise bicaracterística

	CA	PC	PCAR	PPEI	PPER	RCAR	RPEI	RPER
CA	0,0094							
PC	2,0050	16.895,9065						
PCAR	0,1838	18.096,5690	4.739,0940					
PPEI	-0,0137	5.320,4977	2.051,8159	920,2305				
PPER	-0,0447	6.180,8761	2.076,3812	220,2970	850,6908			
RCAR	-0,0019	24,0134	24,3815	14,0152	7,0152	0,6324		
RPEI	-0,0044	13,6415	8,5213	28,3053	-8,7481	0,5195	0,8984	
RPER	-0,0049	-3,1612	9,6289	-6,4915	14,0733	0,1588	-0,3134	0,4464

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Tabela 18 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância residual entre as características avaliadas¹, obtidas em análise bicaracterística

	CA	PC	PCAR	PPEI	PPER	RCAR	RPEI	RPER
CA	0,0209							
PC	3,1669	19.001,8148						
PCAR	20,2499	17.271,8146	19.852,4010					
PPEI	3,7537	4.353,3044	5.701,0036	2.122,5946				
PPER	7,4847	4.532,9613	6.767,5263	1.933,9304	2.699,2576			
RCAR	0,1498	44,4350	63,7110	20,7143	16,8192	1,2740		
RPEI	0,1216	31,1308	33,7381	21,8405	7,5310	0,4340	0,6929	
RPER	0,1054	3,7528	15,1767	2,9896	17,2807	0,2500	0,0489	0,5405

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Tabela 19 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância fenotípica entre as características avaliadas¹, obtidas em análise bicaracterística

	CA	PC	PCAR	PPEI	PPER	RCAR	RPEI	RPER
CA	0,0305							
PC	5,1719	37.448,5977						
PCAR	20,4337	32.409,3842	25.529,5598					
PPEI	3,7400	9.673,8021	7.752,8194	3.150,1782				
PPER	7,4400	10.713,8374	8.843,9751	2.154,2274	3.671,3726			
RCAR	0,1479	68,4484	88,0925	34,7295	23,8343	1,9252		
RPEI	0,1172	44,7722	42,2595	50,1458	-1,2171	0,9535	1,6229	
RPER	0,1005	0,5915	24,8056	-3,5018	31,3541	0,4088	-0,2645	0,9924

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Os componentes de (co)variância resultantes da análise multicaracterística realizada pelo programa VCE-6, referentes às (co)variâncias genética aditiva direta, residual e fenotípica entre as características selecionadas como componentes dos índices de seleção, são apresentados nas Tabelas 20, 21 e 22, respectivamente.

Tabela 20 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância genética aditiva direta entre as características¹ selecionadas, obtidas em análise multicaracterística

	CA	PC	RCAR	RPEI	RPER
CA	0,0091				
PC	1,1490	16.416,7329			
RCAR	-0,0053	45,7433	0,6771		
RPEI	-0,0024	15,0240	0,4314	0,8496	
RPER	-0,0053	2,0191	0,1450	-0,2848	0,4434

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Tabela 21 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância residual entre as características¹ selecionadas, obtidas em análise multicaracterística

	CA	PC	RCAR	RPEI	RPER
CA	0,0213				
PC	3,4885	19.223,7531			
RCAR	0,0090	33,8119	1,3129		
RPEI	0,0081	30,1182	0,5064	0,7280	
RPER	0,0033	1,2196	0,2808	0,0416	0,5421

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Tabela 22 – Estimativas dos componentes de variância (na diagonal) e covariância fenotípica entre as características¹ selecionadas, obtidas em análise multicaracterística

	CA	PC	RCAR	RPEI	RPER
CA	0,0297				
PC	3,9688	32.620,0883			
RCAR	0,0057	48,1030	1,8930		
RPEI	0,0060	31,0107	0,8705	1,5096	
RPER	-0,0057	0,0957	0,4279	-0,2292	0,9675

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

6.3 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade para os efeitos genético aditivo direto e materno, das variâncias de ambiente permanente materno em relação à variância fenotípica total e residual em relação à variância fenotípica total, obtidas em análise uni, bi e multicaracterística, são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 – Estimativas dos parâmetros genéticos e os respectivos erros-padrão (EP) para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER), obtidas em análise uni, bi e multicaracterística

Análise unicaracterística					
Característica	Parâmetros genéticos ¹				
	$\hat{h}_a^2$ (EP)	$\hat{h}_m^2$ (EP)	$\hat{f}_{a,m}$ (EP)	$\hat{c}^2$ (EP)	$\hat{e}^2$ (EP)
CA	0,29 (0,03)	0,02 (0,01)	-0,44 (0,13)	0,02 (0,01)	0,70 (0,02)
PC	0,45 (0,02)	0,05 (0,00)	-0,60 (0,07)	0,05 (0,00)	0,54 (0,01)
PCAR	0,17 (0,02)	0,04 (0,01)	-0,85 (0,06)	0,08 (0,01)	0,78 (0,02)
PPEI	0,26 (0,03)	0,06 (0,01)	-0,89 (0,05)	0,11 (0,01)	0,69 (0,02)
PPER	0,22 (0,02)	0,02 (0,01)	-0,64 (0,10)	0,07 (0,01)	0,73 (0,02)
RCAR	0,31 (0,03)	0,02 (0,01)	-0,45 (0,14)	0,03 (0,01)	0,67 (0,02)
RPEI	0,53 (0,04)	0,04 (0,01)	-0,55 (0,10)	0,07 (0,01)	0,44 (0,03)
RPER	0,44 (0,03)	0,02 (0,01)	-0,36 (0,16)	0,02 (0,01)	0,55 (0,02)
Análise bicaracterística					
Característica	$\hat{h}_a^2$ (EP)	$\hat{h}_m^2$ (EP)	$\hat{f}_{a,m}$ (EP)	$\hat{c}^2$ (EP)	$\hat{e}^2$ (EP)
CA	0,31 (0,03)	0,02 (0,01)	-0,41 (0,13)	0,02 (0,01)	0,69 (0,02)
PC	0,45 (0,02)	0,02 (0,00)	-0,60 (0,07)	0,02 (0,00)	0,51 (0,01)
PCAR	0,19 (0,02)	0,02 (0,01)	-0,66 (0,08)	0,02 (0,01)	0,78 (0,01)
PPEI	0,29 (0,03)	0,04 (0,01)	-0,60 (0,12)	0,06 (0,00)	0,68 (0,02)
PPER	0,23 (0,02)	0,02 (0,01)	-0,57 (0,10)	0,05 (0,00)	0,74 (0,02)
RCAR	0,33 (0,03)	0,02 (0,01)	-0,29 (0,19)	0,02 (0,01)	0,66 (0,02)
RPEI	0,55 (0,05)	0,03 (0,01)	-0,44 (0,15)	0,05 (0,00)	0,43 (0,03)
RPER	0,45 (0,03)	0,02 (0,01)	-0,35 (0,14)	0,02 (0,01)	0,55 (0,02)

continua

Análise multicaracterística					
Característica	$\hat{h}_a^2$ (EP)	$\hat{h}_m^2$ (EP)	$\hat{r}_{a,m}$ (EP)	$\hat{c}^2$ (EP)	$\hat{e}^2$ (EP)
CA	0,30 (0,01)	0,02 (0,00)	-0,40 (0,05)	0,02 (0,00)	0,72 (0,01)
PC	0,50 (0,02)	0,06 (0,01)	-0,60 (0,05)	0,06 (0,00)	0,58 (0,02)
RCAR	0,36 (0,01)	0,04 (0,00)	-0,51 (0,03)	0,03 (0,00)	0,69 (0,01)
RPEI	0,56 (0,01)	0,04 (0,00)	-0,51 (0,04)	0,07 (0,00)	0,48 (0,02)
RPER	0,46 (0,01)	0,02 (0,00)	-0,36 (0,05)	0,02 (0,00)	0,56 (0,01)

¹ $\hat{h}_a^2$ = coeficiente de herdabilidade para o efeito genético aditivo direto; $\hat{h}_m^2$ = coeficiente de herdabilidade para o efeito genético aditivo materno; $\hat{r}_{a,m}$ = coeficiente de correlação entre o efeito genético aditivo direto e materno; $\hat{c}^2$ = efeito de ambiente permanente materno dado como razão da variância fenotípica; $\hat{e}^2$ = efeito residual dado como razão da variância fenotípica.

Os coeficientes de herdabilidade direta obtidos sugerem que as características avaliadas podem ser selecionadas esperando progresso genético na população estudada. Esses resultados foram inferiores aos obtidos por Aggrey et al. (2010) para CA (0,41), Argentão et al. (2002) para PCAR (0,34), PPEI (0,45) e PPER (0,34), Gaya et al. (2006) para PCAR (0,24), PPEI (0,33) e PPER (0,33), Melo et al. (2004) para PPEI (0,35) e PPER (0,35), Peixoto et al. (2010) para PCAR (0,24), Rance et al. (2002) para PCAR (0,52), PPEI (0,59) e PPER (0,48), e superiores aos obtidos por Gaya et al. (2006) para CA (0,16) e PC (0,40), Nunes (2007) para RCAR (0,20), Peixoto et al. (2010) para PC (0,28), todos utilizando modelo animal considerando somente o efeito genético aditivo direto. Le Bihan-Duval et al. (1998) obtiveram estimativas de herdabilidade direta maiores para PPEI em machos (0,48) e fêmeas (0,58), e RPEI em machos (0,64) e fêmeas (0,66), utilizando modelo animal considerando os efeitos genético aditivo direto e de ambiente comum.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade para RCAR e RPEI foram similares às obtidas por Gaya et al. (2005) que relataram valores de 0,30 e 0,51, respectivamente. Entretanto, esses autores utilizando um modelo animal considerando somente o efeito genético aditivo direto, verificaram estimativa de herdabilidade para RPER de 0,35, portanto inferior à obtida neste estudo (Tabela 23). Também foram similares as estimativas dos coeficientes de herdabilidade obtidas por Argentão et al. (2002) e Zerehdaran et al. (2004) para PC (0,45 e 0,44, respectivamente) e Azevedo Junior et al. (2002) para CA (0,27).

Clément et al. (2001) demonstraram que quando os efeitos maternos não são considerados no modelo de avaliação genética, o coeficiente de herdabilidade direta é superestimado, o que pode conduzir a conclusões errôneas, uma vez que toda a variância encontrada, excetuando-se o erro, terá origem atribuída ao efeito genético aditivo direto.

Pakdel et al. (2002), em estudos com características indicativas de ascite, relataram maiores estimativas dos coeficientes de herdabilidade direta para essas características quando o efeito genético aditivo materno foi significativo ($P < 0,05$) e retirado do modelo de avaliação genética. No presente estudo, maiores estimativas dos coeficientes de herdabilidade direta também foram obtidas para as características de desempenho e carcaça avaliadas quando os efeitos maternos não foram considerados no modelo de avaliação genética (modelo 1) e estes foram significativos ($P < 0,01$), conforme pode ser observado na Tabela 24.

Tabela 24 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade para o efeito genético aditivo direto ($\hat{h}_a^2$) e os respectivos erros-padrão (EP), por modelo de avaliação genética, para taxa de conversão alimentar (CA), peso corporal à seleção juvenil (PC), pesos de carcaça (PCAR), carne de peito (PPEI) e pernas (PPER), rendimentos de carcaça (RCAR), carne de peito (RPEI) e pernas (RPER), obtidas em análise unicaracterística

Característica	Modelo 1	Modelo 4
	$\hat{h}_a^2$ (EP)	$\hat{h}_a^2$ (EP)
CA	0,34 (0,02)	0,29 (0,03)
PC	0,56 (0,01)	0,45 (0,02)
PCAR	0,25 (0,02)	0,17 (0,02)
PPEI	0,40 (0,02)	0,26 (0,03)
PPER	0,30 (0,02)	0,22 (0,02)
RCAR	0,35 (0,02)	0,31 (0,03)
RPEI	0,64 (0,02)	0,53 (0,04)
RPER	0,47 (0,02)	0,44 (0,03)

Modelo 1 = efeito genético aditivo direto; Modelo 4 = efeito genético aditivo direto + efeito genético aditivo materno + efeito de ambiente permanente materno.

As estimativas de correlação genética entre o efeito genético aditivo direto e materno ($\hat{r}_{a,m}$) para as características avaliadas foram negativas, embora tenham diferido em magnitude (-0,44, -0,60, -0,85, -0,89, -0,64, -0,45, -0,55 e -0,36, respectivamente para CA, PC, PCAR, PPEI, PPER, RCAR, RPEI e RPER). Koerhuis e Thompson (1997) também obtiveram $r_{a,m}$ negativa de alta magnitude para JBWT (-0,54), algo inesperado para esses autores, uma vez que esperavam uma correlação genética positiva entre peso do ovo e JBWT (KOERHUIS; McKAY, 1996), que *a priori* acredita-se aumentar o JBWT da progênie. De acordo com esses mesmos autores, a variância genética de origem materna poderia, em grande parte, estar relacionada à qualidade do ovo (casca) antes que ao tamanho do ovo, o que

poderia explicar o sinal negativo da $r_{a,m}$. O antagonismo entre o efeito genético aditivo direto e materno também foi obtido por outros autores para as características de crescimento em frango nativo (NORRIS; NGAMBI, 2006; PRADO-GONZÁLEZ et al., 2003).

Alguns autores têm sugerido que valores negativos de média a alta magnitude para $r_{a,m}$ podem estar relacionados com o tamanho do conjunto de dados, a sua estrutura e a magnitude do efeito genético aditivo direto e materno. Segundo Gerstmayr (1992), a confiabilidade das $r_{a,m}$ sofre forte influência pela proporção entre os componentes de variância genética aditiva direta e materna e se torna menor nas populações onde o efeito genético aditivo materno é quatro vezes menor que o efeito genético aditivo direto. Neste estudo, o efeito genético aditivo materno foi 15 vezes menor, em média, que o efeito genético aditivo direto e, portanto, as estimativas aqui obtidas podem não ser confiáveis.

Benyshek et al.⁶ (1988 apud PITA; ALBUQUERQUE, 2001), em estudos com três conjuntos de dados de bovinos de corte em seleção, simulados com valores verdadeiros de $r_{a,m}$ negativa, nula e positiva, relataram que a acurácia de predição do valor genético aditivo direto não foi afetada pela $r_{a,m}$ utilizada nas análises, não ocorrendo o mesmo para a acurácia de predição do valor genético materno quando $r_{a,m}$ negativa foi utilizada para analisar o conjunto simulado com $r_{a,m}$ positiva e vice-versa. Os autores concluíram que a utilização de $r_{a,m}$ nula quando estimativas de seu valor verdadeiro não estão disponíveis permite a obtenção acurada do valor genético aditivo direto e materno. Em aves, poucos são os trabalhos que discutem $r_{a,m}$ para as características economicamente importantes. Entretanto, considerando as dificuldades para a obtenção de estimativas confiáveis para $r_{a,m}$, assumir esta como nula talvez seja o melhor procedimento para a avaliação genética de características em que o efeito genético aditivo materno é importante, mas de pequena magnitude.

Explicações sobre estimativas extremas também têm sido concentradas na existência de covariâncias de ambiente entre os registros de mãe e progênie e na estrutura dos efeitos fixos utilizados nos modelos estatísticos para a avaliação dos dados (KOERHUIS; THOMPSON, 1997; MEYER, 1997; ROBINSON, 1996). De acordo com Bijma (2006), considerar as covariâncias de ambiente entre mãe e progênie, por conseguinte, nem sempre impedirá valores extremos para $r_{a,m}$. A observação que correlações genéticas e fenotípicas são normalmente muito semelhantes (LYNCH; WALSH, 1998) indica que a estimação das

⁶ BENYSHEK, L.L. et al. Applications of an animal model in the United States beef cattle industry. Journal of Dairy Science, Champaign, v.71, n.1, p.35-53, Jan. 1988.

correlações genéticas entre o efeito genético aditivo direto e materno, enquanto assumindo zero as correlações de ambiente, representa uma forte pressuposição *a priori*. Bijma (2006) sugere que antes de assumir as correlações de ambiente como zero, porém, é importante validar essa pressuposição empiricamente. De acordo com o mesmo autor, dependendo da estrutura dos dados, a análise dos efeitos maternos considerando as covariâncias de ambiente entre mãe e progênie pode não estar disponível dentro dos programas usuais. Neste estudo, o programa utilizado para as análises não permitiu ajustar a estrutura de variância residual requerida para os efeitos maternos.

As estimativas dos coeficientes de correlação genética e fenotípica entre as características avaliadas, obtidas em análise bi e multicaracterística, são apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25 – Estimativas dos coeficientes de correlação genética (abaixo da diagonal) e fenotípica (acima da diagonal) entre as características avaliadas¹, obtidas em análise bi e multicaracterística (entre parênteses)

	CA	PC	PCAR	PPEI	PPER	RCAR	RPEI	RPER
CA	-	0,15 (0,13)	0,73	0,38	0,70	0,61 (0,02)	0,53 (0,03)	0,58 (-0,04)
PC	0,16 (0,07)	-	0,95	0,89	0,91	0,25 (0,19)	0,18 (0,14)	0,00 (0,00)
PCAR	0,03	0,97	-	0,86	0,91	0,40	0,21	0,16
PPEI	-0,01	0,83	0,76	-	0,63	0,45	0,70	-0,06
PPER	-0,02	0,90	0,84	0,25	-	0,28	-0,02	0,52
RCAR	-0,03 (-0,07)	0,24 (0,32)	0,49	0,60	0,33	-	0,54 (0,51)	0,30 (0,32)
RPEI	-0,05 (-0,03)	0,12 (0,10)	0,14	0,87	-0,34	0,63 (0,57)	-	-0,21 (-0,19)
RPER	-0,08 (-0,08)	-0,04 (0,02)	0,22	-0,34	0,75	0,31 (0,26)	-0,50 (-0,46)	-

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); PCAR = peso de carcaça (g); PPEI = peso de carne de peito (g); PPER = peso de pernas (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

As estimativas de correlação genética entre as características de carcaça (PCAR, PPEI e PPER) e CA foram praticamente nulas (0,03, -0,01 e -0,03, respectivamente), indicando ausência de correlação entre tais características, em outras palavras, a seleção direta para CA tem pouco efeito nessas características. Contudo, alta correlação foi observada entre essas

mesmas características de carcaça e PC considerando as estimativas de correlação genética de 0,97, 0,83 e 0,90 entre PC e PCAR, PPEI e PPER, respectivamente, sugerindo que a seleção para PC pode ser capaz de incrementar o peso das características de carcaça. Esses resultados reforçam as afirmações de Chambers (1990), de que a seleção para maior peso corporal pode ser capaz de aumentar os pesos de carcaça e cortes em frangos.

Importante correlação entre PCAR e PPEI e PCAR e PPER parece existir com base nas estimativas de correlação genética entre essas características (0,76 e 0,84, respectivamente). Assim, a seleção para peso de carcaça inteira pode ser capaz de incrementar o peso de suas partes e vice-versa. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Argentão et al. (2002), Grosso et al. (2008), Rance et al. (2002), Rezende et al. (2005) e Zerehdaran et al. (2004) com valores entre 0,71 e 0,89. Um pequeno aumento no PPEI por seleção direta para PPER e vice-versa parece também ser possível com base na estimativa de correlação genética obtida entre essas características (0,25).

Para as características de carcaça parece existir importante correlação entre os pesos e seus respectivos rendimentos considerando as estimativas de correlação genética entre elas com valores entre 0,49 e 0,87. Os resultados sugerem que a seleção para maiores PCAR, PPEI e PPER é capaz de aumentar RCAR, RPEI e RPER, respectivamente.

Correlação de razoável importância entre as características de rendimento (RCAR, RPEI e RPER) parece existir considerando as estimativas de correlação genética entre elas com valores entre 0,31 e 0,63. Estimativa de correlação genética negativa foi obtida entre RPEI e RPER (-0,50), sugerindo que a seleção a favor de uma delas implica em redução da outra.

Para as características de desempenho (CA e PC) parece existir uma pequena correlação entre elas com base na estimativa de correlação genética obtida (0,16). Assim, a seleção direta para PC parece não interferir de maneira importante na CA e vice-versa. Gaya et al. (2006), utilizando modelo animal considerando somente o efeito genético aditivo direto, obtiveram resultado inferior (0,07) para a estimativa de correlação genética entre CA e PC.

6.4 Análise econômica

A escala de produção simulada, assumindo uma produção anual de 7.300.000 kg de carcaça, é apresentada na Tabela 26. Os elos anteriores da cadeia produtiva foram derivados desse valor.

Tabela 26 – Escala de produção simulada para a produção de 7.300.000 kg de carcaça/ano

Matrizes com um dia	28.326
Matrizes alojadas	26.910
Pintos de corte com um dia	3.982.683
Frangos abatidos	3.823.376

Para a escala de produção adotada foram necessários 15 módulos com dois galpões cada, totalizando 94 lotes alojados ao ano. Os componentes do custo de produção e respectivos valores para o sistema automatizado desenvolvido são apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 – Custo de produção simulado para o sistema automatizado desenvolvido

Itens de custo	R\$/lote ¹	R\$/frango ²	R\$/kg ³
Custo variável	121.031,47	2,9756	1,1220
Água	57,97	0,0014	0,0005
Calefação	1.202,46	0,0296	0,0111
Cama	3.539,00	0,0870	0,0328
Energia elétrica	1.150,50	0,0283	0,0107
Pintos de corte	18.543,97	0,4559	0,1719
Produtos veterinários	251,10	0,0062	0,0023
Ração	77.130,51	1,8963	0,7150
Mão de obra	3.372,73	0,0829	0,0313
Serviço de apanha	3.240,00	0,0797	0,0300
Visita técnica	1.220,23	0,0300	0,0113
Transportes	5.682,43	0,1397	0,0527
Manutenção	600,78	0,0148	0,0056
Seguro	216,28	0,0053	0,0020
Despesas financeiras sobre capital de giro	1.166,81	0,0287	0,0108
Eventuais	3.656,72	0,0899	0,0339
Custo fixo	5.062,34	0,1245	0,0469
Depreciação	3.079,77	0,0757	0,0286
Remuneração sobre capital médio	1.982,57	0,0487	0,0184
Custo operacional total	124.111,24	3,0513	1,1506
Custo total frango	126.093,81	3,1001	1,1690

¹ Total de lotes = 94 lotes/ano.

² Frangos abatidos = 40.674 frangos/lote.

³ Peso de abate = 2,652 kg/frango.

Os componentes do custo de produção simulado demonstram estar, percentualmente, próximos aos obtidos para os sistemas de produção automatizados no estado de São Paulo, com base nos valores mensais entre os anos de 2005 e 2010, como apresentado na Tabela 28.

Os valores obtidos para os componentes ração e pintos de corte foram semelhantes aos relatados por Mendes e Patrício (2004) com valores de 60 e 15%, respectivamente.

Tabela 28 – Distribuição percentual comparativa do custo de produção simulado com a média de sistemas de produção automatizados no estado de São Paulo entre os anos de 2005 e 2010

Itens de Custo	Custo (%)	
	Simulado	Real*
Custo variável	95,99	96,28
Água	0,05	0,07
Calefação	0,95	1,14
Cama	2,81	1,11
Energia elétrica	0,91	0,68
Pintos de corte	14,71	17,95
Produtos veterinários	0,20	0,35
Ração	61,17	60,29
Mão de obra	2,67	2,02
Serviço de apanha	2,57	1,54
Visita técnica	0,97	0,72
Transportes	4,51	6,01
Manutenção	0,48	0,48
Seguro	0,17	0,10
Despesas financeiras sobre capital de giro	0,93	1,19
Eventuais	2,90	1,52
Custo fixo	4,01	3,72
Depreciação	2,44	2,14
Remuneração sobre capital médio	1,57	1,58
Custo operacional total	98,43	98,42
Custo total frango	100,00	100,00

*Fonte: CONAB (2010a) e EMBRAPA Suínos e Aves (2010).

Os dados da Tabela 28 indicam que as informações descritas para a simulação são representativas em caracterizar o produtor comercial integrado.

No sistema integrado, o preço do produto transferido de um elo para outro é atribuído ao custo do produto no elo anterior. Para cada elo da cadeia produtiva, o modelo bioeconômico calculou o custo total e a receita, em que despesas fixas foram incluídas. O resumo de custos, receitas e lucro para a cadeia produtiva estabelecida é apresentado na Tabela 29. O lucro foi

calculado pela diferença entre a receita e o custo total de acordo com o produto final comercializado (carcaça ou cortes).

Tabela 29 – Custos, receitas e lucro para a cadeia produtiva desenvolvida

Parâmetro	R\$/ano	R\$/frango¹	R\$/unidade
Custos			
Matrizes (cabeças)	321.220,69	0,0840	11,3400
Pintos de corte (cabeças)	1.743.132,80	0,4559	0,4377
Frangos (kg de frango)	11.852.818,32	3,1001	1,1690
Carcaça (kg de carcaça)	12.311.623,43	3,2201	1,6865
Cortes (kg de carcaça)	12.693.961,03	3,3201	1,7389
Receitas			
Carcaça (kg de carcaça)	15.184.000,00	3,9714	2,0800
Cortes (kg de carcaça)	13.666.751,86	3,5745	1,8722
Lucro			
Carcaça (kg de carcaça)	2.872.376,57	0,7513	0,3935
Cortes (kg de carcaça)	972.790,83	0,2544	0,1333

¹ Frangos abatidos = 3.823.376 frangos/ano

O modelo bioeconômico e, consequentemente, os resultados de custos, receitas e lucratividade apresentados representam as circunstâncias de produção simulada. Contudo, vale ressaltar que o modelo bioeconômico permite a caracterização da cadeia produtiva de acordo com a especificidade de cada elo em particular e o cenário de custos e receitas aplicado.

6.5 Ponderadores econômicos

Em geral, o valor econômico ou ponderador econômico de uma característica é definido como a variação no lucro da propriedade ou empresa, expressa por unidade de produto finalizado, como consequência da variação em uma unidade no desempenho da característica considerada sem alterar o desempenho de outras características. Para a cadeia produtiva desenvolvida neste estudo, uma empresa integrada de frangos, o frango abatido foi considerado como unidade de produto finalizado.

O aumento no desempenho médio das características foi considerado de pequena magnitude, seguindo a orientação de Gibson e van Arendonk³ (1998 apud FORMIGONI, 2006) que afirmam estar à confiabilidade dos ponderadores econômicos associada a modestas variações no desempenho. O número de frangos abatidos foi considerado fixo como forma de avaliar apenas o lucro marginal decorrente do aumento no desempenho das características selecionadas, uma vez que o aumento nesse número implica em custos adicionais, muitos dos quais podem estar desassociados do melhoramento genético animal.

6.5.1 Ponderadores econômicos para taxa de conversão alimentar

A relação da CA com os custos e a receita da cadeia produtiva para a análise econômica desenvolvida pode ser representada na Figura 8.

Figura 8 – Relação da taxa de conversão alimentar (CA) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida

Para a metodologia desenvolvida, a CA não exerceu influência na receita da cadeia produtiva, uma vez que o peso final das aves (mesmo ganho de peso) foi mantido constante. Variações na CA implicaram em menor consumo total de ração pelas aves desencadeando menor custo de ração e transporte (ração), menor custo de produção e, consequentemente, menor custo total da cadeia produtiva. O custo total da cadeia produtiva diminuiu 1,8%, como ilustrado na Figura 9. Esse comportamento foi igual tanto para o segmento de mercado frango inteiro quanto para cortes de frango.

³ GIBSON, J.P.; VAN ARENDONK, J.A.M. Introduction to the design and economics of animals breeding strategies. [S.I.: s.n.], 1998. Lecture notes.

Receita e custo total convertidos para a base 100.

Figura 9 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva associado à taxa de conversão alimentar para os dois segmentos de mercado

Os valores de receita, custo total e respectivo lucro associado à CA são apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 – Valores de receita, custo total e lucro, em R\$/frango abatido, referente às taxas regressivas de conversão alimentar (CA)

CA	Frango inteiro			Cortes de frango		
	Receita	Custo total	Lucro	Receita	Custo total	Lucro
1,751	3,9714	3,2201	0,7513	3,5745	3,3201	0,2544
1,741	3,9714	3,2082	0,7632	3,5745	3,3082	0,2641
1,731	3,9714	3,1964	0,7750	3,5745	3,2964	0,2782
1,721	3,9714	3,1846	0,7868	3,5745	3,2846	0,2899
1,711	3,9714	3,1728	0,7986	3,5745	3,2728	0,3017
1,701	3,9714	3,1610	0,8103	3,5745	3,2610	0,3135

Conforme apresentado na Tabela 30, o lucro marginal esperado para os ganhos na CA, de 0 a 0,05 pontos, foi de R\$ 0,0589 por frango abatido, tanto para o segmento de mercado frango inteiro quanto para cortes de frango. O ponderador econômico para essa característica pode ser calculado como

$$VE = \frac{R\$ 0,0589}{-0,05}$$

O ponderador econômico para CA foi de -R\$ 1,1783 por ponto na taxa de conversão alimentar por frango abatido para os dois segmentos de mercado. O sinal negativo indica que a cada ponto adicional na taxa de conversão alimentar ocorrem acréscimos dos custos diretos

com a alimentação das aves, o que implica na redução de R\$ 1,1783 no lucro da cadeia produtiva por frango abatido.

6.5.2 Ponderadores econômicos para peso corporal à seleção juvenil

Para a derivação de ponderadores econômicos para PC foram simulados ganhos de peso médio para as aves de 0 a 60g. A relação do PC com os custos e a receita da cadeia produtiva, de acordo com a análise desenvolvida, pode ser representada na Figura 10.

*O lucro aumenta se a elevação da receita for maior que a elevação do custo total.

Figura 10 – Relação do peso corporal à seleção juvenil (PC) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida

O aumento do peso médio do lote implicou no aumento da receita e do custo total da cadeia produtiva. Variações no PC implicaram em maior consumo de ração pelas aves, uma vez que a taxa de conversão alimentar foi mantida constante e, consequentemente, maior custo de ração. Os custos de transporte de ração e frangos também foram maiores como consequência do maior volume de ração e maior peso dos frangos para o abate. O aumento da receita foi proveniente do maior volume de carne de frango disponível para a venda.

O custo total evoluiu de modo proporcional ao aumento do peso médio do lote, tanto para o segmento de mercado frango inteiro quanto para cortes de frango. O comportamento da receita seguiu o mesmo padrão do custo total, como pode ser observado nas Figuras 11 e 12 respectivamente para o segmento de mercado frango inteiro e cortes de frango.

Figura 11 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva associado ao peso corporal à seleção juvenil para o segmento de mercado frango inteiro

Figura 12 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva associado ao peso corporal à seleção juvenil para o segmento de mercado cortes de frango

O lucro marginal foi de R\$ 0,0420 para o segmento de mercado frango inteiro e R\$ 0,0330 para o segmento de mercado cortes de frango por frango abatido. Os ponderadores econômicos para PC, para cada segmento de mercado analisado, são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 – Ponderador econômico (VE) para peso corporal à seleção juvenil, em R\$/g por frango abatido, para cada segmento de mercado analisado

Mercado	VE
Frango inteiro	0,0007
Cortes de frango	0,0006

6.5.3 Ponderadores econômicos para rendimento de carcaça

A relação do RCAR com os custos e a receita da cadeia produtiva para a análise econômica desenvolvida pode ser representada na Figura 13.

Figura 13 – Relação do rendimento de carcaça (RCAR) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida

Para a metodologia desenvolvida, o RCAR não exerceu influência no custo total da cadeia produtiva. Para cada unidade percentual de variação positiva na característica, teve-se um aumento médio na receita de R\$ 0,0028 por frango abatido proveniente do maior volume de carne de frango disponível para a venda. O efeito esperado no lucro da cadeia produtiva com o progressivo aumento no desempenho do RCAR pode ser ilustrado na Figura 14. Esse comportamento foi somente para o segmento de mercado frango inteiro, uma vez que a comercialização final foi estabelecida na venda de carcaça.

Figura 14 – Comportamento do lucro da cadeia produtiva com o progressivo aumento no desempenho do rendimento de carcaça para o segmento de mercado frango inteiro

O lucro marginal para os ganhos no RCAR, de 0 a 0,25%, assumiu comportamento linear crescente, como ilustra a Figura 14, de R\$ 0,0138 por frango abatido. O ponderador econômico para essa característica pode ser calculado como

$$VE = \frac{R\$ 0,0138}{0,25\%}$$

O ponderador econômico para RCAR foi de R\$ 0,0552 por percentual de rendimento de carcaça por frango abatido.

6.5.4 Ponderadores econômicos para rendimento de carne de peito

A relação do RPEI com os custos e a receita da cadeia produtiva para a análise econômica desenvolvida pode ser representada na Figura 15.

Figura 15 – Relação do rendimento de carne de peito (RPEI) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida

A exemplo do rendimento de carcaça, o RPEI não exerceu influência no custo total da cadeia produtiva. A receita da cadeia produtiva aumentou em 0,6%, como ilustrado na Figura 16, e foi proveniente do maior volume de carne de frango disponível para a venda. Esse comportamento foi somente para o segmento de mercado cortes de frango, uma vez que a comercialização final foi estabelecida na venda de cortes.

Receita e custo total convertidos para a base 100.

Figura 16 – Comportamento da receita e do custo total da cadeia produtiva por unidade de variação percentual de rendimento de carne de peito para o segmento de mercado cortes de frango

Os valores de receita, custo total e respectivo lucro associado ao RPEI são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 – Valores de receita, custo total e lucro, em R\$/frango abatido, referente às taxas crescentes de rendimento de carne de peito (RPEI)

RPEI (%)	Cortes de frango		
	Receita	Custo total	Lucro
19,40	3,5745	3,3201	0,2544
19,45	3,5783	3,3201	0,2582
19,50	3,5821	3,3201	0,2620
19,55	3,5859	3,3201	0,2658
19,60	3,5897	3,3201	0,2696
19,65	3,5935	3,3201	0,2734
19,70	3,5973	3,3201	0,2772

Conforme apresentado na Tabela 32, o lucro marginal esperado para os ganhos no RPEI, de 0 a 0,30%, foi de R\$ 0,0228 por frango abatido para o segmento de mercado cortes de frango. O ponderador econômico para essa característica pode ser calculado como

$$VE = \frac{R\$ 0,0228}{0,30\%}$$

O ponderador econômico para RPEI foi de R\$ 0,0758 por percentual de rendimento de carne de peito por frango abatido para o segmento de mercado cortes de frango.

6.5.5 Ponderadores econômicos para rendimento de pernas

A relação do RPER com os custos e a receita da cadeia produtiva para a análise econômica desenvolvida pode ser representada na Figura 17.

Figura 17 – Relação do rendimento de pernas (RPER) com os custos e a receita da cadeia produtiva de acordo com a análise desenvolvida

Para a metodologia desenvolvida, o RPER não exerceu influência no custo total da cadeia produtiva, uma vez que o número de frangos abatidos foi mantido constante. A cada unidade percentual de variação positiva na característica, teve-se um aumento médio na receita de R\$ 0,0031 por frango abatido. O efeito esperado no lucro da cadeia produtiva com o progressivo aumento no desempenho do RPER pode ser ilustrado na Figura 18. Esse comportamento foi somente para o segmento de mercado cortes de frango, uma vez que a comercialização final foi estabelecida na venda de cortes.

Figura 18 – Comportamento do lucro da cadeia produtiva por unidade de variação percentual de rendimento de pernas para o segmento de mercado cortes de frango

O lucro marginal para os ganhos no RPER, de 0 a 0,20%, assumiu comportamento linear crescente, como ilustra a Figura 18, de R\$ 0,0126 por frango abatido. O ponderador econômico para essa característica pode ser calculado como

$$VE = \frac{R\$ 0,0126}{0,20\%}$$

O ponderador econômico para RPER foi de R\$ 0,0629 por percentual de rendimento de pernas por frango abatido.

6.6 Ponderadores econômicos relativos

Os ponderadores econômicos obtidos foram padronizados para o valor genético-econômico expresso pelo produto do desvio-padrão genético aditivo direto da característica e o respectivo ponderador econômico. Dessa forma, retirou-se o efeito das unidades das características selecionadas possibilitando a comparação dos resultados.

Os dados de desvio-padrão genético aditivo direto e do valor genético-econômico para as características selecionadas são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 – Desvio-padrão genético aditivo direto ($\hat{\sigma}_a$) e respectivo valor genético-econômico ($VE \times \hat{\sigma}_a$), em R\$, para cada característica selecionada de acordo com os dois segmentos de mercado

Característica ¹	$\hat{\sigma}_a$	Frango inteiro		Cortes de frango	
		VE ²	$ VE \times \hat{\sigma}_a$	VE ²	$ VE \times \hat{\sigma}_a$
CA	0,0933	-1,1783	0,11	-1,1783	0,11
PC	127,4801	0,0007	0,09	0,0006	0,07
RCAR	0,8214	0,0552	0,05	-	-
RPEI	0,8982	-	-	0,0758	0,07
RPER	0,6461	-	-	0,0629	0,04

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

² VE = ponderador econômico expresso em R\$/unidade da característica.

A CA apresentou importância econômica de destaque entre as características selecionadas independente do mercado de carne de frango analisado. Tal fato já era esperado, uma vez que a taxa de conversão alimentar tem no seu conteúdo o custo de ração por unidade

de peso corporal produzido que representou, neste estudo, 61% do custo total do sistema de produção automatizado estabelecido.

O valor genético-econômico e a importância econômica relativa entre as características de desempenho e carcaça selecionadas, para cada segmento de mercado de carne de frango analisado, são apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 – Valor genético-econômico ($VE \times \hat{\sigma}_a$), em R\$, e a importância econômica relativa das características de desempenho em relação às características de carcaça selecionadas para cada segmento de mercado analisado

Mercado	$VE \times \hat{\sigma}_a$					$\frac{CA + PC}{RCAR}$	$\frac{CA + PC}{RPEI + RPER}$
	CA	PC	RCAR	RPEI	RPER		
Frango inteiro	0,11	0,09	0,05	-	-	4,0	-
Cortes de frango	0,11	0,07	-	0,07	0,04	-	1,6

¹ CA = taxa de conversão alimentar; PC = peso corporal à seleção juvenil (g); RCAR = rendimento de carcaça (%); RPEI = rendimento de carne de peito (%); RPER = rendimento de pernas (%).

Conforme pode ser observado na Tabela 34, para o segmento de mercado cortes de frango, as características de carcaça foram quase tão importantes quanto às de desempenho, uma vez que mais componentes são valorizados na comercialização final.

Na literatura não foram encontrados resultados em frangos para a comparação com os obtidos neste estudo. Em bovinos de corte, Phocas, Bloch e Chapelle (1998) verificaram que as características de crescimento foram duas vezes mais importantes economicamente quando comparadas às de carcaça. Entretanto, esses mesmos autores relatam ser difícil comparar os resultados de um estudo a outros, uma vez que as características, o nível médio de desempenho, os sistemas de produção, os ambientes e, neste caso, as espécies analisadas tendem a diferir consideravelmente.

6.7 Índices econômicos de seleção

Com base nos resultados foram propostos dois índices econômicos de seleção, um para cada segmento de mercado analisado. O primeiro índice (ÍNDICE CARCAÇA) foi proposto para o segmento de mercado frango inteiro considerando os valores genéticos (VG) dos indivíduos para CA, PC e RCAR ponderados pelos respectivos valores econômicos obtidos, como se segue:

$$\text{ÍNDICECARÇA} = -1,1783 * \text{VG}_{\text{CA}} + 0,0007 * \text{VG}_{\text{PC}} + 0,0552 * \text{VG}_{\text{RCAR}}$$

Para o segmento de mercado cortes de frango, um segundo índice econômico de seleção (ÍNDICE CORTES) foi proposto considerando os VG dos indivíduos para CA, PC, RPEI e RPER ponderados pelos respectivos valores econômicos obtidos, como se segue:

$$\text{ÍNDICECORTES} = -1,1783 * \text{VG}_{\text{CA}} + 0,0006 * \text{VG}_{\text{PC}} + 0,0758 * \text{VG}_{\text{RPEI}} + 0,0629 * \text{VG}_{\text{RPER}}$$

As características de carcaça consideradas nos índices econômicos de seleção diferem de acordo com o segmento de mercado de carne de frango analisado. Isso faz sentido, uma vez que a comercialização final é diferente. Contudo, as características de desempenho, por representarem grande importância na rentabilidade da cadeia produtiva simulada, fizeram parte dos dois índices.

6.7.1 Estimativas de correlação de ordem

As estimativas de correlação por postos de Spearman entre os valores preditos pelos dois índices econômicos de seleção foram significativas ($P < 0,0001$) e iguais a 0,92 e 0,94 respectivamente para os machos e as fêmeas. Embora não tenha sido verificada 100% de coincidência na classificação das aves pelos dois índices, o alto valor encontrado indica que as aves seriam classificadas de forma similar.

Entretanto, quando se analisou a classificação das aves superiores com base nesses dois índices ao serem selecionados 1, 3 e 5% dos machos, as proporções de aves coincidentes foram de 51,29, 64,67 e 66,47%, respectivamente. Já com relação às fêmeas, as proporções de aves coincidentes foram 64,49, 67,65 e 69,82% respectivamente para 8, 12 e 16%.

Segundo Crews e Franke (1998), valores de correlações de ordem inferiores a 70% refletem alterações importantes na classificação dos animais e essas alterações comprometem a seleção e o progresso genético. Neste estudo, quando são analisadas as aves que serão selecionadas para a reprodução, os valores obtidos para as correlações de ordem, tanto nos machos quanto nas fêmeas, indicam que a classificação das aves com base nos dois índices de seleção é muito diferente. Consequentemente, muitos animais de menor potencial genético podem estar classificados incorretamente entre aqueles geneticamente superiores quando da seleção das aves para um segmento de mercado é baseada na classificação gerada pelo índice para outro segmento de mercado, prejudicando a eficiência da seleção.

É possível entender que nem sempre os melhores animais para um determinado fim são os melhores para outro. Portanto, índices de seleção distintos devem ser considerados enquanto segmentos diferentes de mercado de carne de frango na proposta de maior eficiência econômica da utilização do mérito genético predito.

Isso corrobora a tendência de especialização para a produção de frangos, fazendo com que se produzam, dentro das linhagens comerciais, produtos especiais para atender mercados específicos. Na indústria avícola, as mudanças de mercado são bastante comuns e, portanto, cada vez mais ela definirá o produto a ser utilizado com base nos benefícios que este proporcionará em toda a cadeia, da reprodução ao processamento pós-abate.

7 CONCLUSÕES

Todas as oito características de desempenho e carcaça avaliadas são passíveis de seleção esperando progresso genético na população estudada. A herdabilidade para o efeito genético aditivo direto variou entre 0,17 e 0,53, sendo que a grande maioria apresentou magnitude moderada. Os efeitos maternos foram importantes, mesmo de pequena magnitude (0,02 a 0,06), e não devem ser ignorados nos modelos de avaliação genética a fim de obter maior acurácia da predição dos valores genéticos individuais. As correlações genéticas entre o efeito genético aditivo direto e materno foram negativas de média a alta magnitude. Tal antagonismo poderia ser mais bem investigado considerando as covariâncias de ambiente entre mãe e progênie nos modelos de avaliação genética e também a inclusão da capacidade de ajuste da estrutura de variância residual necessária para os efeitos maternos nos pacotes dos programas usuais.

Nas análises econômicas a função lucro assumiu comportamento linear com o progressivo aumento no desempenho das características de desempenho e carcaça selecionadas, possibilitando derivar ponderadores econômicos confiáveis para uma amplitude de variação elástica no desempenho dessas características. A característica taxa de conversão alimentar, tanto para o segmento de mercado frango inteiro quanto para cortes de frango, representou relevante impacto econômico e deve ser considerada nos objetivos de seleção para frangos de corte. As características de carcaça foram economicamente tão importantes quanto às de desempenho, quando da análise do segmento de mercado cortes de frango, demonstrando que a inclusão dessas características em índices de seleção para tal segmento faz-se necessária.

Os índices de seleção propostos para os dois segmentos de mercado de carne de frango alteraram a classificação das aves à medida que diminuiu a proporção de aves selecionadas. Assim, índices de seleção diferentes podem influenciar a seleção dos animais superiores, o que merece mais atenção e estudos. Portanto, índices de seleção distintos devem ser considerados enquanto segmentos diferentes de mercado de carne de frango na proposta de maior eficiência econômica da utilização do mérito genético predito.

REFERÊNCIAS

AGGREY, S.E.; CHENG, K.M. Genetic and posthatch parental influences on growth of pigeon squabs. **Journal of Heredity**, Washington, v.84, n.3, p.184-187, May 1993.

AGGREY, S.E. et al. Genetic properties of feed efficiency parameters in meat-type chickens. **Genetic Selection Evolution**, London, v.42, art.25, June 2010.

AGROCERES ROSS. Agrocere Ross Melhoramento Genético de Aves. **Manual de manejo de frangos agross**. Campinas: UmDesign, 2004.

ARGENTÃO, C. et al. Genetic and phenotypic parameters of growth and carcass traits of a male line of broilers raised in tropical conditions. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7th, 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: WCGALP, 2002. 1 CD-ROM.

ASLAM, M.L. et al. Genetic variances, heritabilities and maternal effects on body weight, breast meat yield, meat quality traits and the shape of the growth curve in turkey birds. **BMC Genetics**, London, v.12, art.14, Jan. 2011.

AVIAGEN. **Broiler performance objectives - Ross**. Huntsville: Aviagen Inc., 2007. 1 CD-ROM.

ÁVILA, V. et al. **Boas práticas de produção de frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, set. 2007. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 54). Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_s8t285e.pdf>. Acesso em: 23 set. 2010.

AZEVEDO JUNIOR, P.C. et al. Comparação de metodologias para estimação de parâmetros genéticos em população de aves submetida à seleção. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.54, n.5, p.518-524, out. 2002.

BERGMANN, J.A.G. Avaliação genética: conceitos básicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 1., 1994, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 1994. p.34-41.

BIJMA, P. Estimating maternal genetic effects in livestock. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.84, n.4, p.800-806, Apr. 2006.

BITTENCOURT, T.C.C. et al. Derivação de ponderadores econômicos para características produtivas em gado de corte usando equações de lucro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1998. p.422-423.

BOLDMAN, K.G. et al. **A manual for use of MTDFREML**: a set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). Lincoln: ARS-USDA, 1995.

BOURDON, R.M. Shortcomings of current genetic evaluation systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n.9, p.2308-2323, Sept. 1998.

BOURDON, R.M. **Understanding animal breeding**. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000.

BRINKS, J.W.; CLARK, R.T.; RICE, F.J. Estimation of genetic trends in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.20, n.4, p.903, Nov. 1961.

BRUMATTI, R.C. **Desenvolvimento de um modelo bio-econômico para a determinação de ponderadores econômicos utilizados em índices de seleção em gado de corte**. 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

CAMERON, N.D. **Selection indices and prediction of genetic merit in animal breeding**. Oxford: CABI International, 1997.

CAMPOS, E.J.; PEREIRA, J.C.C. Melhoramento genético das aves. In: PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2004. Cap.18, p.393-420.

CARDOSO, V.L. et al. Objetivos de seleção e valores econômicos de características de importância econômica para um sistema de produção de leite a pasto na região sudeste. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.320-327, mar./abr. 2004.

CHAMBERS, J.R. Genetics of growth and meat production in chickens. In: CRAWFORD, R.D. **Poultry breeding and genetics**. Amsterdam: Elsevier, 1990. Chap.25, p.599-643. (Developments in Animal and Veterinary Sciences Series).

CHAPUIS, H. et al. Multivariate restricted maximum likelihood estimation of genetic parameters for production traits in three selected turkey strains. **Genetic Selection Evolution**, Les Ulis, v.28, n.3, p.299-317, Apr. 1996.

CLÉMENT, V. et al. Simulation analysis to test the influence of model adequacy and data structure on the estimation of genetic parameters for traits with direct and maternal effects. **Genetics Selection Evolution**, Les Ulis, v.33, n.4, p.369-395, July/Aug. 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção: 2005 a 2010. 2010a.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1289&t=2>>. Acesso em: 6 set. 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab.** Brasília: Conab, 2010b.

CREWS, D.H.; FRANKE, D.E. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage Brahman inheritance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n.7, p.1803-1809, July 1998.

DICKERSON, G. Efficiency of animal production – modeling the biological components. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.30, n.6, p.849-859, June 1970.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Custos de produção: 2006 a 2010.** Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/?ids=Sn6p54k7p>>. Acesso em: 6 set. 2010.

ETCHES, R.J. **Reproduction in poultry.** Wallingford: CAB International, 1996.

EUCLIDES FILHO, K. **Melhoramento genético animal no Brasil: fundamentos, história e importância.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1999a. (Série Embrapa Gado de Corte).

EUCLIDES FILHO, K. Retrospectiva e desafios da produção de ruminantes no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999b. 1 CD-ROM.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics.** 4th ed. Essex: Longman, 1996.

FATHI, A.R.; VAEZ TORSHIZI, R.; EMAM JOMEH KASHAN, N. Maternal effects on production and reproduction traits in a commercial broiler line. **Pajouhes-va-Sazandegi**, Tehran, v.18, n.2, p.16-21, summer 2005.

FLEMMING, J.S.; JANZEN, S.A.; ENDO, M.A. Rendimento de carcaça em linhagens comerciais de frango de corte. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v.4, n.1, p.61-63, 1999.

FORMIGONI, I.B. **Estimação de valores econômicos para características componentes de índices de seleção em bovinos de corte**. 2002. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

FORMIGONI, I.B. **Objetivos de seleção para a pecuária de corte: visão atual e de futuro**. 2006. 109 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

GAYA, L.G. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para medidas de ultrasonografia de músculo peitoral e características de carcaça em linhagem macho de frangos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

GAYA, L.G. et al. Heritability and genetic correlation estimates for performance and carcass and body composition traits in a male broiler line. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, n. 5, p.837-843, May 2006.

GERSTMAYR, S. Impact of the data structure on the reliability of the estimated genetic parameters in an animal model with maternal effects. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.109, p.321-336, 1992.

GJEDREM, T. A study on the definition of the aggregate genotype in a selection index. **Acta Agriculturae Scandinavica**, Stockholm, v.22, n.1, p.11-16, 1972.

GROEN, A.F. et al. Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. Report of an EAAP-working group. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.49, n.1, p.1-21, Aug. 1997.

GROEN, A.F. et al. A deterministic model for the economic evaluation of broiler production systems. **Poultry Science**, Champaign, v.77, n.7, p.925-933, July 1998.

GROENEVELD, E; KOVAČ, M.; MIELENZ, N. **VCE: user's guide and reference manual**. Version 6.0. 2008. Disponível em: <ftp://ftp.tzv.fal.de/pub/vce6/doc/vce6-manual-3.1-A4.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2010.

GROENEVELD, E; KOVAČ, M.; MIELENZ, N. **PEST 2: user's guide and reference manual**. Version 2.0. Urbana: Department of Animal Science, University of Illinois, 2009.

GROSSO, J.L.B.M. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos para características de desempenho e de carcaça em linhagem macho de frangos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

GROSSO, J.L.B.M. et al. Comparison of different models to estimate genetic parameters for carcass traits in a commercial broiler line. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.9, n.2, p.908-918, May 2010.

HARMS, R.H. Specific gravity of eggs and eggshell weight from commercial layers and broiler breeders in relation to time of oviposition. **Poultry Science**, Champaign, v.70, n.5, p.1099-1104, May 1991.

HARRIS, D.L. Livestock improvement: art, science, or industry? **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, n.9, p.2294-2302, Sept. 1998.

HARRIS, D.L.; NEWMAN, S. How does genetic evaluation become economic improvement? In: SYMPOSIUM ON APPLICATION OF EXPECTED PROGENY DIFFERENCES TO LIVESTOCK IMPROVEMENT, 84., 1992. Pittsburgh. **Proceedings...** Pittsburgh: American Society of Animal Science, 1992. p.1-30.

HARRIS, D.L.; NEWMAN, S. Breeding for profit: synergism between genetic improvement and livestock production (a review). **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, n.8, p.2178-2200, Aug. 1994.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v.28, n.6, p.476-490, Nov. 1943.

HOHENBOKEN, W.D. Maternal effects. In: CHAPMAN, A.B. **General and quantitative genetics**. Amsterdam: Elsevier, 1985. Chap.7, p.135-149. (World Animal Science Series).

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

JESUS JUNIOR, C. et al. A cadeia da carne de frango: tensões, desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n.26, p.191-232. set. 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2607.pdf>. Acesso em: 14 out. 2008.

JIANG, X.; GROEN, A.F.; BRASCAMP, E.W. Economic values in broiler breeding. **Poultry Science**, Champaign, v.77, n.7, p.934-943, July 1998.

JONES, H.E. et al. Economic values for changes in carcass lean and fat weights at a fixed age for terminal sire breeds of sheep in the UK. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.89, n.1, p.1-17, Aug. 2004.

JORGE JÚNIOR, J.; CARDOSO, V.L.; ALBUQUERQUE, L.G. Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.5, p.2187-2196, set./out. 2006.

JOX. **Resumo anual de 2009**: evolução de cotações do mercado agropecuário. Pirassununga: JOX Assessoria Agropecuária Ltda., 2009.

JOX. **Resumo anual de 2010**: evolução de cotações do mercado agropecuário. Pirassununga: JOX Assessoria Agropecuária Ltda., 2010.

KOERHUIS, A.N.M.; McKAY, J.C. Restricted maximum likelihood estimation of genetic parameters for egg production traits in relation to juvenile body weight in broiler chickens. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.46, n.2, p.117-127, Aug. 1996.

KOERHUIS, A.N.M., THOMPSON, R. Models to estimate maternal effects for juvenile body weight in broiler chicken. **Genetic Selection Evolution**, Les Ulis, v.29, n.2, p.225-249, June 1997.

KOERHUIS, A.N.M. et al. A genetic analysis of egg quality traits and their maternal influence on offspring-parental regressions of juvenile body weight performance in broiler chickens. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.49, n.3, p.203-215, Sept. 1997.

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**, London, v.39, n.3, p.346-353, July 1998.

LE BIHAN-DUVAL, E. et al. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC Genetics**, London, v.9, art.53, Aug. 2008.

LESSON, S.; SUMMERS, J.D. **Broiler breeder production**. Guelph: University Books, 2000.

LOPES, P.S.; QUAAS, R.L. Estimação de parâmetros genéticos em aves de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.26, n.6, p.1119-1123, nov./dez. 1997.

LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer, 1998.

MELO, C.M.R. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos de caracteres de desempenho e carcaça em um cruzamento experimental de linhagens de aves de corte e postura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. 1 CD-ROM.

MENDES, A.A.; PATRÍCIO, I.S. Controles, registros e avaliação do desempenho de frangos de corte. In: MENDES, A.A.; NÄÄS; I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. Cap.20, p.323-335.

MENDES, A.A.; SALDANHA, E.S.P.B. A cadeia produtiva da carne de aves no Brasil. In: MENDES, A.A.; NÄÄS; I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, 2004. Cap.1, p.1-22.

MEYER, K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.31, n.3-4, p.179-204, June 1992.

MEYER, K. Estimates of genetic parameters for weaning weight of beef cattle accounting for direct-maternal environmental covariances. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.52, n.3, p.187-199, Dec. 1997.

MICHELAN FILHO, T. Programa de melhoramento genético de aves da Agrocere. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 3., 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2000. p.63-65.

MICROSOFT. **Microsoft Office 2010**. São Paulo, 2010. 1 CD-ROM.

MIELE, M. et al. **Coefficientes técnicos para cálculo do custo de produção de frango de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, dez. 2010. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 483). Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_e3k24c1s.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2011.

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

NAVARRO, P. et al. Genetic parameters for blood oxygen saturation, body weight and breast conformation in 4 meat-type chicken lines. **British Poultry Science**, London, v.47, n.6, p.659-670, Dec. 2006.

NORRIS, D.; NGAMBI, J.W. Genetic parameter estimates for body weight in local Venda chickens. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v.38, n.7-8, p.605-609, Oct. 2006.

NOVENTA anos de história: de C&Q a Cães e Gatos. **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, v.90, n.1071, p.20-65, nov. 1999. Edição especial.

NUNES, B.N. **Parâmetros genéticos e fenotípicos de peso corporal ao abate e características de carcaça em cruzamentos recíprocos de aves**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

PAKDEL, A. et al. Direct and maternal genetic effects for ascites-related traits in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.81, n.9, p.1273-1279, Sept. 2002.

PANETO, J.C.C. **Comparação entre as tendências genéticas e econômicas de um rebanho de suínos**. 1998. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 1998.

PEIXOTO, J.O. et al. Avaliação genética de características de desempenho em população referência para validação de estudos genômicos em frango de corte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2010. 1 CD-ROM.

PHOCAS, F.; BLOCH, C.; CHAPELLE, P. Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.57, n.1, p.49-65, Dec. 1998.

PINAZZA, L.A.; LAUANDOS, I.P. Voando a mil: da explosão da produção à competição acirrada das indústrias em um mercado saturado, o setor mostra suas asas. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, n.20, v.8, p.12-17, ago. 2000.

PITA, F.V.C.; ALBUQUERQUE, L.G. Comparação de diferentes modelos para avaliação genética de características de desempenho pós-desmama em suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1720-1727, nov./dez. 2001.

POLLOCK, D.L. Maximizing yield. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.8, p.1131-1133, Aug. 1997.

PONZONI, R.W.; GIFFORD, D.R. Developing breeding objectives for Australian cashmere goats. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.107, n.2, p.351-370, Feb. 1990.

PONZONI, R.W.; NEWMAN, S. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. **Animal Production**, Bletchley, v.49, n.1, p.35-47, Aug. 1989.

PRADO-GONZÁLEZ, E.A.; RAMÍREZ-AVILA, L.; SEGURA-CORREA, J.C. Genetic parameters for body weights of Creole chickens from Southeastern México using an animal model. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.1, 2003. Disponível em: <<http://www.lrrd.org/lrrd15/1/prad151.htm>>. Acesso em: 19 out. 2009.

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**, London, v.43, n.4, p.518-527, Sept. 2002.

RAO, C.R. **Linear statistical inference and its applications**. 2nd ed. New York: Wiley, 2002. (Wiley Series in Probability and Statistics)

REECE, W.O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

REZENDE, F.M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características de desempenho e carcaça em uma linhagem macho de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Resumos...** Santos: FACTA, 2005. p.160. 1 CD-ROM.

ROBINSON, D.L. Models which might explain negative correlations between direct and maternal genetic effects. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.45, n.2-3, p.111-122, May 1996.

SAATCI, M.; OMED H.; AP DEWI, I. Genetic parameters from univariate and bivariate analyses of egg and weight traits in Japanese quail. **Poultry Science**, Champaign, v.85, n.2, p.185-190, Feb. 2006.

SAS INSTITUTE. **User's guide: statistics**. Cary: SAS Institute Inc., 2004.

SERAJ, A.; VAEZ TORSHIZI, R.; PAKDEL, A. Effective factors on genetic parameters of day-old chicken body weight in a commercial broiler line. **Global Veterinaria**, Dubai, v.5, n.5, p.268-271, Sept. 2010.

SCHEUERMANN, G.N. et al. Comparison of chicken genotypes: myofiber number in pectoralis muscle and myostatin ontogeny. **Poultry Science**, Champaign, v.83, n.8, p.1404-1412, Aug. 2004.

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

UBABEF. União Brasileira de Avicultura. **A indústria avícola**. 2010. Disponível em: <<http://www.brazilianchicken.com.br/industria-avicola/historia-avicola.php>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual 2010/2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=2761>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

USDA. United States Department of Agriculture. In: UBABEF. **Relatório anual 2010/2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=2761>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

VARGAS, B. et al. Economic values for production and functional traits in Holstein cattle of Costa Rica. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.75, p.101-116, June 2002.

VAYEGO, S.A. **Uso de modelos mistos na avaliação genética de linhagens de matrizes de frango de corte**. 2007. 104 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VIDAL, A.G.R. **FoxPro for Windows: básico**. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

WELLER, J.I. **Economic aspects of animal breeding**. London: Chapman and Hall, 1995.

WILLHAM, R.L. Problems in estimating maternal effects. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.7, n.5, p.405-418, Nov. 1980.

YANG, A. et al. Heterosis and developmental stability of body and organ weights at hatch for parental line broiler breeders and specific crosses among them. **Poultry Science**, Champaign, v.78, n.7, p.942-948, Aug. 1999.

ZEREHDARAN, S. et al. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.83, n.4, p.521-525, Apr. 2004.

ZEREHDARAN, S. et al. Effect of age and housing system on genetic parameters for broiler carcass traits. **Poultry Science**, Champaign, v.84, n.4, p.833-838, Apr. 2005.

APÊNDICE

APÊDICE A – Principais cálculos utilizados na elaboração do modelo bioeconômico

Dados

Informações para a caracterização da cadeia produtiva, tais como indicadores de produtividade, coeficientes técnicos de produção e taxas, principalmente para o produtor comercial integrado, que serão utilizadas para os cálculos da análise econômica subsequente.

✓ Número de lotes ano:

$[365 - (\text{intervalo troca de cama} - \text{intervalo entre lotes})] / (\text{idade de abate} + \text{intervalo entre lotes})$

✓ Número de frangos entregues (cabeças/lote):

$\text{N}^\circ \text{ de pintos de corte alojados} * \text{viabilidade frango} / 100$

✓ Peso final do lote (kg/lote):

$\text{N}^\circ \text{ de frangos entregues} * \text{peso final frango}$

Instalações e equipamentos

Os cálculos a seguir foram baseados para as instalações, mas seguem semelhante raciocínio para os equipamentos.

✓ Depreciação das instalações (R\$/ano):

$[\text{Valor instalações} * (1 - \text{valor residual instalações} / 100)] / \text{vida útil instalações}$

✓ Depreciação (R\$ /lote):

$(\text{Depreciação anual instalações} + \text{depreciação anual equipamentos}) / \text{n}^\circ \text{ de lotes ano}$

✓ Manutenção das instalações (R\$/ano):

$\text{Valor instalações} * \text{taxa anual manutenção} / 100$

✓ Manutenção (R\$/lote):

$(\text{Manutenção anual instalações} + \text{manutenção anual equipamentos}) / \text{n}^\circ \text{ de lotes ano}$

Ração

O cálculo foi efetuado considerando o somatório por tipo de ração fornecida para cada fase do desenvolvimento do frango: inicial, crescimento e final. Para as matrizes, o cálculo foi efetuado com base no consumo médio total para o ciclo de produção.

✓ Consumo total de ração frango (kg/lote):

$\Sigma \{ \text{Consumo ração fase frango} * [(\text{n}^\circ \text{ de pintos de corte alojados} + \text{n}^\circ \text{ de frangos entregues}) / 2] \}$

✓ Ração frango (R\$/lote):

$\text{Consumo total ração frango} * \text{preço médio ração frango}$

- ✓ Consumo total de ração matriz (kg/lote):

Consumo ração matriz * nº de matrizes início de postura

- ✓ Ração matriz (R\$/lote):

Consumo total ração matriz * preço médio ração matriz

Insumos

- ✓ Pintos de corte (R\$/lote):

Nº de pintos de corte alojados * preço pintos de corte

- ✓ Produtos veterinários (R\$/lote):

Área aviário * dosagem m^2 * preço produto higienização

- ✓ Consumo total de água (m^3 /lote):

Consumo água dessedentação e resfriamento + consumo água lavagem e desinfecção

- ✓ Água (R\$/lote):

(Consumo água dessedentação e resfriamento * dosagem pastilhas de cloro * preço pastilhas de cloro)

+ (consumo total água * taxa cobrança uso da água)

- ✓ Quantidade média de cama (m^3 /lote):

[Quantidade lote inicial + quantidade reposição * (nº de lotes troca cama – 1)] / nº de lotes troca cama

- ✓ Cama (R\$/lote):

Quantidade média de cama * preço substrato

- ✓ Calefação⁷ (R\$/lote):

(Quantidade botijão de gás * preço botijão de gás) + (quantidade lenha * preço lenha)

- ✓ Energia elétrica (R\$/lote):

Quantidade energia elétrica * preço energia elétrica

Mão de obra

- ✓ Mão de obra (R\$/lote):

(Quantidade mão de obra * salário * 12 / nº de lotes ano) * (1 + encargos sociais e provisões / 100)

- ✓ Serviço de apanha (R\$/lote):

Área aviário * preço serviço de apanha área

- ✓ Visita técnica (R\$/lote):

Nº de frangos entregues * preço visita técnica cabeça

⁷ O gasto de gás para a higienização do aviário (vassoura de fogo) foi contabilizado junto ao uso de gás para a calefação.

Transportes

Os custos com transportes foram classificados em três categorias: pintos de corte, ração e frangos para o abate.

✓ Transportes (R\$/lote):

$(\text{N}^\circ \text{ de pintos de corte alojados} * \text{preço transporte de pintos cabeça}) + (\text{consumo total ração frango} * \text{preço transporte de ração kg}) + (\text{n}^\circ \text{ de frangos entregues} * \text{preço transporte de frangos cabeça})$

Custos

✓ Seguro (R\$/lote):

$(\text{Valor instalação} + \text{valor equipamentos}) * \text{taxa anual de seguro} / 100 / \text{n}^\circ \text{ de lotes ano}$

✓ Eventuais (R\$/lote):

$\text{Total despesa direta lote} * \text{taxa mensal de eventuais} / 100$

✓ Despesas financeiras sobre capital de giro (R\$/lote):

$\text{Custo variável} * [(1 + \text{taxa de juros} / 100)^{\text{idade de abate} / 365} - 1]$

✓ Remuneração sobre capital médio (R\$/lote):

$\{[\text{Valor instalações} * (1 + \text{valor residual instalações} / 100)] + [\text{Valor equipamentos} * (1 + \text{valor residual instalações} / 100)]\} / 2 * \text{taxa de juros} / 100 / \text{n}^\circ \text{ de lotes ano}$

✓ Custo variável (R\$/lote):

$\text{Manutenção} + \text{ração frango} + \text{pintos} + \text{produtos veterinários} + \text{água} + \text{cama} + \text{calefação} + \text{energia elétrica} + \text{mão de obra} + \text{serviço de apanha} + \text{visita técnica} + \text{transportes} + \text{seguro} + \text{eventuais} + \text{despesas financeiras sobre capital de giro}$

✓ Custo fixo (R\$/lote):

$\text{Depreciação} + \text{remuneração sobre capital médio}$

✓ Custo operacional (R\$/lote)

$\text{Custo variável} + \text{depreciação}$

✓ Custo total frango (R\$/lote):

$\text{Custo variável} + \text{custo fixo}$

✓ Custo total abate (R\$/lote):

$\text{Custo total frango} + (\text{n}^\circ \text{ de frangos entregues} * \text{custo abate})$

✓ Custo total cortes (R\$/lote):

$\text{Custo total abate} + (\text{n}^\circ \text{ de frangos entregues} * \text{custo cortes})$

Receitas

✓ Receita venda carcaça (R\$/lote):

$\text{Peso final lote} * \text{rendimento carcaça} * \text{preço carcaça resfriada}$

✓ Receita venda cortes (R\$/lote):

$(\text{Peso final lote} * \text{rendimento peito} * \text{preço peito resfriado}) + (\text{peso final lote} * \text{rendimento coxa} * \text{preço coxa resfriada}) + (\text{peso final lote} * \text{rendimento asa} * \text{preço asa resfriada})$

Resumo

Apresenta alguns índices econômicos e de produtividade da cadeia produtiva.

✓ Custo médio kg frango (R\$/kg):

Custo total frango / peso final lote

✓ Custo médio kg carcaça (R\$/kg):

Custo total abate / total carcaça

✓ Custo médio kg cortes (R\$/kg):

Custo total cortes / total carcaça

O cálculo a seguir foi baseado na comercialização final produto carcaça, mas segue semelhante raciocínio para o produto cortes.

✓ Lucro cadeia (R\$/lote):

Receita venda carcaça – custo total carcaça

APÊDICE B – Simulações: planilha para calcular o lucro da cadeia produtiva

Elo Multiplicador Secundário: Matriz

Microsoft Excel - Modelo_bioeconomico_cadeia produtiva frango.xls [Modo de Compatibilidade]		TRAT BASE	TRAT CA	TRAT PC	TRAT RCAR	TRAT RPEI	TRAT RPER
OPERAÇÃO: MATRIZ							
•	Número de matriz com um dia	28.326	28.326	28.326	28.326	28.326	28.326
•	Vibalidade em recria	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%
•	Matrizes alojadas (início de postura)	26.910	26.910	26.910	26.910	26.910	26.910
•	Custo da matriz (R\$/fêmea)	11,3400	11,3400	11,3400	11,3400	11,3400	11,3400
•							
•	Número de pintos por matriz alojada	148	148	148	148	148	148
•	Produção total de pintos	3.982.683	3.982.683	3.982.683	3.982.683	3.982.683	3.982.683
•							
•	<u>Custos:</u>						
•	• Custo das matrizes (R\$)	321.220,69	321.220,69	321.220,69	321.220,69	321.220,69	321.220,69
•	• Custo com ração (R\$)	743.779,56	743.779,56	743.779,56	743.779,56	743.779,56	743.779,56
•	• Outros custos (R\$)	80.730,07	80.730,07	80.730,07	80.730,07	80.730,07	80.730,07
•	• Custo de incubatório (R\$)	597.402,49	597.402,49	597.402,49	597.402,49	597.402,49	597.402,49
•	Total (R\$)	1.743.132,80	1.743.132,80	1.743.132,80	1.743.132,80	1.743.132,80	1.743.132,80
•	Custo total por pinto (R\$/pinto)	0,4377	0,4377	0,4377	0,4377	0,4377	0,4377
•	Custo total por frango (R\$/frango)	0,4559	0,4559	0,4559	0,4559	0,4559	0,4559
•							
•	OPERAÇÃO: FRANGO						
•							
•	OPERAÇÃO: CARCAÇA						
•							
•	OPERAÇÃO: CORTES						
•							

Elo Processador: Carcaça

Microsoft Excel - Modelo_bioeconomico_cadeia produtiva frango.xls [Modo de Compatibilidade]						
	TRAT BASE	TRAT CA	TRAT PC	TRAT RCAR	TRAT RPEI	TRAT RPER
OPERAÇÃO: MATRIZ						
OPERAÇÃO: FRANGO						
OPERAÇÃO: CARCAÇA						
Rendimento de carcaça	72,00%	72,00%	72,00%	72,25%	72,00%	72,00%
Total de carcaça (kg)	7.300.000	7.300.000	7.465.158	7.325.349	7.300.000	7.300.000
Custos:						
Custo do abate (R\$)	458.805,11	458.805,11	458.805,11	458.805,11	458.805,11	458.805,11
Total (R\$)	12.311.623,43	12.086.367,30	12.494.490,76	12.311.623,43	12.311.623,43	12.311.623,43
Custo total por frango (R\$/frango)	3,2201	3,1612	3,2679	3,2201	3,2201	3,2201
Custo total (R\$/kg de carcaça)	1,6865	1,6557	1,6737	1,6807	1,6865	1,6865
Receitas:						
Total da venda de carcaça (R\$)	15.184.000,00	15.184.000,00	15.527.529,41	15.236.725,88	15.184.000,00	15.184.000,00
Total da venda de carcaça por frango (R\$/frango)	3,9714	3,9714	4,0612	3,9851	3,9714	3,9714
Receita da venda de carcaça (R\$/kg de carcaça)	2,0800	2,0800	2,0800	2,0800	2,0800	2,0800
LUCRO VENDA DE CARCAÇA (R\$)	2.872.376,57	3.097.632,70	3.033.038,65	2.925.102,45	2.872.376,57	2.872.376,57
LUCRO VENDA DE CARCAÇA (R\$/kg de carcaça)	0,3935	0,4243	0,4063	0,3993	0,3935	0,3935
LUCRO VENDA DE CARCAÇA (R\$/frango)	0,7513	0,8102	0,7933	0,7651	0,7513	0,7513
COMPARAÇÃO: outros - TRAT BASE		0,0589	0,0420	0,0138	0,0000	0,0000
OPERAÇÃO: CORTES						

Elo Processador: Cortes

Microsoft Excel - Modelo_bioeconomico_cadeia produtiva frango.xls [Modo de Compatibilidade]		TRAT BASE	TRAT CA	TRAT PC	TRAT RCAR	TRAT RPEI	TRAT RPER
+	OPERAÇÃO: MATRIZ						
+	OPERAÇÃO: FRANGO						
+	OPERAÇÃO: CARCAÇA						
	OPERAÇÃO: CORTES						
.	Rendimento de carne de peito	19,40%	19,40%	19,40%	19,40%	19,70%	19,40%
.	Rendimento de pernas	22,90%	22,90%	22,90%	22,90%	22,90%	23,10%
.	Rendimento de asas	8,10%	8,10%	8,10%	8,10%	8,10%	8,10%
.	Total de cortes (kg)	5.110.355	5.110.355	5.225.974	5.110.355	5.140.774	5.130.634
+	Custos:						
+	Total (R\$)	12.693.961,03	12.468.704,90	12.876.828,36	12.693.961,03	12.693.961,03	12.693.961,03
.	Total por frango (R\$/frango)	3,3201	3,2612	3,3679	3,3201	3,3201	3,3201
.	Custo total (R\$/Kg de carcaça)	1,7389	1,7080	1,7249	1,7329	1,7389	1,7389
-	Receitas:						
+	Total venda de cortes (R\$)	13.666.751,86	13.666.751,86	13.975.954,39	13.666.751,86	13.753.749,57	13.714.813,53
.	Total venda de cortes por frango (R\$/frango)	3,5745	3,5745	3,6554	3,5745	3,5973	3,5871
.	Receita venda de cortes(R\$/kg de carcaça)	1,8722	1,8722	1,8722	1,8657	1,8841	1,8787
.	LUCRO VENDA DE CORTES (R\$)	972.790,83	1.198.046,96	1.099.126,03	972.790,83	1.059.788,54	1.020.852,50
.	LUCRO VENDA DE CORTES (R\$/kg de carcaça)	0,1333	0,1641	0,1472	0,1328	0,1452	0,1398
.	LUCRO VENDA DE CORTES (R\$/frango)	0,2544	0,3133	0,2875	0,2544	0,2772	0,2670
-	COMPARAÇÃO: outros - TRAT BASE		0,0589	0,0330	0,0000	0,0228	0,0126