

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA ANIMAL - EQUINOS

ANÁLISE DA ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS
GENÉTICOS PARA MEDIDAS DE DESEMPENHO ESPORTIVO NA MODALIDADE
SALTO DE CAVALOS DA RAÇA BRASILEIRO DE HIPISMO.

BETHÂNIA DA ROCHA MEDEIROS

Porto Alegre
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA ANIMAL - EQUINOS

ANÁLISE DA ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS
GENÉTICOS PARA MEDIDAS DE DESEMPENHO ESPORTIVO NA MODALIDADE
SALTO DE CAVALOS DA RAÇA BRASILEIRO DE HIPISMO.

BETHÂNIA DA ROCHA MEDEIROS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Medicina Animal: Equinos, pela Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do grau
de Doutor em Medicina Animal.

Orientadora: CONCEPTA MCMANUS PIMENTEL

Co-Orientadora: PETRA GARBADE

Porto Alegre
2014

CIP - Catalogação na Publicação

MEDEIROS, BETHÂNIA DA ROCHA

ANÁLISE DA ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMATIVA DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA MEDIDAS DE DESEMPENHO
ESPORTIVO NA MODALIDADE SALTO DE CAVALOS DA RAÇA
BRASILEIRO DE HIPISMO. / BETHÂNIA DA ROCHA MEDEIROS.

-- 2014.

119 f.

Orientadora: CONCEPTA MCMANUS.

Coorientadora: PETRA GARBADE.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de
Pós-Graduação em Medicina Animal: Equinos, Porto
Alegre, BR-RS, 2014.

1. Brasileiro de Hipismo. 2. equinos. 3. esporte.
4. parâmetros genéticos. 5. salto. I. MCMANUS,
CONCEPTA, orient. II. GARBADE, PETRA, coorient. III.
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

BETHÂNIA DA ROCHA MEDEIROS

ANÁLISE DA ESTRUTURA POPULACIONAL E ESTIMATIVA DE PARÂMETROS
GENÉTICOS PARA MEDIDAS DE DESEMPENHO ESPORTIVO NA MODALIDADE
SALTO DE CAVALOS DA RAÇA BRASILEIRO DE HIPISMO

Aprovado em 30 de Junho de 2014

APROVADO POR

Profa. Dra. Concepta McManus Pimentel
Orientadora e Presidente da Comissão

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Teixeira
Membro da Comissão

Prof. Dr. Jaime Araújo Cobucci
Membro da Comissão

Prof. Dr. José Braccini Neto
Membro da Comissão

Para
Jandenir Cardoso

AGRADECIMENTOS

Humildemente agradeço a Deus, e a todos aqueles que, em seu nome contribuíram para a minha caminhada e realizações até o dia de hoje.

Agradeço aos meus pais, Sônia Regina Medeiros e Salésio da Rocha Medeiros, minhas irmãs Cristina da Rocha Medeiros e Mariana da Rocha Medeiros e ao meu marido Jandenir Cardoso; pelo apoio ao meu trabalho e compreensão pela minha ausência.

Agradeço ainda, imensamente, à minha Orientadora a Dra. Concepta McManus Pimentel, pela recepção, paciência e conhecimentos transmitidos.

À Professora Dra. Maria Inês Mascarenhas Jobim, pela acolhida inicial, e apoio fundamental à minha permanência no Programa de Pós Graduação.

À Associação Brasileira de Criadores de Cavalos de Hipismo e à Professora Dra. Petra Garbade, pelo apoio ao projeto e disponibilização das informações necessárias para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Medicina Animal: Equinos e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino gratuito e de qualidade proporcionado a todos os seus alunos.

RESUMO

A raça Brasileiro de Hipismo (BH) consiste em uma população aberta, selecionada para a modalidade Salto, entre outros esportes equestres. Os objetivos deste estudo consistiram na pesquisa de parâmetros genéticos para características avaliadas subjetivamente durante a Aprovação de Garanhões, e suas correlações genéticas com medidas de desempenho esportivo em competições de salto. A estimativa de indicadores de variabilidade genética e descrição da contribuição individual dos ancestrais de maior importância para a geração atual da raça foi também realizada. Três bancos de dados foram utilizados: um com informações genealógicas de 34.393 animais (PEDIGREE); o segundo com avaliações subjetivas das características morfológicas e funcionais de 294 cavalos (APROVAÇÃO) e o terceiro com 54.852 resultados de competições de salto de 1.596 animais (DESEMPENHO). A análise de PEDIGREE foi realizada duas vezes: para a subpopulação de cavalos nascidos até 1995 (ANTERIOR) e para aquela nascida nos últimos 15 anos (15ANOS) representando a geração atual; e permitiu a estimativa dos parâmetros: endogamia (F) individual e média, tamanho efetivo da população (N_e), número efetivo de fundadores (f_e), número efetivo de ancestrais (f_a) e número de fundadores genoma equivalentes (f_g). A análise conjunta das três bases de dados permitiu a estimação de parâmetros genéticos e correlações genéticas entre os aspectos funcionais avaliados subjetivamente em APROVAÇÃO com os resultados de competições oficiais: classificação em cada percurso de salto executado (CLASSI) e pontuação final resultante de cada classificação (PONTF). Os componentes de (co)variância foram obtidos com a aplicação do Modelo Animal, via metodologia de Máxima Verossimilhança Restrita Livre de Derivadas. O parâmetro N_e estimado por aumento na coancestria foi igual a 188.59 (± 3.24). O parâmetro f_e foi estimado em 466 e 222 para ANTERIOR e 15ANOS; f_a representou o número de ancestrais igual a 274 e 129, respectivamente. A diferença encontrada em f_e e f_a para ANTERIOR e 15ANOS indicou a perda de alelos originais. O aumento na contribuição de alguns fundadores informou a preferência dos criadores por algumas linhagens, sem impactos negativos sobre os níveis de endogamia. As estimativas de herdabilidade (h^2) foram de maior magnitude para as características avaliadas em APROVAÇÃO; particularmente para temperamento ($h^2=0,43$), conformação de dorso-lombo ($h^2=0,42$) e de casco ($h^2=0,40$). Em menor grau, foram importantes para outras características morfológicas como: membro anterior ($h^2=0,37$), cabeça-pescoço ($h^2=0,36$), garupa ($h^2=0,32$), aprumos dinâmicos ($h^2=0,32$) e peito-tórax-ventre ($h^2=0,30$). As características funcionais de maior herdabilidade e com

correlações genéticas (γ_g) favoráveis com resultados de competição esportiva foram: passo ($h^2=0,36$), mecânica de posteriores no salto ($h^2=0,36$) e galope ($h^2=0,35$). As estimativas para CLASSI (h^2 entre 0,00 e 0,09) e PONTF (h^2 entre 0,07 e 0,67) indicaram grande variação ambiental e possibilidade de redução da mesma com a utilização de resultados de eventos específicos, voltados para cavalos com idades padronizadas. As avaliações subjetivas do salto com potencial de resposta favorável à seleção indireta para PONTF, e sem prejuízos à CLASSI, foram elencadas em ordem de importância: potência ($\gamma_g=1,00$), mecânica de membros posteriores ($\gamma_g=0,39$), respeito ($\gamma_g=0,20$), e regularidade ($\gamma_g=0,08$). As estimativas de herdabilidade e correlações genéticas obtidas permitem o direcionamento futuro de um programa de seleção baseado em valores genéticos e critérios passíveis de maior resposta à seleção.

Palavras-chave: Brasileiro de Hipismo, equinos, esporte, parâmetros genéticos, salto.

ABSTRACT

Brasileiro de Hipismo (BH) represents an open population under selection for show jumping and other equestrian sports. The objectives of this study consisted in the estimation of genetic parameters for traits evaluated subjectively during the Stallion's Approval procedure, and their genetic correlations with measures performance in jumping competitions. Indicators of genetic variability and the individual contribution of the most important ancestors for the current generation were also estimated. Three databases were used: one with genealogical information on 34,393 animals (PEDIGREE); the second with subjective assessments of morphological and functional characteristics on 294 horses (APPROVAL) and the third with 54,852 results of jumping competitions on 1,596 horses (PERFORMANCE). PEDIGREE analysis was performed twice: for the subpopulation of horses born until 1995 (PREVIOUS) and the subpopulation of horses born in the last 15 years (15YEARS), representing the current generation. The following parameters were estimated: individual and average inbreeding (F); effective population size (N_e), effective number of founders (f_e), effective number of ancestors (f_a) and number of founder genome equivalents (f_g). Heritability (h^2) was estimated for the available traits, as well as genetic correlations between those subjectively evaluated in APPROVAL with the classification in each competition (CLASSI) and the points resulting from each classification (PONTF) in PERFORMANCE. The (co)variance components were estimated by applying the Animal Model, via Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood methodology. Phenotypic relationships between the APPROVAL traits and PERFORMANCE were also described. N_e estimated by increase in coancestry was equal to 188.59 ($\pm 3:24$). f_e was estimated at 466 and 222 for PREVIOUS and 15YEARS subpopulations; f_a was equal to 274 and 129, respectively. The difference in f_e and f_a from PREVIOUS to 15YEARS indicated a loss of alleles. The increase in the contribution of some founders represented the breeder's preference for some strains, without negative impacts on inbreeding levels. Estimates of heritability (h^2) for each trait were greater for the traits evaluated in APPROVAL; particularly for temperament ($h^2=0,43$), conformation of the back ($h^2=0,42$) and hooves ($h^2=0,40$). Additive genetic variance was also important for some other morphological characteristics including: forelimb ($h^2=0,37$), head-neck ($h^2=0,36$), rump ($h^2=0,32$), pace correctness ($h^2=0,32$) and chest-thorax-abdomen ($h^2=0,30$). The functional traits of greater heritability and favorable genetic correlation (γ_g) with jumping performance in competitions (PONTF) were: walk ($h^2=0,36$), hind limbs mechanics during jumping

($h^2=0,36$) and canter ($h^2=0,35$). Estimates for CLASSI (h^2 from 0,00 to 0,09) and PONTF (h^2 entre 0,07 e 0,67) indicated strong environmental influence. As lower heritabilities were estimated for performance in competitions with high environmental variation the possibility of reduction of such variation was demonstrated by including exclusively results from specific competitions designed for young horses. Subjective assessments for jumping potential which could provide a favorable response to indirect selection for PONTF, were listed in order of importance: power ($\gamma_g=1,00$), hind limbs mechanics during jumping ($\gamma_g=0,39$), respect ($\gamma_g=0,20$), and regularity ($\gamma_g=0,08$). Estimates obtained of heritability and genetic correlations should allow for the future direction of a selection program based on breeding values and scientific criteria.

Key words: Brazilian Sport Horse, equine, genetic parameters, show jumping, sport.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 4.1 Pontuação adotada pela ABCCH, considerando a classificação do animal (CLASSIF.), e número de concorrentes participando da prova (No. CONC):.....	58
Quadro 4.1 Características Avaliadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011, paralelamente às características analisadas no presente trabalho.	56

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1 Características populacionais para algumas das principais raças formadoras do cavalo Brasileiro de Hipismo.	22
Tabela 4.1 Número de animais, número de juízes e total de observações presentes, por ano, no banco de dados APROVAÇÃO.....	57
Tabela 4.2 Estatísticas descritivas para as características da Aprovação de Reprodutores avaliadas entre 2000 e 2011 e consideradas no presente estudo.	64
Tabela 4.3 Resultados da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) de morfologia e funcionais de andamentos do banco de dados APROVAÇÃO.....	66
Tabela 4.4 Componentes de variância obtidos por Modelo Animal para avaliações morfológicas realizadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011....	70
Tabela 4.5 Componentes de variância obtidos por Modelo Animal para avaliações de andamentos realizadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011.....	76
Tabela 4.6. Modelos obtidos da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) funcionais de medidas de aptidão para salto, do banco de dados APROVAÇÃO.....	78
Tabela 4.7 Componentes de variância obtidos por Modelo Animal para avaliações de medidas indicadoras de aptidão para Salto, realizadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011. Valores expressos como proporção da variação total.	83
Tabela 4.8 Estatísticas descritivas para as variáveis incluídas no banco de dados DESEMPENHO.....	87
Tabela 4.9 Modelos obtidos da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) de DESEMPENHO.	87
Tabela 4.10 Número de observações (Nº Obs.), intervalo de idade e médias para: idade, classificação (CLASSI), pontuação final (PONTF), número de concorrentes (NOCONC) e peso do campeonato (PESOCA); para cada nível de altura de obstáculos em DESEMPENHO.....	89
Tabela 4.11 Médias de pontuação final (PONTF) para cada classificação obtida nos diversos eventos considerados.....	92

Tabela 4.12 Valor de Critério de Informação de Akaike (AIC) obtido para os Modelos Fenotípicos de características de DESEMPENHO sob diferentes estruturas para a matriz de (co)variância residual.	93
Tabela 4.13 Número de observações (No Obs.), intervalo de idade e médias para: idade, classificação (CLASSI), pontuação final (PONTF), número de concorrentes (NOCONC) e peso do campeonato (PESOCA); para cada nível de altura em eventos destinados à Cavalos Novos.....	95
Tabela 4.14 Componentes de variância obtidos para classificação (CLASSI) e pontuação final (PONTF) em concursos oficiais de salto entre os anos 2006 e 2011.....	96
Tabela 4.15 Componentes de variância obtidos para classificação (CLASSI) e pontuação final (PONTF) em concursos oficiais da categoria Cavalos Novos entre os anos 2006 e 2011.	96
Tabela 4.16 Componentes de covariância (Cov) e correlações (Y) fenotípica (p), genética (g) e ambiental (e); obtidos em análises bi características entre as medidas funcionais avaliadas durante a APROVAÇÃO e a classificação (CLASSI) em DESEMPENHO.	102
Tabela 4.17 Componentes de covariância (Cov) e correlações (Y) fenotípica (p), genética (g) e ambiental (e), obtidos em análises bicaraterísticas entre as medidas funcionais avaliadas durante a APROVAÇÃO e a pontuação final (PONTF) em DESEMPENHO.	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABCCH	Associação Brasileira de Criadores de Cavalo de Hipismo.
AIC	Critério de Informação de Akaike.
ALT	Altura à cernelha do cavalo.
AMPLI	Escore médio atribuído por um juiz para a amplitude do salto, avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
AP.DINAM	Escore atribuído por um juiz para os aprumos dinâmicos, avaliados com o animal em movimento durante a Aprovação de Reprodutores.
APROVAÇÃO	Banco de dados contendo as notas atribuídas para cada característica avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
ATITU	Escore médio atribuído por um juiz para a atitude do animal avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
BH	Brasileiro de Hipismo.
CASCO	Escore atribuído por um juiz para a conformação dos cascos, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
CBH	Confederação Brasileira de Hipismo.
CCE	Concurso Completo de Equitação.
CDT	Conselho Deliberativo Técnico da raça BH.
CJ	Colégio de Jurados do BH.
CLASSI	Classificação do animal em cada percurso executado na modalidade salto.
CP	Escore atribuído por um juiz para a conformação de cabeça e pescoço, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
DESEMPENHO	Banco de dados contendo resultados de competições oficiais de salto.
EVENTO	Evento esportivo onde ocorreu a competição de salto.
f_a	Número efetivo de ancestrais.
f_e	Número efetivo de fundadores.
FEI	Federação Equestre Internacional.
FLEXI	Escore médio atribuído por um juiz para a flexibilidade do animal avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
GALOPE	Escore atribuído por um juiz para o andamento galope, avaliado durante a Aprovação de Reprodutores.
GARUPA	Escore atribuído por um juiz para a conformação de garupa, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
GENEAL	Escore atribuído por um juiz para a genealogia do animal, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
PEDIGREE	Banco de dados efetivamente utilizado no presente trabalho.
h^2	Herdabilidade.
IMPUL	Escore médio atribuído por um juiz para a impulsão do animal, avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
KWPN	Cavalo de Esporte Real Holandês ou Sela Holandês.
LINHASUP	Escore atribuído por um juiz para a conformação de cernelha, dorso e lombo do animal, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
M.ANT	Escore atribuído por um juiz para a conformação de membros anteriores, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
M.POST	Escore atribuído por um juiz para a conformação de membros posteriores, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
MEC.ANT	Escore médio atribuído por um juiz para a mecânica de membros anteriores do animal, avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de

	Reprodutores.
MEC.POST	Escore médio atribuído por um juiz para a mecânica de membros posteriores do animal, avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
MODELO	Escore atribuído por um juiz para a semelhança do animal com o protótipo do cavalo ideal, avaliado durante a Aprovação de Reprodutores.
N_e	Tamanho efetivo da população.
NOCONC	Número de concorrentes no percurso executado dentro de cada evento esportivo na modalidade salto.
PASSO	Escore atribuído por um juiz para o andamento passo, avaliado durante a Aprovação de Reprodutores.
PC	Perímetro de canela.
PESOAL	Peso atribuído pela ABCCH à altura dos obstáculos do percurso executado.
PESOCA	Peso atribuído pela ABCCH ao campeonato ao qual o evento estava vinculado.
PJ	Perímetro de joelho.
PONT	Pontuação obtida pelo animal no percurso executado, de acordo com a classificação obtida e o número de concorrentes.
PONTF	Pontuação final obtida pelo animal a cada percurso executado, em função da sua pontuação, PESOCA e PESOAL.
POT	Escore médio atribuído por um juiz para a potência do animal avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
PSI	Puro Sangue Inglês.
PT	Perímetro de tórax.
PTV	Escore atribuído por um juiz para a conformação de peito-tórax-ventre, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
REGUL	Escore médio atribuído por um juiz para a regularidade do animal, avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
RESP	Escore médio atribuído por um juiz para o respeito do animal perante o obstáculo, avaliado nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
SALTO	Escore atribuído por um juiz para uma única avaliação de salto, avaliada durante a Aprovação de Reprodutores.
SFr	Sela Francês
SRG	Serviço de Registro Genealógico da raça BH
TEMP	Escore médio atribuído por um juiz para o temperamento do animal, avaliada nos dois dias de salto na Aprovação de Reprodutores.
TROTE	Escore atribuído por um juiz para o andamento trote, avaliado durante a Aprovação de Reprodutores.
WBFSH	“World Breeding Federation for Sport Horses” ou Federação Mundial de Criação de Cavalos de Esporte
γ_g	Correlação genética
γ_p	Correlação fenotípica
γ_e	Correlação ambiental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	CAPÍTULO I - Revisão Bibliográfica	18
2.1	A Raça Brasileiro de Hipismo	18
2.2	Estrutura Populacional	19
2.3	Crítérios de Seleção para Desempenho Esportivo em Cavalos de Salto	23
2.4	Referências.....	26
3	CAPÍTULO II - Estudo 1: Brazilian Sport Horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed	30
3.1	Introduction:.....	32
3.2	Materials and methods:	33
3.3	Results and discussion:	35
3.4	References:.....	42
3.5	Tables:.....	44
3.6	Figures:	48
4	CAPÍTULO III – Estudo 2: Estimativa de parâmetros genéticos para medidas de desempenho esportivo na modalidade salto de cavalos da raça Brasileiro de Hipismo.....	51
4.1	Introdução	51
4.2	Material e métodos.....	52
4.2.1	Informações de PEDIGREE	52
4.2.2	Informações de APROVAÇÃO.....	53
4.2.3	Informações de DESEMPENHO.....	57
4.2.4	Escolha dos Modelos	59
4.2.5	Estimativa dos parâmetros genéticos.....	61
4.3	Resultados e Discussão	63
4.3.1	Características avaliadas em APROVAÇÃO	63
4.3.2	Medidas de DESEMPENHO esportivo:.....	86

4.3.3	Correlações Genéticas	101
4.4	Conclusões	110
4.5	Referências.....	111
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116

1 INTRODUÇÃO

A criação e utilização de equídeos ocupa posição de destaque nos países desenvolvidos e em muitos considerados em desenvolvimento como o Brasil. O país, que abriga 8,1 milhões de equídeos, possui dentre estes o quarto maior rebanho equino do mundo, com 5,8 milhões de cabeças, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e México. Lima et al. (2006) demonstraram que o chamado Complexo do Agronegócio Cavalos, no Brasil, é responsável pela geração de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos, com faturamento anual avaliado em R\$ 7,5 bilhões. Relataram ainda uma tendência de aumento na participação do cavalo de lazer no rebanho nacional, fato perceptível pela observação do crescente número de eventos hípicas de caráter esportivo; um fenômeno mundial que também ocorre no Brasil. As diversas atividades esportivas equestres (hipismo) movimentaram no país valores anuais da ordem de R\$ 705 milhões e empregam cerca de 20.500 pessoas, com a participação estimada de 50 mil atletas.

Dentre as modalidades hípicas, as competições de salto consistem na transposição de um percurso de obstáculos por cada conjunto a fim de demonstrar a “coragem” do cavalo, sua potência, habilidade, velocidade e sua obediência em saltar; assim como as habilidades do concorrente na equitação. Em tais competições, a variedade de percursos constitui um elemento de interesse tanto para cavaleiros e amazonas, como para expectadores (Confederação Brasileira de Hipismo, 2013a).

Atualmente, o cavalo Brasileiro de Hipismo (BH) vem se destacando em competições hípicas nacionais e internacionais, sendo reconhecida pela Federação Mundial para a Criação de Cavalos de Esporte (WBFSH), entidade internacional que reúne as associações de raças de cavalos utilizados para a prática de esportes hípicas em todo mundo. A Associação Brasileira de Criadores de Cavalos de Hipismo (ABCCH) tem objetivos comuns a muitas outras organizações estrangeiras, produtoras de cavalos de esporte: a obtenção de animais competitivos nos níveis mais avançados de cada modalidade, seja ela Adestramento, Salto ou Concurso Completo de Equitação.

Considerando a vocação do Brasil para o agronegócio pode-se imaginar o seu enorme potencial para a produção e exportação de cavalos de esporte. Desta forma, a estimativa de parâmetros genéticos específicos para uma população equina brasileira, com grande potencial esportivo e relevância internacional, permite o direcionamento de programas de seleção baseados em critérios passíveis de resposta. Tais estudos são extremamente relevantes para a manutenção e continuidade do melhoramento genético do cavalo de esporte nacional.

Os objetivos deste estudo incluíram a caracterização genética aprofundada da geração atual da raça BH, através da estimativa de indicadores de variabilidade genética e descrição da contribuição individual dos ancestrais de maior contribuição genética; e consistiram na pesquisa de parâmetros genéticos para medidas de desempenho esportivo na modalidade salto de cavalos da raça Brasileiro de Hipismo, buscando características avaliadas durante a Aprovação de Garanhões que apresentem correlações genéticas favoráveis com medidas de desempenho esportivo posterior.

2 CAPÍTULO I - Revisão Bibliográfica

2.1 A Raça Brasileiro de Hipismo

A Associação Brasileira de Criadores de Cavalo de Hipismo (ABCCH) foi fundada na cidade de São Paulo em 09 de Julho de 1977 com a finalidade de incentivar a criação de cavalos destinados aos esportes hípicos de Salto, Adestramento e Concurso Completo de Equitação (CCE). Desde então é reconhecida pelo Ministério da Agricultura como entidade responsável pelo Serviço de Registro Genealógico (SRG) das raças de equinos utilizadas para a prática do hipismo no país. Os esportes equestres, por sua vez, são regulamentados, coordenados e promovidos mundialmente pela Federação Equestre Internacional (FEI) (Fédération Equestre Internationale, 2014) e nacionalmente pela Confederação Brasileira de Hipismo (CBH) (Confederação Brasileira de Hipismo, 2013a).

A raça Brasileiro de Hipismo (BH) foi formada a partir do acasalamento de um grupo de éguas (éguas Base) com garanhões nacionais ou importados, devidamente inscritos e aprovados para reprodução no SRG das raças formadoras. A ABCCH define como “raças formadoras” aquelas reconhecidas pela Federação Mundial para a Criação de Cavalos de Esporte (WBFSH) e raças de esporte de sangue quente como Puro Sangue Inglês (PSI), Árabe e seus cruzamentos. As chamadas éguas Base constituíram um grupo de fêmeas com ou sem genealogia conhecida, que apresentaram características morfológicas e funcionais, consideradas capazes de produzir produtos dentro do Padrão Racial do Cavalo Brasileiro de Hipismo (ABCCH, 2011).

Dias et al. (2000) analisaram dados do SRG do Cavalo de Hipismo, da Associação Brasileira de Criadores do Cavalo de Hipismo (ABCCH), correspondentes a julho de 1977 a setembro de 1998, e relataram vinte raças como integrantes do banco de dados, sendo as principais: BH (22,5%), animais sem genealogia conhecida (21,9%), PSI (15,0%), Hanoveriana (8,1%), Westfalen (5,2%), Holsteiner (4,8%) e Trakehner (4,1%). Os garanhões predominantemente utilizados até então foram oriundos das raças Puro Sangue Inglês (20,9%), Hanoveriana (16,1%), Westfalen (10,5%), Holsteiner (9,6%) e Trakehner (8,2%). Proporcionalmente, as éguas Base cadastradas representaram 42,8% do total de fêmeas disponíveis para a reprodução. Outras raças de contribuição na população de fêmeas foram a PSI (10,8%) e o próprio BH (36,2%). Os autores concluíram ainda que o grande número de raças utilizado na formação do BH contribuiu para o de coeficiente de endogamia calculado

próximo de zero, e que a grande variabilidade genética encontrada possibilita a implantação de futuros programas de melhoramento genético.

A ABCCH (2011) definiu o Padrão Racial do Cavalo Brasileiro de Hipismo (BH) bem como a forma de seleção de animais, sendo a intensidade de reprodução de cada animal determinada pelo criador. Atualmente, todas as éguas BH e das raças formadoras registradas no SRG e consideradas morfologicamente adequadas segundo a descrição do padrão racial prevista no Regulamento do SRG são admitidas como matrizes; sendo os machos reprodutores escolhidos em julgamentos anuais segundo análises morfológicas, funcionais e genealógicas descritas no regulamento da raça.

O evento intitulado “Aprovação de Garanhões” é realizado com periodicidade anual, sendo promovido e regulamentado pela ABCCH (2011). Nesta ocasião os candidatos a reprodutores machos são apresentados e avaliados publicamente por um número mínimo de três juízes indicados pela ABCCH.

2.2 Estrutura Populacional

O conhecimento de parâmetros populacionais indicadores de variabilidade genética é amplamente recomendado antes do estabelecimento de programas de seleção. No entanto, tais parâmetros podem ser fortemente influenciados por práticas de manejo reprodutivo e de cruzamento. Suas estimativas permitem o estabelecimento de estratégias de seleção adequada ao material genético (Lopes et al., 2013).

Adicionalmente, eventos importantes na história de algumas populações foram demonstrados pelo estudo da sua estrutura populacional. Estudos recentes descreveram a estrutura genética de diversas raças equinas com base em informações de registro genealógico, como por exemplo: Pura Raça Espanhola – Andaluz (Valera et al., 2005); Sela Francês (Dubois, 2007), Hanoveriana (Hamann & Distl, 2008), raças espanholas derivadas do cavalo Árabe (Cervantes et al., 2009), e Cavalo de Esporte Espanhol (Bartolomé et al., 2011). Cunningham et al. (2001) esclareceram a contribuição das linhagens fundadoras da raça PSI utilizando informações de parentesco e microssatélites.

O estudo dos níveis de endogamia e do tamanho efetivo de uma população (N_e) constituem metodologia comumente adotada para a descrição de variabilidade genética. Resultante do acasalamento entre parentes, a endogamia ou consanguinidade implica em um aumento na probabilidade de herança de alelos idênticos por descendência. Tal prática de acasalamento foi utilizada com sucesso em muitas das raças equinas para a produção de

alguns cavalos de desempenho excepcional (Sponenberg, 2000). No entanto, a endogamia, acima de certos níveis, pode comprometer substancialmente o desempenho produtivo e reprodutivo dos rebanhos (Burrow, 1993; Queiroz et al., 2000). O parâmetro N_e , por sua vez, consiste no tamanho de uma população idealizada que poderia originar a mesma taxa de endogamia ou taxa de mudança aleatória nas frequências alélicas observada na população em estudo. Desta forma, o parâmetro está relacionado à taxa de endogamia da população (Falconer, 1987). O número efetivo de fundadores (f_e) e o número efetivo de ancestrais (f_a) complementam as informações com respeito a variabilidade genética. O parâmetro f_e representa o número de animais com igual contribuição, que produziria a mesma variabilidade genética encontrada na população estudada; enquanto que o f_a representa o número mínimo de animais (fundadores ou não) necessário para se explicar a total diversidade genética da população estudada (Gutiérrez & Goyache, 2005).

Cavalos PSI constituem uma das mais antigas raças de equinos domésticos, e foi mundialmente utilizada na formação do cavalo de esporte moderno. Registrada genealógicamente há mais de três séculos, trata-se de uma população fechada de distribuição mundial, com registros de ganhões fundadores nascidos a partir de 1665. Cunningham et al. (2001) confirmaram a estreita base genética da raça, resultando em contribuição genética total de 78% proveniente de apenas 30 fundadores. As estimativas para f_e se mantiveram constantes ao longo do período considerado. Tal estabilidade é esperada em populações onde não há entrada de material genético (Caballero & Toro, 2000).

Análises genealógicas em populações abertas, que permitem a entrada de material genético de outras raças para a reprodução, apresentam características particulares que dificultam as estimativas de variabilidade genética. Nestes casos, a inclusão de informações genealógicas das raças de origem se torna de fundamental importância na identificação precisa dos fundadores e na estimativa de sua contribuição genética para a população em estudo (Hamann & Distl, 2008; Cervantes et al., 2009). Valera et al. (2005) ressaltaram ainda a forte influência da qualidade e integridade dos pedigrees sobre as estimativas de endogamia, de forma que a ausência de informações referentes às gerações anteriores pode levar a subestimativas dos valores reais.

A raça Sela Francesa (SFr) teve sua genealogia analisada por Dubois (2007), que considerou uma população referência de 222.978 cavalos nascidos entre 1974 e 2002, e incluiu 91.586 ancestrais de outras raças. O estudo revelou a forte influência da raça Puro Sangue Inglês (50%), que se manteve na população desde a sua origem apesar do acentuado efeito de perda aleatória de alelos. Tal efeito foi evidenciado pela consideração de que apenas

8 ancestrais foram responsáveis por um terço dos alelos presentes nos animais nascidos no período.

Hamann & Distl (2008) estimaram a variabilidade genética na raça Hanoveriana considerando dados genealógicos. Descreveram a contribuição genética média de outras raças à população estudada, sendo da magnitude de 34,8% de Puro Sangue Inglês (PSI), 7,9% de Trakehner, 2,7% de Árabe, 2,1% de Holsteiner e 0,5% referente à raça Oldenburg. Os autores apontam ainda os 15 garanhões ancestrais de maior contribuição genética para a população referência, sendo que a soma de suas participações totaliza 35%. Somado a isto, tem-se a superioridade do parâmetro f_e em relação ao f_a , evidenciando o uso mais intenso de algumas linhagens, em detrimento de outras, com conseqüente perda aleatória de alelos fundadores (Hamann & Distl, 2008). De acordo com o mesmo trabalho, os criadores de cavalos de esporte tradicionalmente buscaram combinações de “sucesso” entre linhagens de garanhões reconhecidos. Assim, ocorreu a manutenção de linhagens tradicionais de garanhões entre os criadores, de forma que os mesmos procuraram cruzamentos entre as linhagens conhecidas e ingresso ocasional de genética externa.

A raça Trakehner Alemã constitui um rebanho parcialmente fechado, permitindo a entrada de material genético das raças de sangue quente: PSI, Árabe e raças derivadas como o Anglo Árabe e Shagya Árabe. Teegen (2008) relatou a contribuição de 22,3% de genética PSI e 11,7% de origem Árabe para a população Trakehner. A análise fracionada das informações genealógicas, em dois períodos distintos na história da raça (de 1959 a 1990, e de 1990 a 2002), permitiu a demonstração de uma redução drástica no tamanho efetivo da população ao longo do tempo. Tal efeito foi atribuído ao aumento na variância dos tamanhos das famílias, com a utilização mais frequente de alguns poucos garanhões, provavelmente devido à maior disponibilidade de técnicas reprodutivas como a inseminação artificial.

De forma semelhante à raça BH, muitas organizações europeias de criação de cavalos de esporte buscaram a entrada de material genético externo por meio de garanhões registrados em outros SRG (Koenen et al., 2004). Desta forma, países com grandes populações como Alemanha e França, frequentemente exportaram material genético para países com populações reduzidas. A Tabela 2.1 resume os trabalhos que avaliaram a variabilidade genética com base em dados genealógicos de algumas das principais raças formadoras do cavalo Brasileiro de Hipismo.

Tabela 2.1 Características populacionais para algumas das principais raças formadoras do cavalo Brasileiro de Hipismo.

	PSI	SFr	Hanoveriana	Trakehner
Nº de animais na população referência	-	222.978	167.063	13.793
Ano de nascimento	1725 - 1995	1974 – 2002	1980 - 2000	1994 – 2005
Endogamia média (%)	13,0 (\pm 0,014)	1,40	1,33	
N_e	-		372,34	229 / 100*
f_e	28,15	448 / 227 **	244,9	
f_a	-	190 / 53 **	77,73	
f_e/f_a	-		3,15	
Ancestrais explicando 50%	-	102 / 27 **	31	
Ancestrais explicando 33%		8		
Referência	Cunningham et al. (2001)	Dubois (2007)	Hamann & Distl (2008)	Teegen (2008)

* Estimativas para animais nascidos nos períodos compreendidos entre 1959-1990 e 1990-2002, respectivamente.

** Estimativas para animais nascidos nos períodos compreendidos entre 1974-1976 e 2000-2002, respectivamente.

Thorén Hellsten et al. (2008) demonstram resultados consistentes de conectividade genética entre cinco diferentes raças europeias que realizavam testes de progênie similares: Cavalo de Esporte Dinamarquês, Cavalo de Esporte Real Holandês (KWPN), Cavalo de Esporte Sueco e as alemãs Hanoveriana e Holsteiner. As medidas de conexão genética adotadas no estudo foram o número de garanhões em comum, a proporção de progênie de garanhões compartilhados testada em relação ao total de testes para cada par de raças, a variância do efeito fixo de país para progênie testada e ainda a correlação entre estimativas de efeito de país, devida a relações genéticas. O estudo evidenciou o aumento no uso comum de garanhões, principalmente aqueles nascidos no período compreendido entre 1985 e 1997 e que estavam ativos no período de expansão no uso da inseminação artificial equina. Concluíram ainda que conexão genética demonstrada indicou a possibilidade de estimação de correlações genéticas entre características aparentemente similares testadas sob diferentes metodologias em diferentes raças.

Considerando-se a conexão genética de muitas das raças formadoras do Brasileiro de Hipismo, a intensificação do uso de tecnologias reprodutivas tais como congelamento de sêmen e transferência de embriões, e ainda a disponibilidade de metodologias de avaliação genética objetivas e acuradas; tem-se a possibilidade de uso mais frequente de poucos garanhões geneticamente superiores e aumento nas taxas de endogamia na raça nacional. Apesar de sua importância, não há estudos aprofundados sobre a estrutura populacional na raça Brasileiro de Hipismo.

2.3 Critérios de Seleção para Desempenho Esportivo em Cavalos de Salto

Muitas associações europeias aplicam, há muitos anos, programas de seleção baseados em valores genéticos associados à extensa troca de material genético entre as diversas raças de cavalos de esporte existentes. O avanço de técnicas reprodutivas, tais como o congelamento de sêmen, contribuiu significativamente para tal fluxo gênico. As avaliações fenotípicas, por sua vez, têm sido realizadas de forma diferenciada em cada raça, utilizando principalmente informações de testes de desempenho organizados pela própria Associação de Criadores e resultados de competição esportiva.

Tradicionalmente, os testes de desempenho foram realizados a campo ou em estações de teste e incluíram aspectos de conformação e andamentos (passo, trote e galope) avaliados por meio de escores atribuídos por juízes (Saastamoinen et al. 2000). O desempenho atlético, por sua vez, foi avaliado por escores, de forma similar à conformação, ou utilizando resultados de competições esportivas (Ricard et al. 2000).

No entanto, a comparação entre os critérios de seleção aplicados a raças europeias demonstrou a ampla variedade de definições dos mesmos, onde muitos incluíram descrições amplas e pouco precisas para cada quesito. Tendência similar foi relatada para a forma de avaliação de cada característica. Tal fato foi atribuído a real subjetividade e, conseqüentemente, maior dificuldade de avaliação de cavalos em relação a outras espécies. Desta forma, diferentes descrições verbais foram encontradas para características similares (Koenen et al., 2004).

Koenen et al. (2004) e Burns et al. (2004) afirmaram que a maior transparência nos programas de seleção realizados por cada Associação de Criadores, incluindo métodos de avaliação e práticas de seleção, seria capaz de aumentar a eficácia do melhoramento de cavalos de esporte em todos os países.

Desta forma, a investigação de comparações em tais processos de seleção foi iniciada por Thorén Hellsten et al. (2006). Os autores revisaram metodologias de avaliação e estimativas de parâmetros genéticos para cavalos de esporte em 8 países da Europa, que juntos foram responsáveis pela produção anual de 61 mil potros. Um aspecto comum a todas as organizações consistiu na faixa etária de avaliação dos animais testados, cavalos jovens com idade entre 3 e 7 anos. Testes a campo e de desempenho em ambientes padronizados (estações de teste), envolvendo 28% dos potros nascidos, foram relatados pelos autores na Dinamarca e Holanda. A Irlanda, Bélgica e a França avaliaram seus produtos destinados ao esporte utilizando somente resultados de competição, abrangendo 10, 25 e 45% dos

respectivos animais registrados anualmente. Na Suécia, por sua vez, somente informações oriundas de testes a campo foram suficientes para avaliar 43% dos produtos registrados. As Associações Alemãs foram as únicas a adotar as três formas de avaliação em seu programa de seleção, sendo estas: avaliações padronizadas em Estações de Teste, testes a campo e resultados de competições. No entanto, considerando o elevado número de cavalos de esporte nascidos anualmente na Alemanha, os 26.700 potros avaliados anualmente em estações de teste e testes de campo representaram apenas 13% dos nascimentos.

Dubois & Ricard (2007) relataram um processo de seleção fortemente dependente do criador para a raça Sela Francesa, onde todas as éguas registradas foram consideradas aptas à reprodução, enquanto que os garanhões foram aprovados por diferentes processos de acordo com a sua faixa etária de sua candidatura. Neste sistema, os machos candidatos à reprodução com 3 anos de idade passaram por avaliação de andamentos e conformação enquanto candidatos com idade superior foram aprovados com base em seus valores genéticos comparados a um ponto de truncamento, seu próprio desempenho esportivo em competições, ou após avaliação por uma comissão designada para a aprovação. Os valores genéticos mencionados foram estimados por modelo animal desde 1989 utilizando como variável os seguintes resultados de competições entre os 4 e 6 anos de idade: logaritmo das vitórias anuais e desempenho implícito avaliado pela classificação em eventos esportivos individuais. Os autores observaram a adesão dos criadores às estimativas de valores genéticos, sendo que 46% dos nascimentos foram provenientes de machos testados pela sua progênie e 45% das éguas selecionadas haviam sido testadas pelo seu próprio desempenho em competições, resultando intensidades de seleção igual a 1,95 para machos e 0,48 para fêmeas; em acurácia dos valores genéticos iguais a 0,66 e 0,60; e intervalo de geração de 12 e 11,5 anos respectivamente.

Por outro lado, testes a campo para a avaliação de animais jovens foram realizados como pré-requisito para o registro de éguas para reprodução na raça de esporte holandesa KWPN. A princípio somente avaliações de conformação foram realizadas (Koenen et al. 1995) e, com o aumento no interesse no desempenho esportivo, houve a expansão da avaliação também para andamentos e salto em liberdade (Ducro et al. 2007a). Tal avaliação compulsória anterior à reprodução forneceu informações para a estimativa de valores genéticos diretamente para cada animal e também por teste de progênie para os garanhões avaliados nas estações de teste.

Conforme mencionado anteriormente, testes de desempenho em ambientes padronizados para candidatos a garanhão foram realizados em alguns países (Thorén Hellsten

et al., 2006). Tais estações de teste consistiram no alojamento dos candidatos em ambiente padronizado e simultaneamente por períodos de tempo variáveis, alguns com duração de uma semana (Olsson et al. 2008) até 100 dias (Borowska et al., 2011). Nestas estações de teste os candidatos foram avaliados por mais de uma vez em condições uniformes, minimizando assim os efeitos ambientais de cavaleiro e treinamento prévio. No entanto, sabe-se que uma seleção prévia dos candidatos efetivamente ocorreu antes da candidatura, pelo próprio criador ou em eventos realizados com esta finalidade (Ducro et al. 2007b; Olsson et al. 2008). Desta forma, a disponibilidade de informações provenientes de estações de teste para a estimativa de valores genéticos por teste de progênie foi considerada limitada por Ducro et al. (2007a). Por outro lado, Olsson et al. (2008) demonstraram que a acurácia dos valores genéticos para características de salto de ganhões avaliados nas estações de teste, inicialmente estimada entre 0,60 a 0,68; aumentou em até 13% com a inclusão de informações de testes de campo e resultados de competição.

Considerando o desejo dos franceses em incluir novos objetivos de seleção em seu modelo atual e buscando a otimização de programas de seleção para cavalos de salto, Dubois et al. (2008) compararam duas situações simuladas: uma utilizando do modelo desejado pelos criadores com seleção por teste de campo associado a resultados de competição para cavalos jovens; e o segundo por meio de seleção em estações de teste associadas ou não a testes de campo. Surpreendentemente, as diferenças mais importantes não consistiram no contraste entre avaliação em estações de teste ou resultados de competições, mas sim na abrangência das avaliações ao maior número de animais possível. Desta forma, a extensa avaliação de desempenho a campo em qualquer programa de seleção se mostrou necessária, contribuindo diretamente com a precisão das estimativas de valores genéticos, especialmente quando altas intensidades de seleção forem aplicadas (entre 2 e 4% dos indivíduos nascidos). Os autores concluíram ainda que a importância do teste de progênie estaria limitada ao descarte dos ganhões não aprovados, uma vez que os dados demográficos permitiram que somente 12% dos potros nascidos fossem filhos de ganhões testados. Desta forma, uma redução no intervalo de gerações seria possível com o descarte de machos que não tiveram sua contribuição genética comprovada, ou seja, após 7 anos de reprodução.

Possivelmente o sucesso em competições esportivas obtido por produtos das raças que adotaram testes de desempenho nos seus programas de seleção, motivou a expansão desta forma de avaliação. No entanto, certa dificuldade em adesão aos testes por parte dos criadores foi relatada na Inglaterra, onde testes a campo foram implantados em 2002 sob os moldes dos testes Suecos destinados a cavalos de 3 e 4 anos. Tais testes resultaram em reduzido volume

de informações para a avaliação genética e tiveram, em 2005, sua idade alvo alterada para animais mais jovens, com idade de até três anos, buscando o recrutamento de maior quantidade de potros submetidos (Stewart et al., 2011).

De forma semelhante, as avaliações em estações de teste foram voltadas para os esportes de salto e adestramento em um passado recente na Polônia (Borowska et al., 2011). Tendo seus objetivos de seleção sido submetidos a consideráveis alterações, as informações obtidas em testes anuais com duração de 100 dias foram analisadas pelos autores para 494 candidatos a garanhão avaliados entre 2002 e 2008. Neste caso, as dificuldades relatadas consistiram em desafios de outra natureza. Apesar das características funcionais terem apresentado herdabilidades entre 0,50 e 0,87 para os escores acumulados durante o teste, tendências genéticas favoráveis não foram obtidas no decorrer dos anos. Os autores atribuíram a ausência de ganhos genéticos ao excessivo número de características avaliadas, dificultando a estimativa das relações genéticas entre as mesmas. Desta forma a revisão na metodologia de avaliação, buscando maior objetividade nos testes de desempenho, foi sugerida pelos autores.

Considerando-se o longo tempo necessário até que o cavalo atinja seu nível máximo de desempenho esportivo; as evidências científicas de predições viesadas de valores genéticos calculados com base somente em resultados de competições de alto nível de dificuldade e somando-se ainda as diferentes modalidades esportivas dentre os objetivos de seleção de cavalos de esporte; Thorén Hellsten et al. (2006) afirmaram que programas de seleção baseados somente no desempenho dos animais em provas de alto nível resultariam em ganhos genéticos reduzidos, devido a longos intervalos de geração e baixas intensidades de seleção.

2.4 Referências

ABCCH, 2011. Regulamento do Stud Book Brasileiro do Cavalo de Hipismo. In: http://www.brasileirodehipismo.com.br/upload/arquivos/REGULAMENTO_STUDBOOK_FINAL_2011.pdf, acesso em 22/08/2011.

Bartolomé, E.; Cervantes, I.; Valera, M.; Gutiérrez J.P., 2011. Influence of foreign breeds on the genetic structure of the Spanish Sport Horse population. *Livest Sci*, v. 142, pp. 70–79.

Borowska,A.; Wolc,A.; Szwaczkowski,T. 2011. Genetic variability of traits recorded during 100-day stationary performance test and inbreeding level in Polish Warmblood stallions. *Archiv Tierzucht*, v. 4, pp. 327-337.

- Bruns, E. M.; Enns, R. M.; Garrick, D. J. 2004. The status of equine genetic evaluation. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*. v.55, pp.82-86.
- Burrow, H.M. 1993. The effects of inbreeding on productive and adaptive traits and temperament of tropical beef cattle. *Animal Breeding Abstracts* v.61, n.11, pp. 737-751.
- Caballero, A.; Toro, M.A. 2000. Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations. *Genet. Res., Camb.* v.75, pp.331-343.
- Cervantes, I.; Gutiérrez, J.P.; Molina, A.; Goyache, F.; Valera, M. 2009. Genealogical analyses in open populations: the case of three Arab-derived Spanish horse breeds. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v.126, pp. 335–347.
- Confederação Brasileira de Hipismo (CBH). 2013. Regulamento Geral. 81 p.
- Cunningham, E.P.; Dooley, J.J.; Splan, R.K.; Bradley, D.G. 2001. Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contributions of founder lineages to thoroughbred horses. *International Society for Animal Genetics AnimalGenetics*, v. 32, pp.360-364.
- Dias, I.M.G.; Bergmann, J.A.G.; Rezende, A.C.C ; Castro, G.H.F. 2000. Formação e estrutura populacional do equino Brasileiro de Hipismo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 52, pp. 647-654.
- Dubois, C. 2007. Modélisation des programmes de sélection dans l'élevage du cheval de sport français. Thèse. 282 p. In: http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/50/08/98/PDF/these_versioncomplete.pdf. Acesso em 22/08/2011.
- Dubois, C.; Manfredi, E.; Ricard, A. 2008. Optimization of breeding schemes for sport horses. *Livestock Science*, v. 118, p. 99–112.
- Dubois, C.; Ricard, A. 2007. Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Français breed and suggestions for the future. *Livestock Science*, v. 112, pp. 161–171.
- Ducro, B.J.; Koenen, E.P.C.; van Tartwijk, J.M.F.M.; Bovenhuis, H. 2007a. Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science*, v. 107, pp. 227–234.
- Ducro, B.J.; Koenen, E.P.C.; van Tartwijk, J.M.F.M.; van Arendonk, J.A.M. 2007b. Genetic relations of First Stallion Inspection traits with dressage and show jumping performance in competition of Dutch warmblood horses. *Livestock Science*, v.107, pp. 81-85.

- Falconer, D.S. 1987. Introdução à genética quantitativa. Trad. De Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa. UFV. Imprensa Universitária. 279 p.
- Fédération Equestre Internationale. 2014. Dressage Rules. Switzerland. 124 p.
- Gutiérrez, J. P.; Goyache, P. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analysing pedigree information. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v.122, pp. 172-176.
- Hamann, H.; Distl, O. 2008. Genetic variability in Hanoverian warmblood horses using pedigree analysis. *Journal of Animal Science*, v.86, pp.1503–1513.
- Koenen, E.P.C.; Aldridge, Philipsson, J. 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science*, v. 88, pp.77–84.
- Koenen, E.P.C.; Van Veldhuizenb, A.E; Brascamp, E.W. 1995. Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science*, v. 43, pp 85-94.
- Lima, R.A.S.; Shiota, R.; Barros, G.S.C. 2006. Estudo do complexo do agronegócio cavalo. Piracicaba: CEPEA/FEALQ, 246 p.
- Lopes, F.B.; Silva, M.C.; Miyagi, E.S.; Fioravanti, M.C.S.; Facó, O.; McManus, C. 2013. Comparison of selection indexes for dairy goats in the tropics. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. v. 35, n. 3, p. 321-328.
- Olsson, E.; Näsholm, A.; Strandberg,E.; Philipsson,J. 2008. Use of field records and competition results in genetic evaluation of station performance tested Swedish Warmblood stallions. *Livestock Science*, v.117, pp. 287–297.
- Queiroz, S.A.; Albuquerque, L.G.; Lanzoni, N.A. 2000. Efeito da Endogamia sobre Características de Crescimento de Bovinos da Raça Gir no Brasil. *Revista Brasileira de Zootenia*, v. 29, n. 4, pp. 1014-1019.
- Ricard A, Bruns E, Cunningham EP. 2000. Genetics of performance traits. In: Bowling AT, Ruvinsky A, editors. *The genetics of the horse*. Wallingford, UK: CABI Publishing; pp. 411–438.
- Saastamoinen M.T., Barrey E. 2000. Conformation, locomotion and physiological traits. In: A.T. Bowling, A. Ruvinski (eds), *The genetic of the horse*. CAB International, United of Kingdom, pp. 439–472.

Stewart, I.D.; Woolliams, J.A.; Brotherstone, S. 2011. Genetic evaluations of traits recorded in British young horse tests. *Archiv Tierzucht*, v. 5, pp. 439-455.

Sponenberg, D.P. 2000. Genetic Resources and Their Conservation. In: A.T. Bowling, A. Ruvinski (eds), *The genetic of the horse*. CAB International, United of Kingdom, pp. 388-410.

Teegen R. 2008. Analysen eines Zuchtprogrammes am Beispiel des Trakehner Zuchtverbandes. Dissertation, Christian Albrechts Universityl. In: http://www.tierzucht.uni-kiel.de/dissertationen/diss_teegen_08.pdf. Acesso em 22/08/2011.

Thorén Hellsten, E.; Jorjani, H.; Philipsson, J. 2008. Connectedness among five European sport horse populations. *Livestock Science*, v. 118, pp. 147–156.

Thorén Hellsten, E.; Viklund, A.; E.P.C.Koenen, E.P.C., Ricard, A.; Bruns, E., Philipsson, 2006. J. Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Livestock Science*, v. 103, pp.1–12.

Valera, M.; Molina, A.; Gutiérrez, J.P.; Gómez, J.; Goyache, F. 2005. Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. *Livestock Production Science*, v. 95, pp.57–66.

3 **CAPÍTULO II - Estudo 1: Brazilian Sport Horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed**

Artigo submetido à revista Italian Journal of Animal Science, redigido nos formatos requeridos pela revista.

Brazilian Sport Horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed

Bethânia R. Medeiros^{1,3*}; Cláudia D. Bertoli²; Petra Garbade¹, Concepta M. McManus^{1,2}

¹ Departamento de Medicina Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária. Av. Bento Gonçalves 9090 - 91501570 - Porto Alegre, RS – Brasil.

² Departamento de Zootecnia, INCT-Pecuária (CNPq/MCT/FAPEMIG), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 7712 - 91540-000 - Porto Alegre - RS – Brasil.

³ Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari. Rod Br 280, Km 27 Cx P. 21, 89245-000, Araquari, SC. Brasil.

Editor
2014-06-26 05:06 PM

Subject: [IJAS] Ital J Anim Sci (paper #3146) - Editor Decision

Dear Dr. Bethânia da Rocha Medeiros,

I am pleased to inform you that your article "Brazilian sport horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed" has been finally accepted for publication as Short Communication, in accordance with the referees' and SE's opinions.

Your manuscript will then undergo to technical editing and will be subject to my revision a second time: you will hear from the Publisher if any additional information or clarification is required.

Please note that your manuscript might be modified during the editing process: our journal has a broad readership, and we want to make sure that your paper is comprehensible to readers outside the specific field.

You will have the opportunity of approving or discussing any changes made by the Copy Editor by examining your galley proofs and by corresponding to later possible requests.

Our journal is an Open Access Publication: open access will ensure a wide circulation of your work in the scientific community, and will create the foundation for future progress in animal science and animal production.

You will be contacted by the Editing Manager of the Journal (Dr. Lucia Zoppi) about any other detail concerning the fate of your manuscript.

With kind regards,

Rosanna Scipioni
rosanna.scipioni@unimore.it
Editor-in-Chief
<http://www.aspajournal.it>

Full Professor of Animal Production
www.agraria.unimore.it
Reggio Emilia (Italy)

Abstract:

Brasileiro de Hipismo (BH) represents an open population that permits genetic input from breeds recognized by the World Breeding Federation for Sport Horses. The aim of this study was the genetic characterization of the population as the first of a series aiming at the consolidation of the current selection program. The Breeders Association provided genealogical data from 1977 until 2011. A data bank containing 34.393 horses was analyzed for population genetic parameters including: individual inbreeding (F); effective population size (N_e), effective number of founders (f_e), effective number of ancestors (f_a) and number of founder genome equivalents (f_g). Analysis were run twice: for animals born until 1995 (PREVIOUS), and for those born in the last 15 years (15YEARS). N_e estimated via paired increase in coancestry was 188.59 (± 3.24) animals. Parameter f_e was 466 and 222 for PREVIOUS and 15YEARS. Ancestors were respectively represented by the f_a of 274 and 129. Mean F for 15YEARS was 0.6%; 1,444 animals were inbred, with mean inbreeding 3.33%. The difference found in f_a and f_e parameters, between PREVIOUS and 15YEARS, indicated the loss of original alleles. The increase in contribution from some founders represents the breeder's preference for a few horses, without the negative effect of high inbreeding levels. BH genetic variability agrees with its large based formation history, and should allow for genetic gain of heritable traits through selection.

Key words: Equine, Population Genetics, Genetic Variability, Inbreeding, Pedigree.

3.1 Introduction:

Horses (*Equus caballus*) from the Brasileiro de Hipismo (BH) breed are selected for show jumping, dressage and eventing, and the breed is recognized by the World Breeding Federation for Sport Horses (WBFSH). The herd book represents an open population that allows genetic input from any breed recognized by the WBFSH, the Thoroughbred (THB), Arabian and their crosses. The Breeders Association (ABCCH) is responsible for the genealogical registry of BH horses. The breed began by crossing national base mares and stallions from founder breeds. The base mares (BASE), animals with known genealogy or not, were chosen as they were considered to be animals endowed with desirable morphological and functional characteristics and able to generate horses that would fit to the breed standard (ABCCH, 2011). New base mares are no longer registered.

Dias et al. (2000) analyzed genealogical data of BH registered between July 1977 and September 1998. The authors described the breed composition in the data bank as being 23% BH horses; 22% with unknown genealogy, 15% THB; 8% Hanoverian; 5% Westfalen; 5% Holsteiner and 4% Trakehner, the latter all European (mainly German) breeds of horses known for their success in sport competitions. These authors concluded that the great number of founder breeds contributed to the estimated inbreeding coefficient being close to zero and effective population size (N_e) of 253 animals; indicating high genetic variability.

The study of genetic variability in this Brazilian equine population with great sport potential and international importance is relevant for the maintenance and genetic improvement of the national sport horse. The aim of this study was the genetic characterization of the current BH population, by estimating indicators of genetic variability and describing the contribution of the most influential ancestors.

3.2 Materials and methods:

The ABCCH provided all genealogical data from its foundation in July 1977, until June 2011. The original data bank, containing 28,599 animals, was expanded when accounting for animals registered as parents to 5,850 horses. Widely known, genetic relations of some stallions with large progeny numbers from founder breeds were also included. Such information was collected from the breed's web site (<http://www.brasileirodehipismo.com.br/genealogia/BuscaGenealogica.aspx>) and resulted in 163 genetic relations added to data bank. The final data bank contained 34,393 horses and included: animal identification, sire, dam, sex, breed, and stud of origin.

Aiming at a better characterization of the recent development of this breed, analyses were run twice considering two different subpopulations:

- i. All BH animals born until 1996, totalizing 10,588 horses and entitled PREVIOUS;
- ii. All BH born in last 15 years, containing 8,353 horses, named 15YEARS.

Population genetic parameters estimated in the present study included: individual inbreeding (F) (Wright, 1931), computed following Meuwissen and Luo (1992); effective population size (N_e), effective number of founders (f_e), effective number of ancestors (f_a) and number of founder genome equivalents (f_g). In order to make inferences on genetic contribution of founder breeds to total diversity, breeds were classified according to their geographical origin, resulting in the following groups: BH (19,031 animals), GERMAN (1,958), FRENCH (329), DUTCH (298), and BELGIAN (271). Base mares formed the BASE

(4,639) group. THB, Arabians and their crosses formed the HOT group (1,554). Animals with missing breed information were classified as NOT INFORMED (5,970). Among NOT INFORMED animals, were those 5,850 parents included as animals in the data bank, as mentioned above. The 50 breeds from other origins had minor individual numbers, and were grouped together under the name OTHER (343). Genetic contributions were computed following Caballero and Toro (2002). Generation intervals were computed as the average age of parents at the birth of their progeny kept for reproduction according to James (1977).

The final data bank was formed by 55% (19,012) BH animals, 17% without breed specification (5,970), 14% base animals (4,639), 4% THB (1,461), 2% (725) Westfalen and 2% (641) were Holsteiner horses. The remaining animals were smaller proportions (less than 1%) of the other 47 founder breeds. Total number of stallions and breeding mares were 2,886 and 10,372, respectively.

According to Kimura and Crow (1963) the effective number of an actual population (N_e) is defined as the size of an idealized population with the same amount of inbreeding or random gene frequency drift as the population under study. In the present study, N_e was estimated via individual increase in inbreeding per generation ($\overline{N_e}$), as proposed by (Gutiérrez et al., 2008); and also by average increase in coancestry for all pairs of individuals ($\overline{N_{ec}}$) (Cervantes et al., 2011). Other estimates of N_e were calculated by computing the regression coefficient of the individual inbreeding coefficient over: i) the number of full generations traced; ii) the maximum number of generations traced and iii) the equivalent complete generations (Maignel et al., 1996).

Effective number of founders (f_e) is defined as the number of equally contributing founders that would be expected to produce the same genetic diversity as in the population under study and was computed as: $f_e = 1/\sum_{k=1}^f q_k^2$; where q_k is the probability of gene origin of the k ancestor. Parameter f_a is the minimum number of ancestors, not necessarily founders, explaining the complete genetic diversity in a population, and was computed as $f_a = 1/\sum_{j=1}^a q_j^2$; where q_j is the marginal contribution of an ancestor j (Gutierrez et al, 2010). The parameter f_g is defined as the number of founders that would be expected to produce the same genetic diversity as the population under study if the founders were equally represented and no loss of alleles occurred, according to Caballero and Toro (2000).

Animals in the data bank were ordered and recoded using personal Fortran programs, and data was analyzed using the ENDOG software v 4.8 (Gutiérrez and Goyache, 2005).

3.3 Results and discussion:

The number of BH horses registered annually started at 75, in 1977, and increased considerably, reaching 975 animals in 1990. Since then the number has been relatively stable until 2009, varying between 454 and 768 foals per year. During 2010 and until June 2011 a drop in registry can be noted (Figure 1). This was expected, as animals born in this period may not have been registered at the time of data collection.

Since breed formation, the total number of BH breeders was 794, with the average number of foals registered equal to 31.63 (± 103.67). Breeders were characterized according to their contribution with stallions to the total population. Table 1 demonstrates that all breeding farms (794) brought in male genetic material, and some of them never produced any stallions (394). Among those breeders that produced stallions (400), only 59 sired their own mares, in small proportions (12%). This fact might have contributed to inbreeding control.

Total number of reproductive mares that foaled BH horses was 6,583; averaging 2.89 (± 2.40) foals per mare. In total, 991 Stallions were used as sires for BH horses since 1977, with mean number of foals per sire equal to 19.16 (± 37.40). Generation intervals for 15YEARS are shown in Table 2. High generation intervals were found as they were expected in horse populations (Hamann and Distl, 2006; Dubois, 2007; Valera et al. 2005). Dias et al. (2000) reported slightly inferior intervals for male (10.40 years) and female (9.30 years) generations in BH horses born until 1998.

Pedigree completeness was estimated by generation for the whole data bank, BH horses from the PREVIOUS and 15YEARS subpopulation. As expected, those animals born in the last 15 years presented higher pedigree completeness than other subpopulations, (Figure 2). Completeness for PREVIOUS period was equal to 99.80; 78.60; 28.10 and 6.70%; from first to fourth parental generation, respectively. Recent pedigree completeness (15YEARS) was equal to 99.99; 98.3; 69.9 and 37.8%, following the same order. A general tendency for sire lines being more complete than dam lines was observed in both periods.

Detailed population genetic parameters for BH in PREVIOUS and 15 YEARS subpopulations were shown in Table 3. A large decrease in number of ancestors contributing to the 15YEARS period (1,736) was seen compared to PREVIOUS (3,316 ancestors). Comparing both periods, the same reducing pattern occurred in f_e (466 for PREVIOUS and 222 for 15YEARS), f_a (274 and 129) and number of ancestors explaining 50% of genetic variation (126 and 61), respectively. The number of founder genome equivalents (f_g) also

presented similar declining pattern; as for the whole BH subpopulation (PREVIOUS) it was 224.77, while for the 15YEARS subpopulation was equal to 81.07.

The mean computed inbreeding for all animals in the data bank (0.24%) was slightly higher than the expected by unbalancing of founders contribution (0.05%). When considering only PREVIOUS BH horses the mean inbreeding was 0.15%. Mean inbreeding for 15YEARS was 0.6%. In this period 1,444 animals presented inbreeding greater than to 0.5%, with average inbreeding of 3.33%. Maximum inbreeding coefficient was equal to 27%. The maximum computed inbreeding was 32.81% in animals outside the BH population (Table 4). Dias et al. (2000) reported mean inbreeding for 151 inbred animals equal to 0.12% for animals born until 1998. Among animals born in the last 15 years (15YEARS) a greater number of inbred animals were found as well as greater inbreeding average for inbred animals. Such tendency of increasing BH mean inbreeding with time was also illustrated by Figure 3 and has been seen in other horse populations (Maciel et al., 2014). This is expected as later generations have higher pedigree completeness.

Estimates of effective population size (N_e) via increase in inbreeding by generation are presented in Table 5. The estimate based on mean equivalent generations was similar to those obtained by individual increase in inbreeding ($\overline{N_e}$), equal to 205.78 (± 58.18); and via paired increase in coancestry ($\overline{N_{ec}}$), equal to 188.59 (± 3.24) animals. Greater effective population size was obtained for older generations of BH horses from a smaller data bank, and shallower pedigrees (Dias et al. 2000).

Dias et al. (2000) described a data bank containing 19,303 horses. Among those, 11,508 were BH born until 1998. Those animals are mostly the same considered here in the PREVIOUS subpopulation, but a smaller data bank was included in their study. Dias et al. (2000) described only generation intervals (9.90 years), effective population size (253 animals) and inbreeding. Considering the 151 inbred animals, average inbreeding was 0.12%, ranging between 0.03% and 0.25%. Maximum number of generations reported was 3.10 for one animal. Among BH horses, 59.7% were at the first generation. Completeness of pedigree information was responsible for the small differences found between Dias et al. (2000) and the PREVIOUS subpopulation reported here.

Animals born in the last 15 years (15YEARS) constitute most of the BH population acting as athletes in sport competitions today. The present analysis complements that described by Dias et al. (2000) and is the first to describe detailed population genetic parameters for recent (15YEARS) and PREVIOUS BH subpopulations. Classification of Studs (Table 1), detailed generation intervals (Table 2), parameters f_a , f_e and f_g (Table 3),

recent estimates of N_e , and origin of BH genes (Table 6), constitute a more profound analysis than the anterior study.

Genetic diversity in BH population is demonstrated by its estimation of number of ancestors, f_e, f_a, f_g and number of ancestors explaining 50% of genetic variation. According to Boichard et al. (1997) such parameters are less sensitive to pedigree length than inbreeding coefficients and N_e estimated by increase in inbreeding.

The decreasing pattern observed in each parameter, when PREVIOUS and 15YEARS were compared, indicated a loss of founder alleles. Similar bottlenecks were described for Trakehner (Teegen, 2009) and Selle Français (Dubois, 2007). Other evidence of allelic loss in BH was revealed through the differences found between parameters f_e and f_a in both moments. The ratio between these (f_e/f_a) are equal to 1.70 and 1.72 for the PREVIOUS and 15YEARS, respectively. A much higher ratio (3.15) was found for Hanoverian horse, where the loss of genetic diversity was attributed to selection (Hamann and Distl, 2008).

The greater number of effective founders than effective ancestors is possibly due to breeder's preferential use of some genetic lines, leading to an unbalance in founder contribution. Such preferential reproduction was verified specially through the decrease in reproduction of THB Stallions, as well as THB and BASE mares (Figure 4 and Figure 5)

Geographical origin of founder breeds had their genetic contribution to total diversity of 15YEARS presented in Table 6. Recent BH population descends mainly from German Sport Horse breeds such as Holstein, Westphalia and Hanoverian.

Registration date of each BASE mare was not available, but birth dates suggested the period of their acceptance for reproduction. Few (13.99%) from the total of registered BASE mares were born before 1977. Most of them (59.37%) were born during the 70's and a smaller proportion (26.26%) during the 80's. Only 18 (0.39%) BASE mares were born in the 90's and the last one in 1992. Therefore, a decrease in BASE's contribution was expected with their ageing.

The data bank contained many horses not considered BH. Those animals complemented pedigree information, resulting in the higher pedigree completeness described for BH horses, especially for the 15YEARS period. Only base mares were, in fact, of unknown genealogy. Therefore, pedigree completeness could be increased with complementation of founder breed data, especially for those 4,516 animals registered as parents that were initially included in the data bank as animals.

Pedigree complementation is a long and exhausting job, demanding cooperation between many breeding organizations. Still, the addition of complete pedigree information of

each imported animal used for reproduction is of great relevance for population genetic studies (Thorén Hellsten et al., 2008; Cervantes et al., 2009).

BH breeders seem to have followed the world tendency of sport horse breeding organizations in importing genetic material. Recent developments in reproductive techniques have increased this global phenomenon (Bruns et al., 2004; Koenen and Aldridge, 2002). Koenen et al. (2004) illustrated such exchange studying the geographical origin of warmblood stallions used in some important European sport horse studbooks. The authors demonstrated that Germany was the main origin of the sires used in Denmark, Sweden and Netherlands. On the other hand, some countries like France and Ireland, showed larger national recruitment of stallions.

The breeder's preference for foreign blood, especially German, was once more demonstrated in Table 7. The small proportion of BH Stallions used as parents in the last 15 years, and the large amount of births from BH mares demonstrated that genetic input happened mainly through either imported stallions or semen.

The high proportion of matings involving stallions without breed specification (Table 7), refers to imported semen. As described by Koenen et al. (2004), one European sport horse stallion may be born under one studbook and be accepted for reproduction in another. In those cases the breed specification becomes a difficult task, once the horse may produce foals registered in different breeds. Such genetic input occurred mainly through stallions, probably due to reproductive facilities.

Animals from 50 founder breeds were found in the BH data bank. At least 37.52% of recent BH genes are from German sport horse breeds. A great number (4,636) base mares of unknown genealogy are registered in data bank, though their genetic contribution for 15YEARS was estimated at 7.18%, probably due to selection.

The use of BH, THB and other founder breeds as stallions during the whole period considered was illustrated in Figure 4. Other breeds were represented mainly by European founder breeds recognized by the WBFSH, as each animal was approved by ABCCH. The continuous genetic income and a decrease in use of THB horses as sires were evident.

The increase in reproduction of BH mares was demonstrated in Figure 5, as well as a growing use of other breeds recognized by the WBFSH, possibly due to embryo transfer. Base mares were accepted initially when few imported females were available. As time passed, those animals aged and their use decreased. THB mare use was reduced probably by the growing number of available BH mares. In the last 15 years, foals have been registered mainly as products of BH and European warmblood mares. The change in stallion and

reproductive mare pattern of reproduction were clearly responsible for those bottlenecks indicated by genetic population parameters.

Gutierrez and Goyache (2010) reported that, when information is scarce, N_e estimations based on maximum and minimum generations traced could be considered as the upper and lower limits of the parameter in the analyzed population. Estimates based on mean equivalent generations should be close to real value of N_e . Parameter N_e of BH population obtained via increase in inbreeding by mean equivalent generation (223.39), $\overline{N_e}$ (205.77; \pm 58.18) and $\overline{N_{ec}}$ (188.59; \pm 3.24) represented the effective population size for BH population.

The Spanish Sport Horse (SSH) is a recent breed, founded in 2002, and many aspects in common with BH were reported regarding its genetic formation (Cervantes et al. 2009; Bartolomé et al. 2011). Cervantes et al. (2009) analyzed genealogy for three Spanish horse breeds using the breed studbook data and information from the parental breeds, describing important differences in parameter estimation. SSH had its effective population size estimated at 47 with breed exclusive data (until 2004) and 135.5 when data from Spanish Arab, Spanish Purebreed, THB, and Hispano-Arab were included. Bartolomé et al. (2011) analyzed SSH animals born between 2005 and 2009, finding N_e equal to 225 (\pm 72.4). Parameters f_e (963); f_a (407) and f_g (245.3) were higher than those described here for BH breed.

BH N_e estimates agree with that described for Creole ($N_e=214.46$) by Maciel et al. (2014); although the parameter was inferior to N_e described for Hanoverian ($N_e=372,34$) by Hamann and Distl (2008). Closed herd books tend to present lower values of N_e , as reported by Cervantes et al. (2009) for the Arab-derived Spanish breeds (109.5 to 135.5), and by Teegen (2008) for the Trakenher breed (144 to 150). Locally adapted breeds with limited environmental range such as the Brazilian Pantaniero, whose herd book was also started in the 1970s, also show a much lower N_e (25) (McManus et al., 2013).

Parameters f_e , f_a , and number of ancestors contributing to 50% of genes estimated for BH recent population (15YEARS), indicated larger genetic diversity than described for important BH founder breeds, such as Selle Français (Dubois, 2007) and Hanoverian (Hamann and Distl, 2008). Less diversity was described for the closed herd populations: Lipizzan (Zechner et al., 2002), Andalusian (Valera et al., 2005), and Spanish Arab (Cervantes et al., 2008; Cervantes et al., 2009).

The low mean inbreeding estimated for BH horses was due to its large population size and the large number of founder animals from genetically diverse breeds. As expected, information on BH pedigree is increasing, along with mean annual inbreeding (Figure 3).

Recent BH animals (15YEARS) had mean equivalent generations equal to 3.25; while for PREVIOUS period it was estimated as 2.15.

Deeper pedigree data have been described in older breeds. Zechner et al. (2002) described an average of 15.22 complete generations for Lipizzan horses. Andalusian (Valera et al., 2005), Hanoverian (Hamann and Distl, 2008), and last decade Spanish Arab (Cervantes et al., 2008) were reported to have mean equivalent generations of 8.26; 8.43 and 7.9 respectively. Shallower pedigree was found in younger breeds such as SSH (4.29) by Bartolomé, et al. (2011) and Creole (4.62) by Maciel et al. (2014).

Horse breeds with small population size and closed studbooks, like Andalusian (mean inbreeding 8%) reported by Valera et al., (2005); Spanish Arab (recent mean inbreeding of 10%) described by Cervantes et al. (2008); and Lipizzan (11%) by Zechner et al. (2002) were expected to show higher endogamy coefficients. Open populations tended to present lower mean inbreeding: Hanoverian (1.33%) described by Hamann and Distl (2008); Selle Français (1.40%) by Dubois (2007) and SSH (0.66%) by Bartolomé et al. (2011).

The twenty most influential ancestors were listed along with their genetic contribution to the 15YEARS period (Table 8), and mentioned in the text with capital letters. Some ancestors, such as the THB LADYKILLER (recent contribution of 2.8%) and its progeny LANDGRAF I (2%) had their contribution largely increased in the last 15 years. Both of them have been represented in BH population directly by the Holstein stallions Landritter and Lorado who had 495 and 285 BH foals registered, respectively.

The THB stallion RANTZAU (recent contribution of 1.98%), and the Selle Français IBRAHIM (1.4%) were represented mainly by their respective progenies: Cor de la Bryere and Alme. GIRONLINE (1.2%), dam of Alme, is also listed among the most contributing animals for recent BH population. QUENOTTE (0.9%), dam of Cor de la Bryere, brings her ancestors THB genes: FURIOSO (0.8%) and PRECIPITATION (0.8%).

Dubois (2007) reported that at least 50% of Selle Français (SF) gene pool originated in THB. The author also described the major ancestors of SF and their contribution to the breed. Although genetic contribution of French sport horses to recent BH generation was only 5.69%, some of the ancestors described for SF were found to be major contributors to BH as well. IBRAHIM, for example, contributed to 8.70 % of genetic constitution of SF (Dubois, 2007) and was responsible for 1.44% of BH diversity. FURIOSO, contributed to 3.8% of SF and 0.81% of BH. RANTZAU, who participated in 2.3% of SF, and GIRONLINE, with 1.6% influence in SF; kept similar contribution to the most recent BH generation.

Common ancestors were also reported in the Hanoverian breed. Cor de la Bryere, LADYKILLER and Furioso II were reported to contribute with 1.31; 1.29 and 1.28% of Hanoverian stallion's genes by Hamann and Distl (2008). Ramiro contributed with 1.75% of Hanoverian stallions gene pool, is an important son of RAIMOND, bringing RAMZES into Hanoverian breed. Some other ancient horses had their contribution increased in recent BH subpopulation.

Many other ancient horses had their genetic contribution increased in BH recently. The Anglo Arabian stallion RAMZES left a major contributor to BH population, and increased in the past 15 years, from 0.57% (whole data) to 1.3% (15YEARS). Similar phenomenon occurred to PERSEUS and ST.PR.ST.DUELA were represented by their progeny the Westphalian Pilatus, who had 10 descendants in the dataset. Both increased contribution to the BH breed recently.

Considering that fifty breeds appear in BH dataset, and little complementation was manually inserted, other genetic relations are certainly missing in this study. Therefore, inbreeding coefficients and genetic contributions estimated can be considered as minimum contributions of each founder for BH breed, and some of them might be underestimated by missing data effect.

As demonstrated, similarities exist between BH and European sport horse breeds. Genetic flow is still happening from founder breeds to the Brazilian population. The recent increase in the contribution of ancient ancestors was accompanied by a tendency of increasing inbreeding over years, suggesting that the same lines were brought once again to BH population. These facts indicate that the breeder's preference for a few genetic lines might lead to further increase in inbreeding.

Conclusions:

The genetic variability has decreased in the BH breed, mainly due to reduction in use of THB breed and extinction of base mares. Such loss of founder alleles did not lead to dangerous inbreeding levels. On the other hand, a tendency of increasing BH inbreeding was demonstrated as well as the raising contributions of few famous ancient animals. Thus, the search for a limited number of famous families from the parental horse breeds might lead to future limitation in genetic variation.

Acknowledgements:

Thanks are due to the ABCCH for providing the data.

3.4 References:

- ABCCH, 2011. Regulamento do Stud Book Brasileiro do Cavalo de Hipismo. In: http://www.brasileirodehipismo.com.br/upload/arquivos/REGULAMENTO_STUDBOOK_FINAL_2011.pdf, acesso em 22/08/2011(in Portuguese).
- Bartolomé, E.; Cervantes, I.; Valera, M.; Gutiérrez J.P., 2011. Influence of foreign breeds on the genetic structure of the Spanish Sport Horse population. *Livest Sci*, 142:70–79.
- Boichard, D.; Maignel, L.; Verrier, 1997. E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet Select Evol*. 29: 5-23.
- Bruns, E.M.; Ricard, A.; Koenen, 2004. E. Interstallion - on the way to an international genetic evaluation of sport horses. 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Session HG5. Bled, Slovenia.
- Caballero, A.; Toro, M.A. 2000. Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations. *Genet Res*. 75: 331-343.
- Cervantes, I.; Gutiérrez, J.P.; Molina, A.; Goyache, F.; Valera, M. 2009. Genealogical analyses in open populations: the case of three Arab-derived Spanish horse breeds. *J Anim Breed Genet*. 126:335–347.
- Cervantes, I.; Molina, A.; Goyache, F.; Gutiérrez, J. P.; Valera, M. 2008. Population history and genetic variability in the Spanish Arab Horse assessed via pedigree analysis. *Livest Sci*. 113:24–33.
- Cervantes, I., Goyache, F., Molina, A., Valera, M., Gutiérrez, J.P. (2011) Estimation of effective population size from the rate of coancestry in pedigreed populations. *J Anim Breed Genet* .128: 56–63.
- Dias, I.M.G.; Bergmann, J.A.G.; Rezende, A.C.C ; Castro, G.H.F. 2000. Formação e estrutura populacional do equino Brasileiro de Hipismo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 52:647-654.(in Portuguese, with abstract in English).
- Dubois, C. 2007. Modélisation des programmes de sélection dans l'élevage du cheval de sport français. Thèse. 282 p.
- Gutiérrez, J. P.; Goyache, P. 2005. A note on ENDOG: a computer program for analyzing pedigree information. *J Anim Breed Genet*. 122:172-176.
- Gutiérrez, J.P., Goyache, F. 2010. ENDOG v4.8: A computer program for monitoring genetic variability of populations using pedigree information – User's guide.
- Gutiérrez, J.P.; Cervantes, I.; Molina, A.; Valera, M.; Goyache, F. 2008. Individual increase in inbreeding allows estimating realised effective sizes from pedigrees. *Genet Select Evol*, 40, 359-378.

- Hamann, H.; Distl, O. 2008. Genetic variability in Hanoverian warmblood horses using pedigree analysis. J Anim Sci.86:1503–1513.
- James J, 1972. Computation of genetic contributions from pedigrees. Theor. Appl. Genet. 42: 272-273.
- Kimura, M., and J. F. Crow, 1963. The measurement of effective population number. Evolution 17: 279-288.
- Koenen, E.P.C.; Aldridge, L.I. 2002. Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective. 7th World Congr. Applied to Livestock Production, Montpellier, August.
- Koenen, E.P.C.; Aldridge, Philipsson, J. 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. Livest Prod Sci, 88:77–84.
- Maciel, F.C.; Bertoli, C.D.; Braccini Neto, J.; Cobuci, J.A.; Paiva S.A.; McManus,C. 2014. Population structure and genealogical analysis of the Brazilian Creole Horse. Anim. Genet. Res. 42:1-11
- Maignel L, Boichard D, Verrier E, 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. Interbull Bull 14: 49-54.
- McManus C.; Santos, S.A.; Dallago B.S.L.; Paiva S.R.; Martins R.F.S.; Braccini Neto J.; Marques P.R.; Abreu U.G.P. 2013. Evaluation of conservation program for the Pantaneiro horse in Brazil. Rev. Bras. Zoot. 42:404-413.
- Meuwissen, T.I.; Luo, Z. 1992. Computing inbreeding coefficients in large populations. Genet Select Evol, 24: 305-313.
- Teegen, R.; Edela, C.; Thaller,G. 2009. Population structure of the Trakehner Horse breed. Anim. 3:6-15.
- Thorén Hellsten, E.; Jorjani, H.; Philipsson, J. 2008. Connectedness among five European sport horse populations. Livest Sci, 118:147–156.
- Valera, M.; Molina, A.; Gutiérrez, J.P.; Gómez, J.; Goyache, F. 2005. Pedigree analysis in the Andalusian horse: population structure, genetic variability and influence of the Carthusian strain. Livest Prod Sci, 95:57–66.
- Wright, S. 1931. Evolution in mendelian populations. Genetics. 16:97–158.
- Zechner, P.; Sölkner, J.; Bodo, I.; Druml, T.; Baumung, R.; Achmann, R.; Marti, E.; Habe, F.; BREM, E.G. 2002. Analysis of diversity and population structure in the Lipizzan horse breed based on pedigree information. Livest Prod Sci 77: 137-146.

3.5 Tables:

Table 1. Classification of Studs, considering their contribution with stallions to the population.

Type	Buy-in Stallion / Semen	Use own Stallion	Sell Stallion	Herds	% foreign Stallion/Semen
Nucleus	No	Yes	Yes	0	0
Multipliers	Yes	Yes	Yes	59	0.88
Multiplier	Yes	No	Yes	341	1
Commercial	Yes	Yes	No	11	0.93
Commercial	Yes	No	No	383	1
Isolated	No	Yes	No	0	0
Total				794	

Table 2. Generation intervals and average age of parent at birth of their offspring for 15YEARS BH subpopulation.

Relationship	Number	INTERVAL (years)	STDEV*	MSE**
Generation Interval: mean age of parents at birth of their offspring kept for reproduction				
Father-Son	79	12.30	6.01	0.68
Father-Daugther	954	12.30	5.62	0.63
Mother-Son	81	8.50	4.15	0.47
Mother-Daugther	954	10.18	4.55	0.51
Int_Total	2068	10.82	5.08	0.57
Mean age of parent at birth of their offspring				
Father-Son	3952	12.53	5.81	0.09
Father-Daugther	4423	12.60	5.92	0.09
Mother-Son	3937	10.50	4.71	0.07
Mother-Daugther	4401	10.46	4.70	0.07
Total	16713	11.52	5.29	0.08

* Standard deviation of the generation interval

** Mean square error

Table 3. Population parameters estimated for the BH population until 1995 (PREVIOUS) and for those animals born in the last 15 years (15YEARS).

Parameter	PREVIOUS	15YEARS
Number of animals in the Reference Population (BH)	10.588	8.353
Number of Ancestors contributing to the Reference Population	3.316	1.736
Effective Number of Founders for the Reference Population (f_e)	466	222
Effective Number of Ancestors for the Reference Population (f_a)	274	129
Founder genome equivalents (f_g)	224.77	81.07
N° of ancestors explaining 50%:	126	61
Pedigree completeness in the first parental generation (parents) (%)	99.8	99.99
Pedigree completeness in the second parental generation (grandparents) (%)	78.6	98.3
Pedigree completeness in the third parental generation (grand grandparents) (%)	28.1	69.9

Table 4. Measures of inbreeding for all horses in data bank (Data Bank) and of BH animals born in the last 15 years (15YEARS).

Parameter	Data Bank	15YEARS
Expected Inbreeding by unbalancing of founders contribution (%)	0.05	
Computed Mean Inbreeding (%)	0.24	0.60
Maximum computed Inbreeding (%)	32.81	27.0
Inbred animals (inbreeding > 0.05%)	1.977	1.444
Mean Inbreeding for inbred animals (%)	4.1	3.33

Table 5. Increase in inbreeding per generation and Effective Population Size (N_e) estimated via mean: maximum, complete and equivalent generations:

	Mean Generations	Increase in Inbreeding per generation (%)	N_e
Maximum	3.10	0.07	679.50
Complete	1.25	0.29	169.89
Equivalent	1.72	0.22	223.39

Table 6. Genetic contribution of founder breeds to total diversity of PREVIOUS and 15YEARS BH generations, studs were classified according to their geographical origin.

Herd	Genetic contribution To PREVIOUS (%)	Genetic contribution to 15YEARS (%)	Number of individuals in Data Bank:
GERMAN	28.87	37.52	1,958
NOTINFORMED	21.56	30.43	5,970
BASE	23.30	7.18	4,639
HOT	17.24	6.67	1,554
FRENCH	2.49	5.69	329
BH	1.92	3.84	19,031
OTHER	1.95	3.58	343
DUTCH	1.17	2.85	298
BELGIAN	1.50	2.24	271
Total	100.00	100.00	34,393

Table 7. Most used breeds as stallion and mare, along to each proportion of total foaling of the last 15 years.

Stallion Breed	Proportion (%)	Mare Breed	Proportion (%)
Holstein	26.82	BH	71.91
BH	23.12	Westphalia	5.44
Not Specified	19.84	THB	2.95
Westphalia	10.06	Base	2.79
Hanoverian	4.86	Selle Français	2.45
Norwegian Warmblood	3.13	Holstein	2.45
Selle Français	2.63	Argentine Saddle Horse	2.18
Zangersheide	2.31	Norwegian Warmblood	2.07
Anglo Arab	1.68	Hanoverian	1.93
THB	1.25	Belgian Warmblood	1.88
Other Breeds	4.30	Zangersheide	1.21
		Other Breeds	2.73
	100		100

Table 8. Highest contributing founders of BH animals born in the last 15 years (15YEARS) their genetic contribution to 15YEARS and PREVIOUS subpopulation, sex, contributing progeny size and progeny of greater influence to BH breed.

Ancestor	15 YEARS Contribution	PREVIOUS Contribution	Sex	Important progeny
LADYKILLER XX °	0.0281	0.0079	Male	Landgraf I 65/SRB #
LANDGRAF I 65/SRB #	0.0206	0.0065	Male	Landritter 85/HOL ^
RANTZAU XX 759/SRB #	0.0198	0.0041	Male	Cor de la Bryere 44/I.A §
IBRAHIN /SFR °	0.0144	0.0096	Male	Alme 53/SRB #
RAMZES/PSI °	0.0133	0.0055	Male	Raimond 121/SRB #
GIRONDINE/SFR °	0.0123	0.0069	Female	Alme 53/SRB #
CALYPSO I °	0.0097	0.0015	Male	Ribecka 16719/SRB # Radona 17206/SRB #
GRAPHIT 970/SRB #	0.0094	0.0020	Male	General I 12/I.A § Grannus 46/I.A §
QUENOTTE 40/SRB #	0.0092	0.0019	Female	Cor de la Bryere 44/I.A §
ST.PR.ST.DUELA 1038/SRB#	0.0084	0.0017	Female	Pilatus 13/I.A §
PERSEUS 301/SRB #	0.0084	0.0017	Male	Pilatus 13/I.A §
PRECIPITATION °	0.0083	0.0050	Male	Furioso XX °
FURIOSO XX °	0.0083	0.0044	Male	Furioso II 12836/SRB #
CAPITOL 15111/SRB #	0.0081	0.0000	Male	Indoctro 79/I.A §
RADONA 17206/SRB #	0.0079	0.0015	Female	Landritter 85/HOL ^
VERONA 4817/SRB #	0.0075	0.0067	Female	Furioso III 1/OLD
GRATIA 1244/SRB #	0.0070	0.0016	Female	Pilot 2/I.A §
COTTAGE SON/PSI °	0.0069	0.0006	Male	Corporal ° Valine /HOL °
LUGANO I 367/SRB #	0.0065	0.0076	Male	Lugano II 28/HAN
RAIMOND 121/SRB #	0.0065	0.0025	Male	Ramiro 807/SRB #
Total	0.2204	0.0793		

° Animals added to data bank by the authors.

Animals present at the original data bank as parents.

§ Animals that contributed via imported semen.

^ Imported animals.

3.6 Figures:

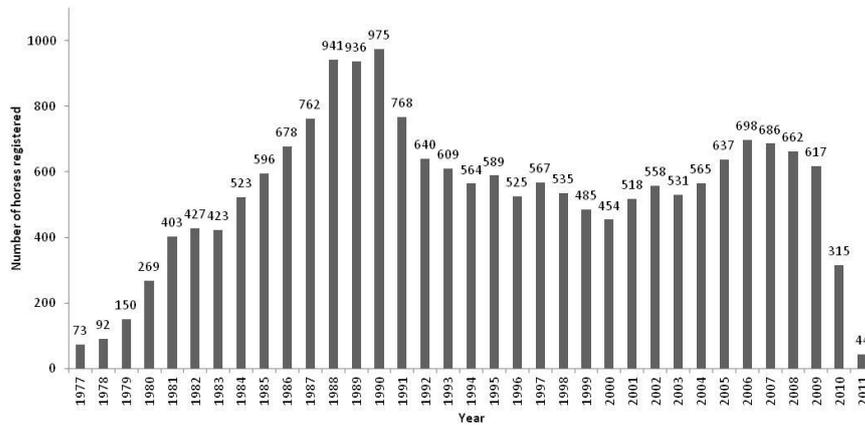


Figure 1. Registered Brasileiro de Hipismo horses per year from breed formation until June 2011.

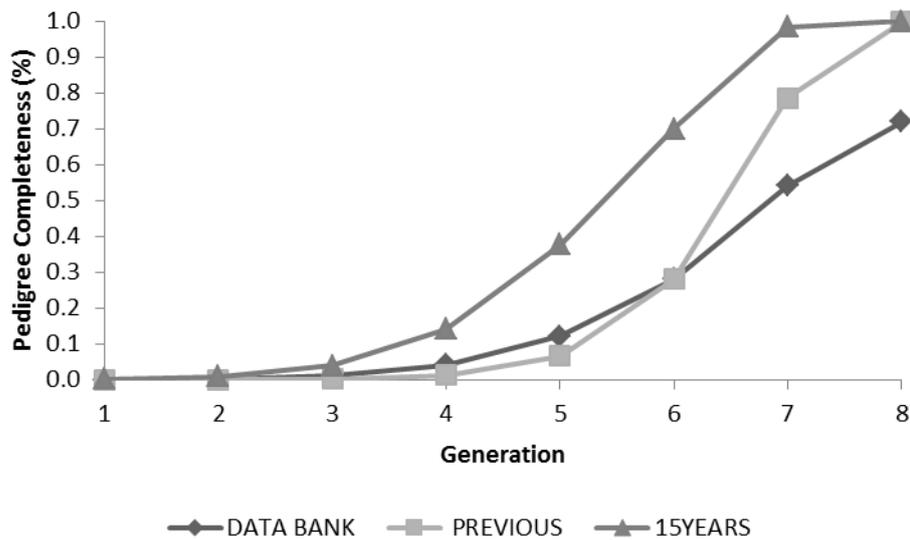


Figure 2. Pedigree completeness (%) per generation of the whole data bank (DATA BANK), BH population born until 1995 (PREVIOUS), and BH animals born in the last 15 years (15YEARS).

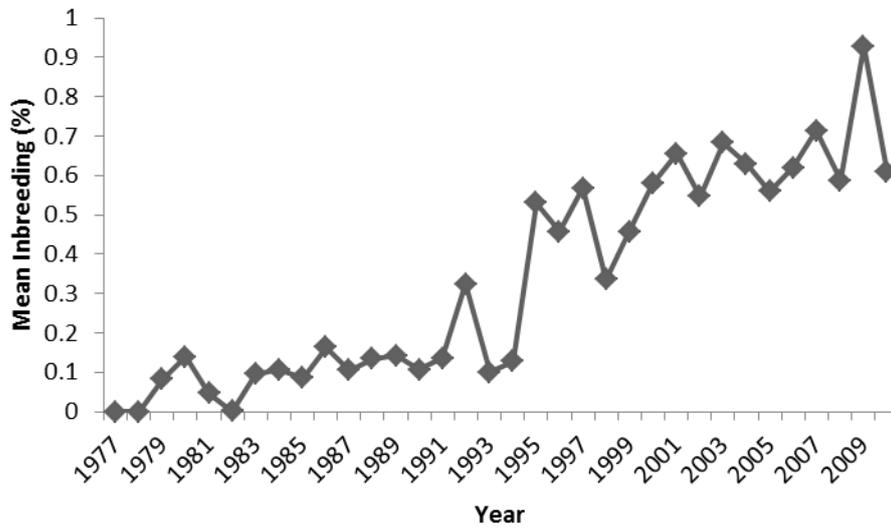


Figure 3. Mean annual inbreeding (%) of registered Brasileiro de Hipismo horses.

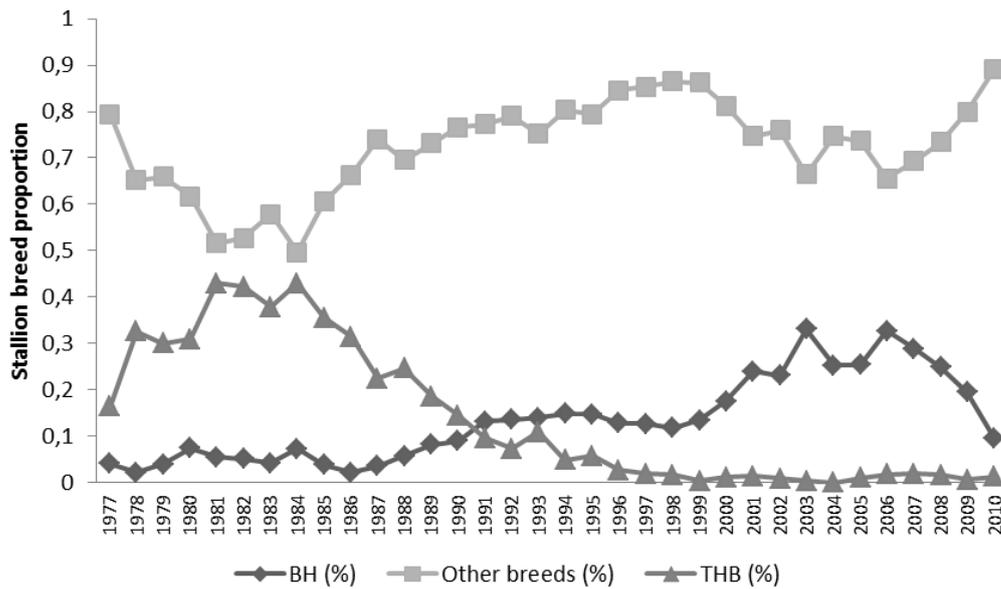


Figure 4. Proportional reproduction of stallions from Brasileiro de Hipismo (BH), Thoroughbred (THB) and other allowed breeds (Other breeds), based on the birth date of BH foals.

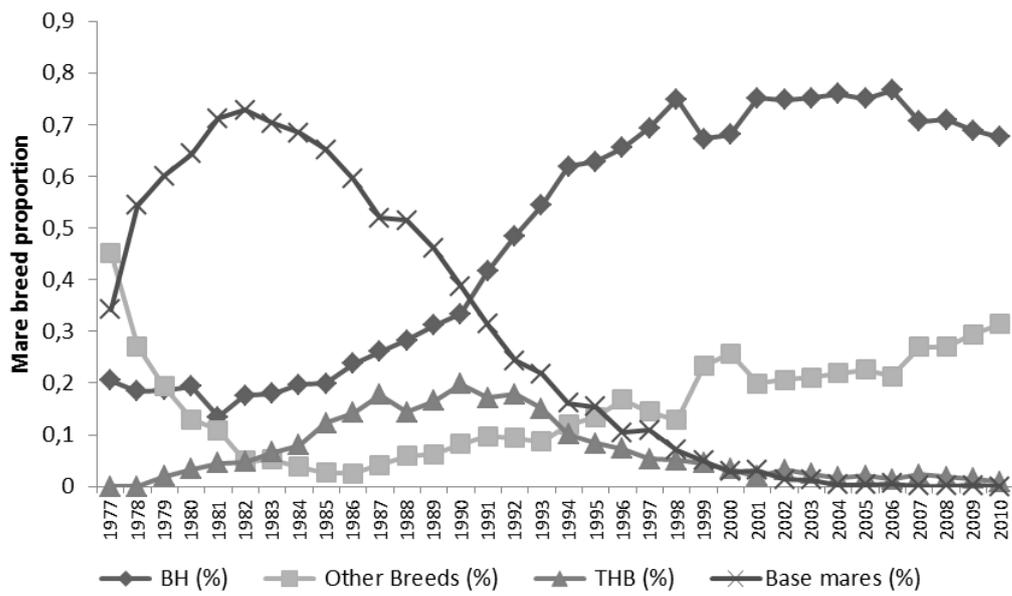


Figure 5. Proportional reproduction of mares from Brasileiro de Hipismo (BH), Thoroughbred (THB), other allowed breeds (Other breeds) and Base mares, based on the birth date of BH foals.

4 CAPÍTULO III – Estudo 2: Estimativa de parâmetros genéticos para medidas de desempenho esportivo na modalidade salto de cavalos da raça Brasileiro de Hipismo

4.1 Introdução

Equinos (*Equus caballus*) da raça Brasileiro de Hipismo (BH) são selecionados para os esportes hípicos de Salto, Adestramento e Concurso Completo de Equitação (CCE). A raça é reconhecida pela Federação Mundial de Criação de Cavalos de Esporte (WBFSH). Trata-se de uma população aberta, que permitia, até o ano de 2011, a entrada de material genético de qualquer raça reconhecida pela WBFSH, e das chamadas raças de esporte de sangue quente: Puro Sangue Inglês (PSI), Árabe e seus cruzamentos.

A Associação Brasileira de Criadores de Cavalos de Hipismo (ABCCH) define o Padrão Racial do Cavalo Brasileiro de Hipismo bem como a forma de seleção de animais com quesitos mínimos para reprodução. Atualmente, todas as éguas BH e das raças formadoras registradas no Serviço de Registro Genealógico (SRG) são admitidas como matrizes. Os candidatos a reprodutores machos são apresentados publicamente em eventos anuais intitulados “Aprovação de Reprodutores”; onde são avaliados segundo critérios morfológicos, funcionais e genealógicos descritos no regulamento da raça (ABCCH, 2011).

O sucesso de criadores de cavalos de Salto é mensurado pelo desempenho de seus produtos nos níveis mais altos de competição esportiva. No entanto, resultados neste tipo de competição geralmente são de avaliação tardia na vida do animal, e suas estimativas de herdabilidade (h^2) são de baixa a moderada magnitude (Aldridge et al. 2000; Posta et al. 2010; Viklund et al. 2010; Bartolomé et al., 2013). Thorén Hellsten et al. (2006) afirmaram que programas de seleção baseados somente no desempenho dos animais em provas de alto nível resultariam em ganhos genéticos reduzidos, devido aos longos intervalos de geração. A avaliação subjetiva do salto em liberdade de potros tem sido adotada por muitas Associações de criadores como um preditor do desempenho futuro na modalidade Salto. Desta forma, o estudo de correlações genéticas entre características avaliadas precocemente com resultados de salto em campeonatos oficiais torna-se essencial no estabelecimento de programas de seleção.

A estimativa de parâmetros genéticos específicos para uma população equina brasileira, de grande potencial esportivo e relevância internacional, permite o direcionamento de programas de seleção baseados em critérios passíveis de resposta. Tais estudos são

extremamente relevantes para a manutenção e continuidade do melhoramento genético do cavalo de esporte nacional.

O objetivo deste estudo consistiu na estimativa de parâmetros genéticos para medidas de desempenho esportivo na modalidade salto de cavalos da raça Brasileiro de Hipismo, buscando características do salto que possam ser avaliadas precocemente e que apresentem correlações genéticas (γ_g) favoráveis com medidas de desempenho esportivo posterior.

4.2 Material e métodos

A ABCCH disponibilizou dados genealógicos de todos os animais registrados no SRG desde a sua fundação, em Julho de 1977, até Junho de 2011; bem como todas as notas atribuídas aos animais submetidos à Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011. Resultados de provas de salto dos campeonatos oficiais da Confederação Brasileira de Hipismo (CBH) e Federações estaduais foram obtidos do site da ABCCH <http://www.brasileirodehipismo.com.br/site/html/stbhestatistica.asp>; sendo que a data do último acesso foi 27/10/2013.

Desta forma três bancos de dados distintos foram utilizados no presente estudo:

- i) O primeiro contendo informações genealógicas coletadas pela própria ABCCH, intitulado PEDIGREE no presente trabalho;
- ii) O segundo contendo cada uma das avaliações (notas) atribuídas por jurados às características morfológicas e funcionais avaliadas durante a Aprovação de Reprodutores, intitulado APROVAÇÃO;
- iii) O terceiro contendo resultados de competições dos campeonatos oficiais dos cavalos atletas da raça BH, intitulado DESEMPENHO.

4.2.1 Informações de PEDIGREE

O banco de dados genealógicos fornecido pela ABCCH, contendo 28.599 animais, foi expandido com a inclusão de 5.618 animais registrados como pais de 4.516 cavalos. Alguns ganhões estrangeiros amplamente conhecidos, e de progênie relevante na raça BH, tiveram suas relações genéticas complementadas. Tal complementação resultou na inclusão de 163 relações genéticas obtidas do site <http://www.brasileirodehipismo.com.br/genealogia/BuscaGenealogica.aspx>, mantido pela

ABCCH. O conjunto de dados final e efetivamente utilizado no presente trabalho (PEDIGREE) continha informações de 34.393 equinos incluindo: identificação do animal, pai, mãe, sexo, e raça. Dentre os animais, 19.012 (55,27%) eram efetivamente pertencentes à raça BH; 5.987 não apresentavam especificação de raça (17,41%); 4.639 fêmeas eram registradas como éguas base (13,49%); 1.461 cavalos representavam a raça PSI (4,25%); 725 a Westfalen (2,11%); e 641 a raça Holsteiner (1,86%). Os demais indivíduos (9,44%) eram representantes das outras 47 raças fundadoras, cada uma com proporções individuais inferiores a 1%.

4.2.2 Informações de APROVAÇÃO

O Regulamento da Aprovação de Reprodutores foi descrito pela ABCCH (2011) com quatro fases integrando o processo. A primeira consistiu em exame veterinário de caráter desclassificatório, e não resultou em atribuição de nota integrante da pontuação final. Estas avaliações não foram disponibilizadas pela ABCCH. A segunda etapa avaliou a movimentação dos animais em liberdade para os andamentos: PASSO, TROTE e GALOPE. Ponderação igual a três foi atribuída às duas primeiras, sendo que o GALOPE recebeu ponderação quatro para o cálculo da somatória de cada fase. Na terceira fase foram realizadas as avaliações morfológicas com o animal contido por cabresto e conduzido por um representante do proprietário do animal. Por fim, os animais foram novamente colocados em liberdade para a atribuição de notas para cada um dos indicadores funcionais de aptidão para salto. A somatória da pontuação de cada fase foi utilizada para o cálculo da média aritmética dos julgamentos de andamentos, morfologia, primeiro dia de salto, e segundo dia de salto. Desta forma as características de aptidão para salto exerceram maior influência sobre a pontuação final de cada candidato. Os reprodutores com pontuação final superior a 83 pontos foram aprovados com o título de mérito de aprovação e obtiveram seus títulos de ganhões de caráter definitivo.

As notas atribuídas aos animais submetidos à Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011, para cada característica morfológica e funcional avaliada, constituíram o banco de dados intitulado no presente estudo como: APROVAÇÃO. As informações prévias às avaliações foram dispostas da seguinte forma: identificação do animal, ano, idade, juiz, altura à cernelha (ALT), perímetro de canela (PC), perímetro de joelho (PJ), e perímetro de tórax (PT).

O regulamento da ABCCH descreve a metodologia e critérios de avaliação dos cavalos machos candidatos à reprodução na raça BH. Tal regulamento é revisado e aperfeiçoado com certa periodicidade pelo Conselho Deliberativo Técnico (CDT). O Colégio de Jurados (CJ) foi indicado pelo CDT podendo ser ter sido renovado em um terço a cada dois anos. Dentre os 15 membros do CJ, cada Comissão de Aprovação foi formada por maioria simples de profissionais com formação em Veterinária, Agronomia, ou Zootecnia, sendo no mínimo um Médico Veterinário. Também estavam aptos a integrarem a Comissão os criadores de cavalos BH ou cavaleiros de salto, adestramento ou CCE (ABCCH, 2011).

Desta forma, cada membro da Comissão de Avaliação anual atribuiu, para cada característica em cada candidato à reprodutor, uma nota subjetiva variando entre 0 e 10, onde o valor máximo (10) seria atribuído ao indivíduo que expressasse a característica de forma mais semelhante ao considerado ideal para um cavalo de esporte. Ainda segundo a ABCCH (2011), as avaliações morfológicas foram realizadas por comparação de cada candidato com o padrão racial, valorizando os caracteres raciais isoladamente e como um todo, procurando obter um conjunto harmonioso e proporcional do moderno cavalo de hipismo.

Entre os anos 2000 e 2006, foram atribuídas notas para 10 características morfológicas: cabeça, pescoço, peito-tórax-ventre (PTV), cernelha-dorso-lombo, garupa, membros anteriores (M.ANT), membros posteriores (M.POST), apurmos dinâmicos avaliados com o animal em movimento (AP.DINAM), modelo (MODELO), genealogia (GENEAL); e quatro demonstrações funcionais: passo, trote, galope e salto.

O ano 2007 representou uma transição metodológica, onde cabeça e pescoço foram agrupados em uma única nota (cabeça-pescoço), a união do dorso-lombo com a garupa compôs a característica dorso-lombo-garupa. No mesmo ano, a aptidão para salto foi avaliada de forma mais detalhada, incluindo nota específica para cada um dos aspectos: atitude, potência, mecânica de anteriores, mecânica de posteriores, flexibilidade, recepção e respeito-regularidade. Outros quatro aspectos avaliados exclusivamente em 2007 (abordagem, trajetória, alongamento de cabeça e pescoço, e recepção) não foram avaliados no presente trabalho devido à reduzida quantidade de informação disponível (129 observações oriundas de 26 animais).

Notas para genealogia não foram atribuídas nos anos de 2007 e 2008. Uma nota exclusiva para a conformação de cascos (CASCO) foi incluída na aprovação de ganhões a partir de 2009.

A partir de 2008 o agrupamento cabeça-pescoço foi mantido, enquanto que o dorso e o lombo dos animais foram avaliados de forma conjunta (dorso-lombo) e uma nota exclusiva

também foi atribuída para a garupa. As medidas funcionais de salto passaram a ser avaliadas em dois dias subsequentes, sendo então atribuídas duas notas para cada um dos dez aspectos: atitude, impulsão, potência, amplitude, temperamento, mecânica de membros anteriores, mecânica de membros posteriores, flexibilidade, respeito, e regularidade. Esta metodologia de avaliação de aptidão para salto foi mantida até 2011.

Com o intuito adaptar as análises dos anos anteriores ao modelo de avaliação atual e garantir o máximo de aproveitamento das informações presentes no banco de dados as características foram agrupadas segundo o modelo recente de Aprovação de Reprodutores (ABCCH, 2011). A representação visual dos agrupamentos realizados está disposta no Quadro 4.1. Assim, para os anos anteriores a 2007 calculou-se uma média das notas de cabeça e pescoço, que foram analisadas juntamente com as notas de cabeça-pescoço dos anos subsequentes, e foram tratadas neste estudo sob a sigla: CP. A característica LINHASUP foi criada a partir das notas de cernelha-dorso-lombo dos anos 2000 a 2006, dorso-lombo-garupa do ano 2007 e dorso-lombo a partir de 2008. Notas de Garupa foram analisadas juntamente com as notas de dorso-lombo-garupa do ano de 2007, e intitulada no presente estudo de GARUPA. As demais características não sofreram alterações de agrupamentos.

Para as medidas funcionais as avaliações dos andamentos permaneceram sob os nomes: PASSO, TROTE e GALOPE. A aptidão para o salto foi medida por observação do animal em movimento e quantificada também por pontuação entre zero e dez, onde ao salto considerado perfeito seria atribuída a nota de maior valor (dez).

A característica denominada SALTO foi referente à nota única atribuída até o ano de 2006. A partir do ano de 2007 os animais foram avaliados de acordo com a sua idade no momento de sua candidatura. Aqueles apresentados com idade inferior a 48 meses foram avaliados saltando em liberdade, a uma altura máxima de 1,30m por 1,80m de largura. Cavalos com idade entre 48 meses e 1 dia a 60 meses (4 anos); com idade entre 60 meses e 1 dia a 72 meses (5 anos); e aqueles com idade superior a 72 meses e 1 dia (6 anos) foram avaliados montados e segundo as diretrizes técnicas de competições para Cavalos Novos da CBH (2013c), com aumento progressivo de altura e dificuldade, para as categorias 4, 5 ou 6 anos respectivamente.

Quadro 4.1 Características Avaliadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011, paralelamente às características analisadas no presente trabalho.

Características Analisadas	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cabeça e Pescoço (CP)	Cabeça							Cabeça e Pescoço				
	Pescoço											
Peito-Tórax-Ventre (PTV)	Peito-Tórax-Ventre											
Linha Superior (LINHASUP)	Cernelha-Dorso-Lombo							Dorso-Lombo-Garupa		Dorso e Lombo		
Garupa (GARUPA)	Garupa									Garupa		
Membro Anterior (M.ANT)	Membros Anteriores											
Membro Posterior (M.POST)	Membros Posteriores											
Aprumo Dinâmico (AP.DINAM)	Aprumos Dinâmicos											
Cascos (CASCO)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*		Cascos	
Modelo (MODELO)	Modelo											
Genealogia (GENEAL)	Genealogia							NA*	NA*	Genealogia		
Passo (PASSO)	Passo											
Trote (TROTE)	Trote											
Galope (GALOPE)	Galope											
Salto (SALTO)	Salto							NA*	NA*	NA*	NA*	NA*
Atitude (ATITU)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Atitude	Atitude no 1o dia			
									Atitude no 2o dia			
Impulsão (IMPUL)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Impulsão no 1o dia			
									Impulsão no 2o dia			
Potência (POT)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Potência	Potência no 1o dia			
									Potência no 2o dia			
Amplitude (ATITU)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Amplitude no 1o dia			
									Amplitude no 2o dia			
Temperamento (TEMP)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Temperamento no 1o dia			
									Temperamento no 2o dia			
Mecânica De Anteriores (MEC.ANT)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Mecânica de Anteriores	Mecânica de Anteriores no 1o dia			
									Mecânica de Anteriores no 2o dia			
Mecânica De Posteriores (MEC.POST)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Mecânica de Posteriores	Mecânica de Posteriores no 1o dia			
									Mecânica de Posteriores no 2o dia			
Flexibilidade (FLEXI)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Flexibilidade	Flexibilidade no 1o dia			
									Flexibilidade no 2o dia			
Respeito (RESP)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Respeito-Regularidade	Respeito no 1o dia			
									Respeito no 2o dia			
Regularidade (REGUL)	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	NA*	Respeito-Regularidade	Regularidade no 1o dia			
									Regularidade no 2o dia			

NA* Característica não avaliada naquele ano.

A aplicação de um teste t pareado demonstrou que não houve diferença significativa entre as notas de um mesmo animal para os dois dias de avaliação de aptidão de salto adotados a partir de 2008. Desta forma, a média dos dois dias foi calculada para cada animal e utilizada nas análises dos seguintes aspectos: média de atitude (ATITU), potência (POT), mecânica de anteriores (MEC.ANT), mecânica de posteriores (MEC.POST), e flexibilidade (FLEXI). Tal média foi analisada juntamente com as notas únicas do ano de 2007 para as mesmas características. As notas de respeito-regularidade (2007) foram duplicadas para cada animal, sendo cada cópia analisada juntamente com as duas características respeito (RESP) e regularidade (REGUL), avaliadas a partir de 2008. Notas de impulsão (IMPUL), amplitude (AMPLI), e temperamento (TEMP) só foram consideradas a partir deste mesmo ano devido à ausência de avaliações anteriores.

O total de 16 juízes atuou no evento ao longo dos 12 anos. A quantidade anual de avaliadores variou entre 3 e 5. A Tabela 4.1 expõe o número de cavalos, juízes e observações considerado no presente trabalho.

Tabela 4.1 Número de animais, número de juízes e total de observações presentes, por ano, no banco de dados APROVAÇÃO.

Ano	Número de animais	Número de juízes	Total de observações
2000	12	5	60
2001	9	5	44
2002	28	4	101
2003	36	5	179
2004	15	5	74
2005	23	3	69
2006	27	3	64
2007	26	5	130
2008	35	5	156
2009	34	5	155
2010	30	3	90
2011	19	3	57
Total	294	16	1179

4.2.3 Informações de DESEMPENHO

Os resultados dos campeonatos oficiais promovidos pela CBH formaram um terceiro banco de dados contendo resultados das diversas competições dos calendários nacional e estaduais, oficialmente divulgados, desde o ano de 2006, e disponibilizados pela ABCCH. Tais resultados consistiram na classificação de cada animal em cada evento entre os anos de

2006 e 2013. Todos os resultados disponíveis no site até a data de 27 de Outubro de 2013 foram incluídos no banco de dados. O banco de dados DESEMPENHO era composto pelas seguintes variáveis: nome do animal, número de registro, data de nascimento, nome do evento (EVENTO), ano do evento (ANO), classificação no evento (CLASSI), número de concorrentes (NOCONC), pontuação (PONT), peso do campeonato ao qual o evento estava vinculado (PESOCA), peso da altura dos obstáculos do percurso (PESOAL) e pontuação final (PONTF).

A classificação de um concorrente individual estabeleceu-se de acordo com a tabela utilizada e as indicações do programa geral para cada competição ou as modificações assinaladas no plano de percurso (CBH, 2013a). A pontuação foi estabelecida de acordo com tabela divulgada pela ABCCH, e considerou a classificação do animal e número de concorrentes na prova em questão (Figura 4.1).

No. CONC.	+16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
CLASSIF.																
1o.	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2o.	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	
3o.	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2		
4o.	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
5o.	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
6o.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
7o.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
8o.	9	8	7	6	5	4	3	2	1							
9o.	8	7	6	5	4	3	2	1								
10o.	7	6	5	4	3	2	1									
11o.	6	5	4	3	2	1										
12o.	5	4	3	2	1											
13o.	4	3	2	1												
14o.	3	2	1													
15o.	2	1														
16o.	1															

Figura 4.1 Pontuação adotada pela ABCCH, considerando a classificação do animal (CLASSIF.), e número de concorrentes participando da prova (No. CONC):

Fonte: ABCCH (2013)

Dentre os campeonatos considerados tiveram-se: Campeonato de Saltos Estadual, Campeonato Brasileiro de Saltos, Campeonato de Saltos Nacional, e Campeonato de Saltos Internacional. A cada um deles foi atribuído, pela própria ABCCH, um peso (PESOCA) variando entre 1 e 5, segundo o seu grau de dificuldade.

Para a variável PESOAL a ABCCH também atribuiu de um peso para a altura dos obstáculos do percurso que o animal percorreu sendo: 01 metro (peso 0); 1,10 m (peso 1); 1,20 m (peso 2); 1,30 m (peso 3); 1,40 m (peso 4) e 1,50 m (peso 5).

A pontuação final (PONTF) foi utilizada nos últimos anos pela ABCCH como critério de classificação dos animais no “Ranking do Circuito BH”, sendo que o animal com maior soma de pontuação final ao final de cada ano foi o vencedor do ranking. Assim, a PONTF foi calculada pela ABCCH para cada percurso percorrido em EVENTO pela seguinte fórmula:

$$PONTF = (PESOCA + PESOAL) * PONT.$$

EVENTOs com número de observações inferior a 5 foram removidos do banco de dados. A data exata de realização de cada EVENTO não estava disponível no banco de dados, desta forma a idade de cada animal para cada prova foi calculada pela diferença, em anos, da sua data de nascimento e o dia 01 de Agosto do ano de realização do EVENTO. O dia adotado para o cálculo marca do início da temporada de nascimentos de cada ano, e é regulamentado como base de cálculo para a idade dos animais concorrentes do Circuito BH para Cavalos Novos (CBH, 2013b). A totalidade do banco de dados DESEMPENHO incluiu: 1.596 animais, 529 eventos e 54.852 resultados.

4.2.4 Escolha dos Modelos

Cada variável descrita e presente na base de dados APROVAÇÃO e DESEMPENHO foi submetida, separadamente, à análise de modelos mistos para a verificação de significância de efeitos fixos (Modelos Fenotípicos). Tais análises foram realizadas com a utilização comando Proc Mixed, do SAS[®] (Statistical Analysis System, Cary North Carolina), considerando o indivíduo como efeito aleatório e sujeito da análise.

Considerando que a Aprovação de Reprodutores é um evento realizado em quatro fases, e que a avaliação morfológica precede a avaliação de salto, admite-se que os juízes ao atribuir as notas de morfologia, no primeiro dia, desconhecem os movimentos de salto do animal. Por este motivo as análises foram fracionadas em dois segmentos: características morfológicas e de andamentos; e medidas funcionais de aptidão para salto. Assim as medidas de salto não foram incluídas nos modelos do primeiro segmento por serem desconhecidas para os juízes no momento de atribuição das notas de morfologia e andamentos.

As características morfológicas de APROVAÇÃO foram: CP; PTV; LINHASUP; GARUPA; M.ANT; M. POST; APRUMOS DINÂMICOS; CASCO; MODELO e GENEAL. As características de andamentos foram: PASSO, TROTE E GALOPE. O modelo

inicialmente proposto para cada uma delas incluiu os efeitos classificatórios fixos de ano e juiz; e as covariáveis idade, ALT, PC, PJ, e PT, juntamente com todas as demais notas de morfologia e andamentos. A característica CASCO não foi incluída como covariável em nenhum modelo por apresentar quantidade reduzida de observações.

Os andamentos foram avaliados cronologicamente antes das características morfológicas. No entanto, por questões didáticas, foram dispostas no presente trabalho em ordem inversa.

As medidas funcionais indicadoras da aptidão para salto foram: SALTO, ATITU, IMPUL, POT, AMPLI, TEMP, MEC.ANT, MEC.POST, FLEXI, RESP e REGUL. Seus modelos incluíram, além dos efeitos classificatórios de ano e juiz, as covariáveis idade, ALT, PC, PJ, e PT, somados a todos as demais notas.

Para os resultados de DESEMPENHO, as variáveis efetivamente avaliadas foram CLASSI e PONTF. Menores valores de CLASSI foram considerados como medida de maior capacidade do animal em vencer a prova ao qual foi submetido; enquanto que valores mais altos de PONTF indicavam maior capacidade do animal em efetivar pontuação em eventos com maior número e qualidade de concorrentes, e/ou maior altura de obstáculos. Os efeitos fixos testados para os modelos foram: evento (dentro de ano) como efeito classificatório, e as demais informações como covariáveis.

Os efeitos que não se mostraram significativos ($p > 0,05$) foram removidos do modelo final para cada variável analisada.

O modelo inicialmente proposto (Modelo Fenotípico) para a verificação de significância ($p < 0,05$) dos efeitos fixos das características morfológicas e funcionais na base de dados APROVAÇÃO foi representado como:

Modelo 1: Modelo Fenotípico de APROVAÇÃO

$$Y_i = \mu + g_i + w_i + e$$

Em que:

Y_i = variável dependente: nota atribuída ao animal i para cada característica morfológica avaliada durante a Aprovação de Reprodutores;

μ = média geral das notas atribuídas à característica i ;

g_i = efeito aleatório do animal sobre a nota atribuída;

w_i = soma dos efeitos ambientais conhecidos (efeitos fixos) que influenciaram a característica;

e = influência do efeito residual sobre a característica.

O modelo inicialmente proposto para a verificação da significância ($p < 0,05$) dos efeitos fixos das características consideradas na base de dados DESEMPENHO foi representado como:

Modelo 2: Modelo Fenotípico para DESEMPENHO

$$Y_i = \mu + g_i + r_i + w_i + e$$

Em que:

Y_i = variável dependente: resultados de desempenho esportivo em concursos oficiais organizados pela CBH;

μ = média geral das notas atribuídas à característica i ;

g_i = efeito aleatório do animal sobre cada resultado;

r_i = efeito aleatório associado à cada medida repetida do indivíduo i ;

w_i = soma dos efeitos ambientais conhecidos (efeitos fixos) que influenciam a característica;

e = influência do efeito residual sobre a característica.

O modelo considerado mais adequado para cada característica foi aquele que apresentou as seguintes características: critério de convergência obtido, significância ($p < 0,05$) em todos os efeitos e menor valor para Critério de Informação de Akaike (AIC) (Akaike, 1973).

4.2.5 Estimativa dos parâmetros genéticos

Os componentes de variância, covariância e estimativas de parâmetros genéticos foram obtidos com a aplicação do Modelo Animal, via metodologia Máxima Verossimilhança Restrita Livre de Derivadas, com a utilização do conjunto de programas MTDFREML (Boldman et al. 1995).

Os efeitos fixos classificatórios que se mostraram significativos na escolha do modelo (Modelo 1) foram mantidos. As duas covariáveis que demonstraram maior influência na análise anterior foram mantidas nos modelos de estimativa de parâmetros genéticos. Os componentes de variância foram estimados para cada característica individualmente, utilizando como *priors* as variâncias de indivíduo e residual resultantes do Modelo 1.

O modelo geral adotado para a estimativa dos componentes de variância para as características de morfologia em APROVAÇÃO foi representado por:

Modelo 3:

$$Y = X\beta + Z\alpha + e$$

Em que:

Y = vetor de observações: nota atribuída para cada característica morfológica avaliada durante a Aprovação de Reprodutores;

X = matriz de incidência de efeitos fixos de maior influência sobre a nota da característica morfológica;

β = vetor de efeitos fixos de maior influência sobre a nota da característica morfológica;

Z = matriz de incidência de efeitos aleatórios genéticos aditivos;

α = vetor de efeitos genéticos aditivos (aleatório);

e = influência do efeito residual sobre a característica.

No intuito de verificar a ocorrência de efeitos ambientais permanentes de origem genética materna sobre o comportamento dos cavalos e, conseqüentemente, sobre a manifestação das aptidões funcionais perante uma situação de estresse ambiental, o efeito aleatório genético da mãe foi incluído no modelo de estimativa de parâmetros genéticos para as notas de andamentos e indicadores de aptidão para salto presentes em APROVAÇÃO. Para tais características o modelo utilizado na obtenção dos componentes de variância foi representado da seguinte forma:

Modelo 4:

$$Y = X\beta + Z_1\alpha + Z_2m + e$$

Em que:

Y = vetor de observações: nota atribuída para cada característica funcional avaliada durante a Aprovação de Reprodutores;

X = matriz de incidência de efeitos fixos de maior influencia sobre a característica;

β = vetor de efeitos fixos de maior influencia sobre a característica;

Z_1 = matriz de incidência de efeitos aleatórios genéticos aditivos;

α = vetor de efeitos genéticos aditivos (aleatório);

Z_2 = matriz de incidência de efeitos aleatórios de ambiente materno;

m = vetor de efeitos maternos (aleatório não correlacionado ao genótipo);

e = influência do efeito residual sobre a característica.

Para as características de DESEMPENHO avaliadas o modelo incluiu, além do efeito aleatório genético aditivo, os efeitos aleatórios: genético materno e do próprio animal. Este último foi incluído com o objetivo de estimar a magnitude da somatória de efeitos genéticos não aditivos e outros efeitos de ambiente permanente, intrínsecos ao indivíduo. Desta forma, o Modelo 5 representa aquele adotado para CLASSI e PONTF.

Modelo 5:

$$Y = X\beta + Z_1\alpha + Z_2m + Z_3p + e$$

Em que:

Y = vetor de observações: resultados de desempenho esportivo em concursos oficiais organizados pela CBH;

X = matriz de incidência de efeitos fixos de influencia sobre a característica;

β = vetor de efeitos fixos de influencia sobre a característica;

Z_1 = matriz de incidência de efeitos aleatórios genéticos aditivos;

α = vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos;

Z_2 = matriz de incidência de efeitos aleatórios genéticos maternos;

m = vetor de efeitos genéticos maternos (aleatório);

Z_3 = matriz de incidência de efeitos aleatórios intrínsecos ao animal (genéticos não aditivos e de ambiente permanente);

p = vetor de efeitos aleatórios intrínsecos ao animal (genéticos não aditivos e de ambiente permanente);

e = influência do efeito residual sobre a característica.

As características de desempenho foram avaliadas mais uma vez, sob o mesmo modelo, por meio de um subconjunto de dados oriundos de DESEMPENHO. Somente os eventos destinados exclusivamente à categoria Cavalos Novos foram incluídos nesta segunda análise. Esta categoria foi regulamentada pela Confederação Brasileira de Hipismo (CBH, 2013c) e direcionada a cavalos jovens em início de carreira esportiva; onde os mesmos competem entre si dentro de uma mesma faixa etária e com aumento progressivo nos níveis de altura e dificuldade de percurso. Esta segunda análise foi realizada com o objetivo de verificar a magnitude dos efeitos aleatórios sob condições ambientais mais uniformes.

As estimativas de correlações genéticas de características avaliadas precocemente com resultados de desempenho esportivo foram obtidas com a união dos bancos de dados APROVAÇÃO e DESEMPENHO. Os componentes de covariância e correlações genéticas foram estimados em análises bi características entre a CLASSI e os aspectos funcionais avaliados durante a Aprovação de Reprodutores. Estimativas similares também foram obtidas entre os últimos e PONTF. As variâncias obtidas nas análises individuais foram utilizadas como *priors* nos modelos bi característicos. Todos *priors* de covariância foram iniciados com valor igual a 0,001.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Características avaliadas em APROVAÇÃO

As estatísticas descritivas para as características analisadas neste estudo foram apresentadas na

Tabela 4.2 para as informações de APROVAÇÃO.

Os candidatos a reprodutores apresentaram altura média de 166,9 ($\pm 3,5$) cm. O Padrão Racial (ABCCH, 2011) indicou a altura da cernelha (ALT) ideal para machos aos cinco anos de 168 cm; perímetro da canela (PC) de 21,5cm e perímetro torácico (PT) igual a 190cm. Considerando que a idade média calculada para APROVAÇÃO foi de 5,5 ($\pm 2,4$) anos e que o cavalo mais jovem tinha 2,7 anos no momento de sua avaliação; acredita-se que, a obtenção da idade adulta pelos animais abaixo de cinco anos venha a elevar as médias amostrais para ALT e PT. O coeficiente de variação de 42% para idade dos animais representou a grande heterogeneidade da amostra neste quesito.

Tabela 4.2 Estatísticas descritivas para as características da Aprovação de Reprodutores avaliadas entre 2000 e 2011 e consideradas no presente estudo.

Característica	Nº de obs	Media	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	1179	5,49	2,35	42,81	2,70	14,46
Altura (cm)	1179	166,94	3,52	2,11	156,00	177,00
Perímetro de Canela (cm)	1179	21,86	1,35	6,18	19,00	34,00
Perímetro de tórax (cm)	1179	189,24	5,57	2,94	160,00	208,00
Perímetro de joelho (cm)	1179	35,16	2,00	5,68	22,00	48,00
CP*	1178	7,52	1,19	15,89	3,00	10,00
PTV*	1176	7,44	0,68	9,09	3,00	9,60
LINHASUP*	1178	7,35	0,73	9,96	4,00	9,00
GARUPA*	1048	7,46	0,73	9,83	2,00	9,00
M.ANT*	1177	6,98	0,82	11,78	3,00	9,00
M.POST*	1177	7,09	0,80	11,27	3,00	9,00
AP.DINAM*	1176	7,11	0,87	12,22	4,00	9,50
CASCO*	302	7,31	0,84	11,44	4,00	9,00
MODELO*	1162	7,34	0,94	12,77	2,00	9,50
GENEAL*	868	7,81	0,88	11,28	5,00	9,90
PASSO*	1178	7,19	0,76	10,64	4,00	9,00
TROTE*	1178	7,30	0,88	12,01	4,00	9,50
GALOPE*	1130	7,57	0,74	9,81	4,00	10,00
SALTO*	544	7,97	0,72	8,98	4,50	9,50
ATITU* ⁺	581	7,58	1,14	15,01	0,00	10,00
IMPUL* ⁺	451	7,72	1,08	14,02	3,00	10,00
POT* ⁺	581	7,54	1,15	15,23	0,00	10,00
AMPLI* ⁺	451	7,71	1,10	14,26	3,50	10,00
TEMP* ⁺	451	7,88	1,03	13,12	5,00	10,00
MEC.ANT* ⁺	581	7,51	1,08	14,36	0,00	10,00
MECPOST* ⁺	581	7,44	1,08	14,50	0,00	10,00
FLEXI* ⁺	581	7,44	1,12	15,06	0,00	10,00
RESP* ⁺	428	7,56	1,19	15,80	0,00	10,00
REGUL* ⁺	581	7,46	1,15	15,44	0,00	10,00

* Notas atribuídas pelos juízes durante a Aprovação de Reprodutores.

⁺ Média dos dois dias de avaliação para os anos a partir de 2008. Para 2007 a avaliação foi realizada em um único momento.

É importante lembrar que os animais avaliados em APROVAÇÃO não constituíram uma amostra aleatória da população BH. Em média, 592,60 produtos BH nasceram anualmente entre 2000 e 2009. A média anual de machos submetidos à APROVAÇÃO no mesmo período foi de 24,50. Genericamente, cerca de 4,13% do total de nascimentos e 8,27% dos produtos machos foram avaliados. Portanto, o banco de dados incluiu uma pequena fração daqueles considerados pelos criadores como os seus melhores produtos disponíveis.

Dentre as características de APROVAÇÃO, o efeito de Juiz ($p < 0,004$) foi significativo para todas as características morfológicas, exceto AP.DINAM. Medidas funcionais

indicadoras de aptidão para salto também apresentaram significância ($p < 0,016$) neste efeito, tais como: ATITU, POT, TEMP, MEC.ANT, MEC.POST, FLEXI e REGUL.

O Ano influenciou ($p < 0,02$) a avaliação das seguintes características morfológicas: CP (efeito significativo nos anos 2008 e 2009), GARUPA (de 2000 a 2004, e 2008), M.ANT (2010), MODELO (2005 e 2010), e GENEL (2006, 2009 e 2010). As notas para TROTE também tiveram suas médias reduzidas nos anos de 2009 e 2010.

Juntamente com a mudança de metodologia de avaliação, o ano de 2008 foi marcado por uma renovação quase que completa na sua Comissão de Aprovação. Dentre os 16 avaliadores que atuaram no período, 10 atuaram entre os anos 2000 e 2007, e outros 5 passaram a compor o Colégio de Jurados a partir de 2008. Somente um, dos seis integrantes do quadro recente, havia atuado no período anterior; mais precisamente no ano de 2004. No entanto, tal renovação não parece ter sido responsável pelos efeitos de Ano sobre as notas morfológicas, considerando-se a significância do efeito em momentos anteriores e posteriores às alterações. Os candidatos apresentados naqueles anos podem efetivamente ter apresentado qualidade média inferior aos demais anos para os quesitos descritos.

Os resultados da verificação de significância de efeitos fixos, considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos), foram dispostos na Tabela 4.3 para características de morfológicas e de andamento dos dados de APROVAÇÃO. Tais modelos contribuíram para a elucidação dos fatores que influenciaram a atribuição de nota pelos juízes para as diferentes características.

O Padrão Racial descrito pela ABCCH (2011) consistiu em um cavalo “mediolíneo” com cabeça e pescoço de comprimento médio. Assim, o modelo obtido para CP demonstra que cavalos mais altos ($p = 0,006$) receberam valores sensivelmente menores como nota neste quesito. O MODELO ($p < 0,0001$) exerceu influência mais evidente sobre CP, demonstrando que tal avaliação não foi realizada de forma isolada e sim considerando o animal como um todo; provavelmente analisando as proporções que a cabeça e o pescoço representam em relação às dimensões do corpo.

A busca pelo conjunto harmonioso e proporcional, previsto no Padrão Racial, foi verificada pelas relações consistentes entre características morfológicas interdependentes e anatomicamente relacionadas. Assim, notas para PTV de cada animal foram, provavelmente atribuídas de forma conjunta com a LINHASUP e GARUPA ($p < 0,0001$). PTV revelou ainda conexão significativa ($p < 0,0001$) com outras estruturas próximas, como PT e M.ANT.

Tabela 4.3 Resultados da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) de morfologia e funcionais de andamentos do banco de dados APROVAÇÃO.

Características Analisadas	σ^2 Indivíduo* ⁺ (p<0,0004)	σ^2 Residual* (p<0,0001)	Modelo** (p<0,034)
Cabeça e Pescoço (CP)	0.1352 (0,13)	1.0206	$Y = 9,06 + \text{Ano} + \text{Juiz} - 0,03*(\text{ALT}) + 0,38*(\text{MODELO}) + 0,12*(\text{TROTE})$
Peito-Tórax-Ventre (PTV)	0.05625 (0,34)	0.1644	$Y = -1,33 + \text{Juiz} + 0,02*(\text{PT}) + 0,27*(\text{LINHASUP}) + 0,24*(\text{GARUPA}) + 0,15*(\text{M.ANT}) + 0,09*(\text{PASSO})$
Linha Superior (LINHASUP)	0.1092 (0,76)	0.1441	$Y = 1,41 + \text{Juiz} + 0,27*(\text{PTV}) + 0,26*(\text{GARUPA}) + 0,08*(\text{M.POST}) + 0,10*(\text{MODELO}) + 0,10*(\text{GALOPE})$
GARUPA	0.07698 (0,42)	0.184	$Y = 1,38 + \text{Ano} + \text{Juiz} + 0,02*(\text{Idade}) + 0,26*(\text{PTV}) + 0,29*(\text{LINHASUP}) + 0,14*(\text{M.POST}) + 0,14*(\text{MODELO})$
Membros Anteriores (M.ANT)	0.1076 (0,58)	0.1845	$Y = 0,92 + \text{Ano} + \text{Juiz} + 0,18*(\text{PTV}) + 0,42*(\text{M.POST}) + 0,17*(\text{MODELO}) + 0,09*(\text{PASSO})$
Membros Posteriores (M.POST)	0.07392 (0,43)	0.1719	$Y = 0,71 + \text{Juiz} + 0,11*(\text{LINHASUP}) + 0,13*(\text{GARUPA}) + 0,41*(\text{M.ANT}) + 0,17*(\text{APDINAM}) + 0,06*(\text{GENEAL})$
Aprumos Dinâmicos (AP.DINAM)	0.1354 (0,56)	0.2398	$Y = 3,67 - 0,02*(\text{ALT}) + 0,03*(\text{PJ}) + 0,13*(\text{M.ANT}) + 0,28*(\text{M.POST}) + 0,14*(\text{MODELO}) + 0,29*(\text{TROTE})$
CASCO	0.1744 (0,84)	0.2076	$Y = 3,31 + \text{Juiz} + 0,34*(\text{M.POST}) + 0,22*(\text{AP.DINAM})$
MODELO	0.3019 (2,15)	0.1401	$Y = \text{Ano} + \text{Juiz} + 0,04*(\text{ALT}) - 0,06*(\text{PJ}) + 0,04*(\text{CP}) + 0,14*(\text{LINHASUP}) + 0,11*(\text{GARUPA}) + 0,13*(\text{M.ANT}) + 0,10*(\text{AP.DINAM}) + 0,13*(\text{GENEAL}) + 0,07*(\text{PASSO}) + 0,12*(\text{TROTE})$
Genealogia (GENEAL)	0.5251 (4,59)	0.1143	$Y = 6,48 + \text{Ano} + \text{Juiz} - 0,06*(\text{Idade}) + 0,07*(\text{AP.DINAM}) + 0,09*(\text{MODELO}) + 0,10*(\text{GALOPE})$
PASSO	0,1185 (0,62)	0,1885	$Y = 1,76 + \text{Juiz} + 0,08*(\text{PTV}) + 0,09*(\text{M.ANT}) + 0,10*(\text{MODELO}) + 0,29*(\text{TROTE}) + 0,17*(\text{GALOPE})$
TROTE	0,1619 (1,05)	0,1535	$Y = 1,22 + \text{Ano} + \text{Juiz} + 0,06*(\text{GARUPA}) + 0,16*(\text{AP.DINAM}) + 0,12*(\text{MODELO}) + 0,23*(\text{PASSO}) + 0,27*(\text{GALOPE})$
GALOPE	0,1254 (0,88)	0,1425	$Y = 3,12 + \text{Juiz} + 0,1*(\text{LINHASUP}) + 0,08*(\text{GENEAL}) + 0,15*(\text{PASSO}) + 0,29*(\text{TROTE})$

* As estimativas de variância de indivíduo (σ^2 indivíduo) e variância residual (σ^2 Residual) foram utilizadas como *priors* iniciais para as estimativas de parâmetros genéticos.

** As duas covariáveis em negrito, para cada característica, foram as de maior influência e foram incluídas nos modelos para a estimativa dos parâmetros genéticos.

⁺ A proporção da covariância de indivíduo em relação à σ^2 Residual foi demonstrada entre parentes, juntamente com cada σ^2 indivíduo.

A característica M.ANT demonstrou consistente associação ($p < 0,0001$) com PTV, MODELO e M.POST. Este último, por sua vez foi relacionado ($p < 0,0001$) à M.ANT e AP.DINAM. A Avaliação do animal como um todo pôde, mais uma vez, ser verificada em M.POST também pela sua influência de LINHASUP e GARUPA ($p < 0,002$).

A conformação de CASCO apresentou intercepto consistente e igual a 3,31 ($p < 0,0001$) e influência de Juiz ($p < 0,0001$). Conforme esperado, o modelo demonstrou que aqueles cavalos que apresentaram bons cascos, apresentaram ($p < 0,0001$) também boa conformação de M.POST e adequada movimentação em AP.DINAM.

O resultado obtido para AP.DINAM apresentou algumas particularidades em relação aos demais. A característica foi avaliada com o animal sendo conduzido a passo e a trote em direção ao observador, em sentido oposto e com vista lateral para o Juiz. Aparentemente os conceitos a respeito de qualidade de aprumos mensurados com animal em movimento foram absolutos e bem consolidados, não tendo sido influenciados por efeitos de Ano, ou Juiz. Outra questão interessante foi que cavalos muito altos apresentaram dificuldades em manter a trajetória adequada dos membros durante o movimento, como pôde ser observado pelo efeito redutor de ALT ($p = 0,006$) sobre AP.DINAM. A influência ($p < 0,0001$) de M.ANT e MODELO foram inferiores àquelas exercidas por M.POST e TROTE. Conforme o Regulamento (ABCCCH, 2011), o paralelismo dos membros foi um dos quesitos considerado nas avaliações de TROTE, explicando a recíproca influência de AP.DINAM sobre as notas de TROTE, e vice versa.

De forma semelhante, todos os aspectos morfológicos foram avaliados com o animal contido por cabresto e conduzido à mão, enquanto este foi posicionado à frente dos juízes sob diferentes ângulos e movimentado a passo e a trote (ABCCCH, 2011). Assim, a relação entre a qualidade do PASSO e as notas de PTV ($p = 0,001$) e M.ANT ($p = 0,001$) foi explicada. Pôde-se perceber que a conformação descrita no Padrão Racial para estes aspectos morfológicos refletiram de forma significativa sobre a elasticidade e amplitude de movimentos de membros anteriores requeridos para o PASSO tido como ideal.

A fidelidade dos juízes aos caracteres gerais do Protótipo do Cavallo de Hipismo foi demonstrada em MODELO. A sutil relação de MODELO com PASSO ($p = 0,034$) e TROTE ($p = 0,0004$) sugere ainda que animais morfológicamente proporcionais apresentaram movimentos equilibrados. O Modelo Fenotípico para esta característica não apresentou intercepto significativo, sendo a nota de MODELO de cada cavalo composta por frações ($p < 0,034$) dos valores de ALT, CP, LINHASUP, GARUPA, M.ANT AP.DINAM, GENEAL,

PASSO e TROTE. A influência negativa de PJ ($p < 0,002$) indicou a preferência por animais altos, porém de constituição leve.

O objetivo da ABCCH (2011) ao incluir uma nota para GENEAL na Aprovação de Reprodutores consistiu na valorização das linhagens de maior contribuição para o desenvolvimento do cavalo de hipismo. O Modelo Fenotípico apresentou intercepto de valor elevado e significativo ($p < .0001$), evidenciando o caráter intrínseco a esta característica e discreta influência ($p < 0,006$) de AP.DINAM, MODELO e GALOPE. Através da análise conjunta da significância dos efeitos de Ano e Idade, pôde-se verificar a oscilação no conceito de genealogia favorável ao longo do tempo. A Idade apresentou efeito ($p < 0,002$) discreto e negativo sobre as notas de GENEAL; desta forma cavalos mais velhos receberam avaliações significativamente inferiores àqueles mais jovens. Assim, um criador que decidisse pela utilização de uma linhagem considerada favorável em determinada temporada de monta, esta poderia receber avaliações diferentes nos anos subsequentes, quando o produto deste cruzamento chegasse à Aprovação de Reprodutores.

Sabe-se que a estimativa de valores genéticos prevê a valorização de linhagens superiores através da obtenção de estimativas mais precisas naquelas famílias com maior quantidade de avaliações favoráveis. Desta forma, as notas para genealogia poderiam ser substituídas de forma eficiente pela utilização de estimativas acuradas de valores genéticos para os objetivos de seleção.

As avaliações de andamentos se deram pela apresentação dos candidatos em liberdade, no mesmo ambiente onde posteriormente ocorreram as avaliações de salto. Após breve período de ambientação, os animais percorreram duas voltas em percurso delimitado nas margens de um picadeiro, contendo em seu trajeto um obstáculo de fácil transposição em forma de “X”. O PASSO, TROTE e o GALOPE, foram avaliados sob estas condições. Regularidade, flexibilidade e impulsão foram aspectos indicados como desejáveis nos três andamentos. O transpistamento dos membros posteriores nas marcas dos anteriores foi esperado tanto ao PASSO quanto ao TROTE. Por fim, o engajamento dos posteriores deveria estar presente em animais com TROTE e GALOPE de qualidade (ABCCH, 2011).

Segundo a Federação Equestre Internacional (FEI), o termo impulsão é utilizado para descrever a transmissão da energia propulsiva gerada nos membros posteriores em um movimento atlético do cavalo. A Impulsão pode ser visualizada pelo balançar suave das costas do cavalo, guiada pelas mãos suaves do cavaleiro. Esta não está de forma alguma relacionada à velocidade, mas consiste em elemento fundamental para obtenção da Reunião. A Reunião, por sua vez, constitui em postura que deve ser buscada no cavalo em movimento;

sendo fundamental para a manutenção do movimento atlético equilibrado, e requisitada em grande parte dos esportes equestres. Uma atitude importante na obtenção da reunião é o rebaixamento da garupa e engajamento dos membros posteriores, de forma a manter a leveza e facilidade de movimento dos membros anteriores (Fédération Equestre Internationale, 2014). Tal postura facilita o movimento de propulsão do cavalo estando, conseqüentemente, relacionada à impulsão e ao engajamento dos posteriores; características desejadas pela ABCCH em TROTE e GALOPE.

Desta forma, as notas para os três andamentos exerceram influência mútua ($p < 0,0001$) umas sobre as outras. Adicionalmente, observaram-se efeitos sutis, porém significativos ($p < 0,004$), de GENEAL e LINHASUP sobre este andamento. Cabe lembrar que, neste modelo, os anos de 2007 e 2008 não foram incluídos na análise devido à ausência de avaliação de GENEL. Conseqüentemente a mudança realizada em 2007 através do agrupamento dorso-lombo-garupa não refletiu sobre a significância de LINHASUP.

Duas hipóteses puderam ser formuladas para justificar a influência de GENEAL sobre M.POST, MODELO e GALOPE. A primeira consistiu na real capacidade de transmissão de superioridade genética, nestas características, pelas linhagens mais valorizadas. Neste caso esperar-se ia a verificação de tal influencia também sobre características funcionais indicadoras de aptidão para salto, o que não foi demonstrado pelos respectivos Modelos Fenotípicos destas características e foi discutido em seção posterior no presente trabalho. Uma segunda possibilidade seria a ocorrência de certa influência psicológica sobre os Juízes pela presença de linhagens famosas no pedigree de alguns animais; onde estes teriam sido inconscientemente induzidos a atribuir notas mais favoráveis a estes animais. Assim, concluiu-se que o envolvimento de informações genealógicas em avaliações visuais pode aumentar o grau de subjetividade envolvido; dificultando o exercício do princípio de imparcialidade por parte do Juiz.

Características morfológicas têm tido, tradicionalmente, caráter importante na criação e comercialização de cavalos de esporte, conforme relatado para as raças Sela Sueca por Holmström & Philipsson (1993); Sela Holandesa (KWPN) por Koenen et al. (1995); e Sela Belga por Rustin et al. (2009).

Holmström & Philipsson (1993) relataram um alto grau de grau de subjetividade envolvido em avaliações visuais de conformação. Os autores estimaram correlações fenotípicas entre medidas corporais (comprimento do metatarso, úmero e fêmur; ângulos entre escápula e fêmur e o plano horizontal; ângulo das articulações escapulo-umeral e úmero-radio-ulnar) e escores ortopédicos em potros de quatro anos variando entre 0,27 e 0,31.

Mensurações diretas de partes do corpo, combinadas com escores corporais atribuídos por juízes foram capazes de explicar 43% da variação em escores de andamentos. A relação entre andamentos avaliados com o animal montado, por sua vez, foram descritas como positivamente relacionadas entre si; bem como a específica relação favorável entre galope e capacidade de salto (Holmstöm & Philipsson; 1993). Os autores concluíram que a efetiva medida de partes do corpo associada a escores de conformação tradicionais, atribuídos por juízes, consistiu em método eficiente de predição da qualidade dos andamentos de um cavalo.

Os Modelos Fenotípicos demonstraram que, de forma geral, as notas para aspectos de morfologia e andamentos seguiram efetivamente o padrão racial descrito não apenas para cada característica, mas também para o cavalo como um todo; conforme recomendado pela ABCCH (2011).

Os componentes de variância obtidos por Modelo Animal para características morfológicas foram dispostos na Tabela 4.4. Aspectos de conformação de cavalos BH, avaliados subjetivamente através de nota atribuída por juízes experientes, apresentaram estimativas de herdabilidade de moderada magnitude. A avaliação morfológica conjunta realizada em MODELO, no entanto, mostrou estimativa mais alta de herdabilidade.

Tabela 4.4 Componentes de variância obtidos por Modelo Animal para avaliações morfológicas realizadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011.

Característica	σ^2 Genética Aditiva	σ^2 Ambiental	σ^2 Fenotípica	Herdabilidade*	Proporção Residual*	-2 log L**
CP	0,117	0,211	0,328	0,36 (0,03)	0,64 (0,03)	-205,99
PTV	0,075	0,178	0,253	0,30 (0,04)	0,70 (0,04)	-436,84
LINHASUP	0,120	0,164	0,284	0,42 (0,04)	0,58 (0,04)	-428,15
GARUPA	0,097	0,202	0,299	0,32 (0,04)	0,68 (0,04)	-250,66
M. ANT	0,121	0,206	0,327	0,37 (0,04)	0,63 (0,04)	-230,44
M.POST	0,078	0,223	0,301	0,26 (0,03)	0,74 (0,03)	-266,37
AP.DINAM	0,132	0,283	0,415	0,32 (0,03)	0,68 (0,03)	-4,85
CASCO	0,162	0,243	0,405	0,40 (0,07)	0,60 (0,07)	3,73
MODELO	0,452	0,178	0,630	0,72 (0,02)	0,28 (0,02)	-68,51
GENEAL	0,553	0,118	0,671	0,82 (0,02)	0,18 (0,02)	-220,80

* Erro Padrão da estimativa exposto entre parênteses.

** -2log da Verossimilhança obtido com critério de convergência igual a 1.d-9.

Frequentemente as medidas subjetivas de conformação de cavalos de salto relatadas para outras populações incluíram menor quantidade de características, cada uma delas abrangendo regiões mais amplas do corpo do animal, como: “tipo”, cabeça e pescoço, corpo e membros. Até o ano 2000, os trabalhos envolvendo aspectos de conformação de cavalos foram revisados por Saastamoinen & Barrey (2000). Estimativas de herdabilidade para tais avaliações

morfológicas, amplas e extremamente abrangentes, avaliadas subjetivamente oscilaram entre 0,20 e 0,50, de forma semelhante ao obtido no presente trabalho (0,26 a 0,82).

Alguns estudos foram realizados sobre um único escore para conformação. Valores de herdabilidade remotamente relatados para estes escores ainda mais generalizados apresentaram variação ainda maior e entre 0,12 e 0,51 (Saastamoinen & Barrey, 2000). Recentemente, Ducro et al. (2007b) obtiveram herdabilidade igual a 0,33 para conformação de cavalos holandeses. Olsson et al. (2008) utilizaram a média de avaliações morfológicas oriundas de testes de desempenho para reprodutores Sela Suecos em seus estudos, relatando herdabilidade de 0,25. Dois anos após o primeiro estudo, Ducro et al. (2009) relataram novamente semelhante estimativa para conformação, equivalente a 0,30. Um escore geral para conformação foi também atribuído aos cavalos Ingleses, com herdabilidade estimada de 0,29 (Stewart et al. 2011). Para a raça Sela Polonesa a característica se mostrou mais herdável ($h^2=0,40$), conforme descrito por Borowska et al. (2011).

A herdabilidade dos valores médios de conformação não foi estimada no presente trabalho. Porém, se considerássemos que as características de conformação estudadas foram: CP, PTV, LINHASUP, GARUPA, M.ANT, M.POST, AP.DINAM e CASCO; ter-se ia a média das estimativas de herdabilidade igual a 0,34 ($\pm 0,05$), com valor mínimo de 0,26 para M.POST e máximo de 0,42 para LINHASUP. Tais valores se encontram dentro a amplitude relatada na literatura em trabalhos que consideraram uma única avaliação de conformação.

A característica “Tipo” foi amplamente adotada e relatada em diversas raças de cavalos de esporte. Esta se referiu às proporções gerais do corpo do animal e pôde ser comparada com o MODELO descrito no presente trabalho, mostrando-se mais herdável ($h^2=0,72$) que em outras populações de cavalos de esporte.

Herdabilidades descritas há algum tempo para Tipo apresentaram valores mínimos e máximos entre 0,23 e 0,39, sendo estas estimativas referentes às raças Hanoveriana e Sela Sueco, respectivamente (Saastamoinen & Barrey, 2000). Viklund et al. (2008) também estudaram a conformação na raça Sela Sueco, e relataram herdabilidade para Tipo igual a 0,38 na população recente. Dados obtidos em avaliações de animais jovens Poloneses, candidatos à reprodução, resultaram em estimativa da característica igual a 0,23 (Borowska et al., 2011). A característica Tipo foi avaliada de forma conjunta com o Temperamento na Inglaterra, apresentando a proporção de 42,16% da variação fenotípica atribuída à variância genética aditiva (Stewart et al. 2011).

Dada a composição de MODELO demonstrada pelo seu Modelo Fenotípico, observou-se que a mesma foi constituída a partir de um arranjo de aspectos morfológicos avaliados

individualmente, provavelmente considerando a proporcionalidade entre os mesmos. Ao compararmos a herdabilidade de cada uma das oito primeiras características de conformação de cavalos BH apresentadas na Tabela 4.4 com a estimativa obtida para MODELO (0,72), concluímos que a combinação de características individuais em uma única avaliação foi, aparentemente, mais herdável que diferentes aspectos avaliados individualmente.

A estimativa de valores genéticos para GENEAL seria completamente equivocada, uma vez que a avaliação não tratou de um atributo fenotípico do cavalo, e sim da origem do seu material genético. O estudo desta “característica” auxiliou, no entanto, na evidencição da influência do pedigree sobre as notas atribuídas pelos Juízes também para M.POST e GALOPE. O efeito ambiental observado em GENEAL evidenciou que o conceito de um bom pedigree foi flutuante ao longo do período, sendo que nenhuma influência ambiental seria esperada sobre esta “característica”. A estimativa de valores genéticos para características reais e seleção baseada nestes parâmetros torna desnecessária a atribuição de uma nota para a genealogia de cada animal. O desconhecimento de tais informações no momento da avaliação subjetiva do fenótipo de um animal, poderia ainda beneficiar a fidelidade da nota à real condição morfológica do cavalo; reduzindo influências externas sobre a avaliação.

Avaliações conjuntas de cabeça, pescoço e corpo foram relatadas para algumas raças europeias de cavalos de esporte. Para efeitos de comparação, considerou-se que as estimativas de características semelhantes apresentariam, em cavalos BH, valor mínimo de 0,26 e máximo de 0,72; conforme as estimativas obtidas para M.POST e MODELO respectivamente. A característica cabeça-pescoço-corpo descrita na literatura apresentou menores valores nas estimativas de herdabilidade que qualquer das três avaliadas separadamente em cavalos BH. Viklund et al. (2008) obtiveram herdabilidade igual a 0,21 para cabeça-pescoço-corpo mensurados de forma conjunta e subjetivamente. Borowska et al. (2011) não detectaram presença de variância genética aditiva para cabeça, mas relataram herdabilidade para corpo ($h^2=0,46$) semelhante àquela obtida para LINHASUP em cavalos BH.

Algumas associações de criadores aplicaram sistemas lineares de avaliação morfológica com o objetivo de posicionar o animal avaliado em uma escala cujos extremos coincidissem com extremos biológicos, ao invés de classificar o fenótipo como favorável ou não favorável. Assim, dependendo do quesito em consideração, o valor ideal poderia ser aquele intermediário, ou mais próximo a um dos extremos. Saastamoinen & Barrey (2000) afirmaram que estimativas de herdabilidade para características avaliadas de forma subjetiva e por sistemas lineares foram da mesma magnitude.

No entanto, o sistema linear possibilitou a descrição mais clara e refinada da característica assim como a utilização da amplitude total escala adotada; permitindo maior distinção entre indivíduos. Outra vantagem seria a disponibilidade de informação descritiva de cada animal, permitindo decisões de seleção mais específicas. Duensing et al. (2014) consideraram as herdabilidades observadas como geralmente moderadas, concluindo que progresso genético pode ser passível de realização através da seleção por escores lineares.

Avaliações morfológicas detalhadas foram estudadas por escores lineares nas raças Sela Holandesa (Koenen et al., 1995) e Sela Belga (Rustin et al., 2009); e por meio de medidas subjetivas na raça Hanoveriana (Schröder et al., 2010).

Koenen et al. (1995) descreveram com precisão a metodologia adotada na avaliação de conformação por medidas lineares. Os autores obtiveram estimativas de herdabilidade para quatro diferentes aspectos envolvendo cabeça e pescoço variando entre 0,12 e 0,21; para dois aspectos envolvendo a cernelha iguais a 0,19 e 0,20; dois referentes à paleta (0,16 e 0,17); linha da coluna e lombo (0,18 e 0,16); e ainda para formato e comprimento de garupa (0,28 e 0,15). O alinhamento de carpo ($h^2=0,17$) e ângulo de jarrete ($h^2=0,23$), qualidade ($h^2=0,18$) e robustez ($h^2=0,19$) de membros consistiram nas avaliações de locomotores analisadas. Apesar da redução da subjetividade pelo uso de medidas lineares e o caráter extremamente detalhado das avaliações, notou-se que as estimativas foram consistentemente menores que aquelas obtidas para M.ANT ($h^2=0,37$) e M.POST ($h^2=0,26$) em machos da raça BH, possivelmente devido à efetiva variabilidade genética da população nacional.

Por outro lado, os valores obtidos para CP ($h^2=0,36$), PTV ($h^2=0,30$) e LINHASUP ($h^2=0,42$) no presente trabalho foram mais próximos àqueles estimados para as avaliações extremamente detalhadas e descritivas reportadas Rustin et al. (2009). Os autores relataram herdabilidade variando entre 0,26 e 0,45 para cinco critérios envolvendo cabeça e pescoço; para as três características envolvendo paleta e cernelha os valores oscilaram entre 0,20 e 0,33; para três aspectos relacionados ao lombo e coluna, entre 0,34 e 0,55. No entanto, cavalos da raça BH avaliados por atribuição de nota subjetiva ainda demonstraram, nas características GARUPA ($h^2=0,32$), M.ANT ($h^2=0,37$) e M.POST ($h^2=0,26$), proporção de variância genética aditiva sensivelmente maior que a população Belga. Os seguintes valores foram também relatados por Rustin et al. (2009): duas avaliações de garupa com estimativas de herdabilidade igual a 0,30; duas para membros anteriores iguais a 0,35 e 0,36; e três critérios para membros posteriores entre 0,22 e 0,24. Diferença mais marcante foi encontrada para três critérios referentes à qualidade de casco que se mostraram menos herdáveis ($h^2=0,25$) no estudo de 2009 do que em CASCO ($h^2=0,40$).

Schröder et al. (2010) também relataram aspectos de conformação menos herdáveis em cavalos Hanoverianos do que aqueles aqui descritos. Com exceção das avaliações de cabeça ($h^2=0,47$), os autores obtiveram estimativas de menor magnitude para as características de conformação de membros anteriores ($h^2=0,10$), membros posteriores ($h^2=0,11$), Tipo ($h^2=0,25$), pescoço ($h^2=0,29$) e região da sela ($h^2=0,27$).

Ducro et al. (2009) estudaram exclusivamente aspectos de conformação de membros linearmente avaliados na raça Sela Belga. A Conformação de membros anteriores ($h^2=0,16$), qualidade de membros ($h^2=0,19$) e formato do casco ($h^2=0,27$) também se mostraram menos herdáveis do que M.ANT, M.POST e CASCO, descritos no presente trabalho. Borowska et al. (2011) obtiveram estimativas semelhantes para cascos ($h^2=0,39$); enquanto que indícios de variância genética aditiva para membros anteriores e membros posteriores não foram detectados por estes autores.

Avaliações de conformação foram amplamente adotadas em testes de campo envolvendo grande proporção dos animais nascidos na Dinamarca, Alemanha, Países Baixos e Suécia. A Bélgica, França e Irlanda, por sua vez, não incluíram características de conformação em seus procedimentos de avaliação de cavalos jovens (Thorén Hellsten et al., 2006). Presume-se que nestes países, tais avaliações tenham sido realizadas previamente pelo próprio criador.

Cabe lembrar que os estudos europeus foram realizados com base em amplas bases de dados coletados como parte integrante dos processos de seleção de diferentes organizações de criadores de cavalos de esporte. Tais informações foram provenientes na maior parte dos casos de eventos destinados à avaliação de cavalos jovens, com idade entre 2 e 4 anos (Borowska et al. 2011); entre 3 e 4 anos (Ducro et al. 2007b; Viklund et al. 2008; Stewart et al., 2011); entre 3 e 7 anos (Ducro et al. 2007a; Rustin et al., 2009;). Estudos exclusivamente morfológicos foram realizados por Schröder et al. (2010) com 29055 égua entre 3 e 16 anos.

A comparação do tamanho amostral de APROVAÇÃO com aqueles dos trabalhos supracitados evidencia diferenças consideráveis também a este respeito. Dentre aqueles, somente Borowska et al. (2011) trabalharam com amostra de 494 indivíduos candidatos à reprodução. Todos os demais analisaram bancos de dados com número de animais entre 1323 (Stewart et al., 2011) a 36100 cavalos (Ducro et al. 2007a). Desta forma, embora um elevado grau de confiabilidade tenha sido atribuído às estimativas aqui descritas pelos seus respectivos erros-padrão, pode-se afirmar que a expansão da coleta de dados a outros indivíduos que não somente àqueles machos candidatos à reprodução seria extremamente benéfica para representatividade da amostra, garantindo a aplicabilidade das estimativas à toda a população.

Medidas subjetivas de conformação de cavalos foram consistentemente relacionadas à qualidade e regularidade de andamentos (Saastamoinen & Barrey, 2000; Olsson et al., 2008; Ducro et al., 2007; Stewart et al. (2011), enquanto que poucos indícios de correlações genéticas entre conformação e desempenho em salto foram demonstrados (Koenen et al., 1995). Stewart et al. (2011) descreveram ainda correlações genéticas favoráveis entre andamentos e escores de saúde atribuídos por veterinários ($\gamma_g=0,44$).

Jönsson et al. (2014) buscaram especificamente o estabelecimento de relações entre a saúde musculoesquelética e a conformação do animal. Assim, características de conformação tidas como favoráveis por juízes experientes apresentaram correlações genéticas positivas com indicadores de bom status de saúde ortopédica em potros. Surpreendentemente a correlação genética entre saúde ortopédica e a conformação de membros ($\gamma_g=0,20$) foi inferior ao valor obtido entre a primeira e cabeça-pescoço-corpo ($\gamma_g=0,60$). De forma semelhante, a conformação de cabeça-pescoço-corpo se mostrou mais fortemente relacionada aos achados clínicos ao exame locomotor ($\gamma_g=-0,75$) do que a conformação de membros ($\gamma_g=-0,45$). Melhor status de saúde foi encontrado em animais de tamanho intermediário, com pescoço e cabeça bem posicionados, proporcionando uma frente leve e ausência de desvios graves nos membros; constituindo perfil semelhante ao descrito pelo Regulamento como o protótipo do cavalo de esporte almejado pela ABCCH.

A modalidade Salto requer do animal uma excepcional de saúde musculoesquelética, uma vez que este é submetido a condições extremas de impacto, força e, muitas vezes, de velocidade. Desta forma aspectos de conformação podem ser considerados fundamentais na escolha de um potro para este esporte e devem ser mantidos nos objetivos de seleção de cavalos atletas. Conforme demonstrado, as estimativas de herdabilidade obtidas para características de conformação concordaram ou foram ligeiramente superiores àquelas descritas na literatura. Desta forma o caráter herdável das avaliações morfológicas de cavalos BH foi comprovado, indicando que tais características são passíveis de resposta à seleção.

Os componentes de variância obtidos para avaliações de andamentos em APROVAÇÃO foram dispostos na Tabela 4.5. Conforme mencionado, as avaliações de PASSO e TROTE foram realizadas com o animal contido por cabresto e simultaneamente às avaliações morfológicas. O GALOPE, por sua vez foi avaliado em liberdade. As estimativas referentes ao Ambiente Materno foram discutidas posteriormente neste estudo.

Tabela 4.5 Componentes de variância obtidos por Modelo Animal para avaliações de andamentos realizadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011.

Característica	σ^2 Genética Aditiva	σ^2 Ambiente Materno	σ^2 Ambiental	σ^2 Fenotípica	Herdabilidade*	Ambiente Materno*	Proporção Residual*	-2 log L **
PASSO	0,122	0,018	0,200	0,340	0,36 (0,05)	0,05 (0,04)	0,59 (0,04)	-236,47
TROTE	0,215	0,012	0,174	0,400	0,54 (0,04)	0,03 (0,03)	0,43 (0,03)	-229,64
GALOPE	0,120	0,022	0,200	0,342	0,35 (0,04)	0,07 (0,04)	0,58 (0,04)	-232,06

* Erro Padrão da estimativa exposto entre parênteses.

** -2log da Verossimilhança obtido com critério de convergência igual a 1.d-9.

Assim como para as características de conformação, a forma de avaliação de andamentos e indicadores de aptidão esportiva resultou de decisões individuais de cada associação de raça, resultando no relato de diferentes metodologias para os processos de seleção de cavalos de esporte.

Holanda (Koenen et al., 1995; Ducro et al., 2007) e Inglaterra (Stewart et al., 2011) avaliaram aprumos dinâmicos juntamente com os andamentos passo e trote. Koenen et al. (1995) subdividiram o passo em três avaliações, relatando os aprumos ($h^2=0,21$) como a fração mais herdável da avaliação linear da passada. Ducro et al. (2007) estimaram herdabilidade igual a 0,25 para aprumos a passo. Desta forma, os aprumos dinâmicos (AP.DINAM) dos cavalos Brasileiro de Hipismo se mostraram mais herdáveis que a característica avaliada em cavalos holandeses. Por outro lado, Stewart et al. (2011) relataram herança ($h^2=0,30$) para a capacidade de cavalos ingleses em andar a passo e a trote de maneira correta, semelhante ao PASSO ($h^2=0,36$) no BH.

Os andamentos passo e trote também foram avaliados sob diferentes quesitos no estudo de Rustin et al. (2009), sendo estes passada, impulsão e flexibilidade. Os autores relataram valores semelhantes àqueles descritos no presente trabalho para herdabilidade de passo (entre 0,38 e 0,52) e para trote (entre 0,33 e 0,47). Stewart et al. (2011), por sua vez, atribuíram o nome “capacidade atlética” para a qualidade do galope em potros jovens e, em animais acima de três anos, para o galope associado ao salto. A estimativa de herdabilidade para a característica conjunta avaliada em cavalos ingleses foi ($h^2=0,20$) de menor magnitude do que aquela aqui relatada.

Outra percepção importante e perceptível na Tabela 4.5 consistiu na maior variabilidade genética estimada para o TROTE, quando comparado aos seus outros andamentos. Semelhante padrão foi observado nas populações estudadas por Ducro et al. (2007a), Viklund et al. (2008) e Borowska et al. (2011). Os primeiros relataram estimativas de herdabilidade para trote, variando entre 0,28 e 0,32 e superiores àquelas obtidas para passo e galope,

compreendidas entre 0,19 e 0,25 (Ducro et al., 2007a). Apesar de avaliações terem sido realizadas em cavalos montados no estudo de Viklund et al. (2008), os valores de herdabilidade foram equivalentes a 0,35 para passo, 0,46 para trote e 0,37 para galope; e muito próximos àqueles respectivamente obtidos para animais BH: 0,36; 0,54 e 0,35. Borowska et al. (2011) também relataram maior herdabilidade para trote (0,75 e 0,91) do que aquelas descritas para passo (0,45 e 0,43) e galope (0,50).

Desta forma, a variabilidade genética observada em avaliações subjetivas de andamentos em cavalos BH foi demonstrada. As estimativas evidenciaram potencial de resposta à seleção superior (Koenen et al., 1995; Ducro et al., 2007), semelhante (Viklund et al., 2008), ou inferior (Borowska et al., 2011) à algumas populações de cavalos de esporte. Considerando a seleção amostral realizada pelo criador antes da candidatura dos cavalos à reprodução, presume-se que a real variabilidade genética seja ainda maior que a observada para características de morfologia e andamentos.

Medidas funcionais de aptidão para salto não foram individualmente conceituadas pela ABCCH (2011) até o final período considerado. No entanto, o regulamento descreveu o salto tido como ideal, subdividido em três tempos: abordagem e partida para o salto; fase de suspensão e, por fim, fase de descida e recepção. A associação dos resultados dos Modelos Fenotípicos (Tabela 4.6) com a descrição presente em ABCCH (2011) permitiu a interpretação de algumas características avaliadas, bem como de sua forma de avaliação pelos Juízes.

Tabela 4.6. Modelos obtidos da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) funcionais de medidas de aptidão para salto, do banco de dados APROVAÇÃO.

Características Analisadas	Cov Indivíduo* ⁺ (0,0114)	σ^2 Residual* (p<0,0001)	Modelo** (p<0,034)
SALTO	0,2344 (2,71)	0,0865	$Y = 4,68 + Juiz - 0,05*(Idade) - 0,04*(CP) + 0,08*(LINHASUP) + 0,11*(PASSO) + 0,30*(GALOPE)$
Atitude (ATITU)	0,0380 (0,23)	0,1679	$Y = Juiz + 0,26*(IMPUL) + 0,37*(TEMP) + 0,37*(REGUL)$
Impulsão (IMPUL)	0,0247 (0,28)	0,0864	$Y = 0,67 - 0,09*(LINHASUP) + 0,05*(M.POST) + 0,20*(ATITU) + 0,50*(POT) + 0,25*(AMPLI) - 0,08*(TEMP) + 0,08*(MEC.POST)$
Potência (POT)	0,0105 (0,12)	0,0900	$Y = -1,72 + Juiz + 0,01*(ALT) + 0,07*(LINHASUP) + 0,50*(IMPUL) + 0,37*(AMPLI) - 0,06*(TEMP) - 0,13*(MEC.ANT) + 0,08*(MEC.POST) + 0,09*(FLEXI) + 0,09*(REGUL)$
Amplitude (AMPLI)	0,0293 (0,28)	0,1032	$Y = -0,07*(M.ANT) + 0,06*(MODELO) + 0,26*(IMPUL) + 0,47*(POT) + 0,08*(TEMP) + 0,09*(MEC.ANT) + 0,09*(FLEXI)$
Temperamento (TEMP)	0,1196 (0,57)	0,2103	$Y = 2,32 + Juiz + 0,49*(ATITU) - 0,14*(IMPUL) + 0,19*(MEC.ANT) + 0,18*(REGUL)$
Mecânica de anteriores (MEC.ANT)	0,1398 (0,83)	0,1684	$Y = 1,06 + Juiz - 0,04*(Idade) + 0,20*(TEMP) + 0,28*(MEC.POST) + 0,35*(FLEXI)$
Mecânica de posteriores (MEC.POST)	0,1119 (0,69)	0,1610	$Y = Juiz + 0,18*(IMPUL) + 0,16*(POT) + 0,27*(MEC.ANT) + 0,31*(FLEXI)$
Flexibilidade (FLEXI)	0,0392 (0,28)	0,1385	$Y = -0,38 + Juiz + 0,08*(MODELO) + 0,20*(POT) + 0,28*(MEC.ANT) + 0,26*(MEC.POST) + 0,20*(REGUL)$
Respeito (RESP)	0,0497 (0,33)	0,1488	$Y = -0,08*(GARUPA) - 0,07*(AP.DINAM) + 0,19*(ATITU) + 0,17*(POT) + 0,29*(MEC.ANT) + 0,49*(REGUL)$
Regularidade (REGUL)	0,0531 (0,32)	0,1665	$Y = -0,63 + Juiz + 0,41*(ATITU) + 0,19*(POT) + 0,16*(TEMP) + 0,29*(FLEXI)$

* As estimativas de Covariância de indivíduo (Cov indivíduo) e variância residual (σ^2 Residual) foram utilizadas como *priors* iniciais para as estimativas de parâmetros genéticos.

** As duas covariáveis em negrito, para cada característica, foram as de maior influência e foram incluídas nos modelos para a estimativa dos parâmetros genéticos.

+ A proporção da covariância de indivíduo em relação à σ^2 Residual foi demonstrada entre parenteses, juntamente com cada Cov indivíduo.

Acredita-se que a IMPUL tenha sido parcialmente avaliada através do engajamento dos membros posteriores, descrito como necessário na primeira fase do salto (ABCCH, 2011). Desta forma a conformação ideal do M.POST ($p=0,014$) facilitaria o posicionamento destes sob o corpo do animal. De forma contrária, um breve efeito negativo de LINHASUP mostrou-se significativo ($p=0,0007$), revelando que animais, a partir de 2008, receberam as boas avaliações para dorso-lombo e não foram capazes de refletir estes atributos de forma positiva sobre a IMPUL. Considerando a definição de impulsão da Fédération Equestre Internationale (2014), previamente mencionada, uma LINHASUP considerada adequada seria capaz de transmitir a impulsão manifestada pelo engajamento para o restante do corpo do animal; o que aparentemente não ocorreu em APROVAÇÃO.

A não significância ($p>0,05$) de efeito de juiz sobre as notas de AMPLI, IMPUL e RESP informou que estes conceitos, apesar de não descritos no regulamento, estavam claramente estabelecidos entre os membros dos Comitês de Aprovação. Assim, acredita-se que a definição de AMPLI consistiu na distância entre a o ponto de partida e de recepção do salto.

A consistente relação observada entre AMPLI, IMPUL e POT por meio dos seus Modelos Fenotípicos evidenciou a busca por animais capazes de executar trajetórias de salto proporcionais em altura e distância, relacionando a capacidade de projeção para a frente e para cima (IMPUL) com a altura atingida (POT).

A MEC.ANT consistiu na capacidade de recolhimento dos membros anteriores, de forma a não tocar o obstáculo, e pôde ser observada também na primeira fase, segundo o Regulamento.

Na segunda fase do salto foi observada a POT do animal, que provavelmente consistiu no seguinte item descrito no salto ideal: altura máxima atingida pela cernelha do animal durante a trajetória (ABCCH, 2011). A postura assumida pelo animal no engajamento maximizou a força propulsora do animal (IMPUL), aumentando sua capacidade de projetar seu corpo para a frente e para cima, conforme descrito pela Fédération Equestre Internationale (2014). Supondo que a capacidade de projeção para cima foi avaliada através da POT, fica mais uma vez justificada a estreita relação entre POT e IMPUL revelada pelos modelos.

Curiosamente, certa associação negativa de MEC.ANT e TEMP com a POT foi observada no modelo desta última, comprovando que as demonstrações de saltos com altura superior à necessária para transpor o obstáculo foram realizadas mais frequentemente por animais de temperamento desfavorável. A excessiva cautela com os seus membros anteriores, por outro lado não se fez necessária nestes saltos, considerando-se que dificilmente estes tocariam o obstáculo devido à altura atingida.

O terceiro momento, por sua vez, incluiu a MEC.POST, consistindo no posicionamento da garupa em nível acima do corpo durante a fase de descida e simultâneo recolhimento dos posteriores, desviando-os do obstáculo.

A relação de influência recíproca ($p < 0,0001$) foi demonstrada entre MEC.ANT, MEC.POST e FLEXI; ou seja, aqueles animais que demonstraram flexibilidade foram em grande parte das vezes capazes de posicionar seus membros anteriores e posteriores de forma adequada.

A FLEXI pôde ser interpretada com base em alguns aspectos descritos para a trajetória de salto ideal. Na primeira fase, esperava-se a distensão dos posteriores para a projeção do corpo do animal para cima e para frente com simultâneo recolhimento dos anteriores. Já no momento em que o animal tocava o solo, a extensão dos membros anteriores com levantamento da garupa e recolhimento dos posteriores foi esperada em bons saltadores (ABCCH, 2011). Assim, conclui-se que a FLEXI foi avaliada segundo a capacidade de extensão da coluna, especialmente durante a primeira e terceira fase da trajetória de salto. A capacidade de flexão da coluna, por sua vez, foi provavelmente avaliada pelo engajamento resultante da Impulsão. Tal conceituação justificaria a ausência do efeito de FLEXI sobre a IMPUL. De forma similar a ausência da LINHASUP no modelo obtido para FLEXI estaria justificada.

Desta forma, a conformação de dorso e lombo tida como ideal resultou em notas inferiores em IMPUL e, conseqüentemente engajamento reduzido. Por outro lado, a qualidade da LINHASUP não demonstrou nenhuma influencia sobre a extensão da coluna (FLEXI) no momento da partida e recepção para o salto. Considerando-se a POT uma consequência da IMPUL concluiu-se que a LINHASUP, da forma como foi avaliada, apresentou um efeito final positivo sobre a capacidade do animal em projetar seu corpo para cima, conforme o Modelo Fenotípico obtido para POT.

Sabe-se que o treinamento pode efetivamente melhorar a técnica de salto de cavalos. Santamaría et al. (2006) relataram que o treinamento precoce, iniciado aos seis meses de idade, e com esforços submáximos foi capaz de influenciar a cinemática de cavalos saltando em liberdade aos quatro anos, especialmente através do aumento na flexão da articulação úmero-radio-ulnar, resultando em maior recolhimento dos membros anteriores. O efeito do treinamento, no entanto, não foi considerado duradouro, uma vez que os animais treinados não apresentaram desempenho superior em competições de salto.

Wejer et al. (2013) verificaram que o treinamento básico, com duração de quatro meses foi capaz de afetar a cinemática do salto de cavalos entre 4 e 5 anos. Os resultados revelaram

encurtamento nas distâncias entre os membros posteriores e o obstáculo antes e depois do salto; redução na distância entre os membros e o obstáculo durante o salto, e redução no ângulo de báscula. Assim, os animais desenvolveram suas trajetórias de salto, encontrando formas mais eficientes e com menor dispêndio de energia para transpor o obstáculo.

Lewczuk & Ducro (2012) estudaram parâmetros de salto de cavalos através de mensurações objetivas da sua cinemática. Os autores concluíram que repetibilidade das medidas foram maiores em cavalos montados quando comparados ao salto de cavalos em liberdade. Repetibilidades maiores também foram relatadas em obstáculos mais altos.

É importante lembrar que a variação observada em APROVAÇÃO refletiu sobre a forma de avaliação das medidas funcionais indicadoras da aptidão para o salto: montado ou em liberdade. Adicionalmente, os cavalos com idade superior a 7 anos foram submetidos à percursos adequados à cavalos novos de 6 anos, teoricamente mais fáceis do que aqueles destinados à sua idade. Dentre os 290 cavalos avaliados, 51 (17,59%) foram submetidos com idade superior a 7 anos completos e outros 91 (31,38%) com menos de 4 anos. Assim, 17,59% dos animais puderam dispor de maior tempo de treinamento em percursos apropriados para animais de 6 anos; enquanto 31,38% foram avaliados sem a presença do cavaleiro.

O efeito de Idade se mostrou significativo ($p < 0,002$) nos modelos obtidos para SALTO, até 2006 e posteriormente em MEC.ANT. Notas sensivelmente mais baixas foram atribuídas para esta característica à medida que os animais eram apresentados mais tardiamente. Acredita-se que os animais apresentados em idades mais avançadas (acima de 7 anos) eram efetivamente menos eficientes no SALTO e MEC.ANT. Desta forma os proprietários destes animais possivelmente optaram pela candidatura tardia do animal como forma de beneficiá-los com maior tempo de treinamento e percursos destinados a animais mais jovens, na esperança de obter melhores avaliações funcionais; o que aparentemente não ocorreu. No entanto, a investigação da real causa da influência observada para a idade sobre a MEC.ANT seria beneficiada pela especificação da forma de avaliação de cada animal, bem como do tempo de treinamento de cavalos abaixo de quatro anos.

Aspectos relacionados à personalidade dos animais foram avaliados por meio de ATITU, TEMP e RESP. As descrições de tais características também não constaram no Regulamento (ABCCH, 2011).

Os animais considerados pelos Juízes como detentores de ATITU favorável foram aqueles que demonstraram ($p < 0,0001$) capacidade em manter sua IMPUL e calma (TEMP) simultaneamente e de forma regular. A atribuição de uma nota visando à combinação de duas

características distintas de forma favorável ao desempenho esportivo evidenciou a busca por um animal completo, detentor de calma e impulsão simultaneamente.

Através dos modelos onde TEMP apresentou-se como um efeito significativo ($p < 0,008$), percebeu-se suas relações positivas com ATITU, AMPLI, MEC.ANT e REGUL; e negativas com IMPUL e POT. Concluiu-se, portanto, que animais de bom temperamento apresentaram maior capacidade de calcular sua trajetória de salto (AMPLI e MEC.ANT) de forma regular (REGUL) com o menor esforço (IMPUL e POT) necessário para transpor o obstáculo sem derrubá-lo. Trajetória semelhante àquela descrita por Wejer et al. (2013), conduzindo à conclusão de que animais de bom temperamento poderiam apresentar trajetórias de salto semelhante à animais treinados.

A IMPUL se mostrou uma característica complexa, podendo ser interpretada como sendo a “vontade” do animal em gerar a força capaz de executar o trabalho solicitado. Os modelos demonstraram que tal “vontade” manifestou-se em alguns animais de forma positiva, conforme observado no Modelo Fenotípico de ATITU; e em outros de forma negativa, conforme Modelo Fenotípico de TEMP. De qualquer forma, o resultado final consistiu em um efeito positivo e importante da IMPUL sobre a trajetória do salto (POT e AMPLI).

Certa falta de objetividade em avaliações de aspectos de personalidade e temperamento de cavalos de esporte foi relatada por Borstel et al. (2013). Diferenças envolvendo a definição de conceitos e formas de avaliação de tais características foram demonstradas mesmo entre juízes experientes. Dentre os problemas relatados na atual avaliação de personalidade realizada em cavalos na Europa foram citados: subjetividade e ausência de critérios padronizados de avaliação, vieses atribuídos ao conhecimento do pedigree dos animais, curto período de avaliação e diferenças nos níveis de treinamento dos animais.

As notas de RESP dos animais perante os obstáculos não sofreram efeito de Juiz, nem apresentaram um intercepto significativo ($p > 0,05$). A característica demonstrou forte componente de REGUL e associada de forma positiva com MEC.ANT, ATITU e POT; desconsiderando o TEMP do animal. O RESP foi interpretado como mais uma forma de avaliação de aspectos psicológicos dos animais e, conceitualmente, não deveria sofrer influências de características morfológicas. A demonstração de discreto efeito negativo de boas notas de GARUPA sugere que a garupa desejada pelos juízes reduziu a capacidade do animal de expressar o seu respeito. No entanto, a hipótese de equívocos sistemáticos embutidos de forma inconsciente nas notas de RESP foi considerada mais provável tanto para os efeitos de GARUPA quanto de AD.DINAM observados.

A presença de variância genética aditiva para os indicadores de aptidão para salto foi comprovada, sendo que a proporção desta fonte de variação em relação à variância total, para cada característica, foi apresentada na Tabela 4.7. A única avaliação de salto realizada até o ano de 2006 consistiu na característica mais herdável. As avaliações subjetivas realizadas a partir de 2007 demonstraram pouca (POT) ou moderada (TEMP) herdabilidade.

Tabela 4.7 Componentes de variância obtidos por Modelo Animal para avaliações de medidas indicadoras de aptidão para Salto, realizadas durante a Aprovação de Reprodutores entre os anos 2000 e 2011. Valores expressos como proporção da variação total.

Característica	σ^2 Genética Aditiva	σ^2 Ambiente Materno	σ^2 Ambiental	σ^2 Fenotípica	Herdabilidade*	Proporção Ambiente Materno*	Proporção Residual*	-2 log L**
SALTO	0,258	0,000	0,092	0,350	0,74 (0,04)	0,00 (0,03)	0,26 (0,03)	-362,54
ATITU	0,047	0,005	0,230	0,282	0,17 (0,07)	0,02 (0,06)	0,82 (0,06)	-101,20
IMPUL	0,031	0,000	0,108	0,139	0,22 (0,07)	0,00 (0,06)	0,78 (0,06)	-443,82
POT	0,011	0,008	0,104	0,122	0,09 (0,07)	0,06 (0,07)	0,85 (0,05)	-457,70
AMPLI	0,041	0,000	0,122	0,163	0,25 (0,08)	0,00 (0,07)	0,75 (0,06)	-380,32
TEMP	0,191	0,021	0,236	0,448	0,43 (0,07)	0,05 (0,06)	0,53 (0,06)	6,15
MEC.ANT	0,129	0,010	0,201	0,340	0,38 (0,06)	0,03 (0,05)	0,59 (0,05)	-109,56
MEC.POST	0,112	0,006	0,195	0,313	0,36 (0,07)	0,02 (0,05)	0,62 (0,05)	-141,09
FLEXI	0,049	0,014	0,181	0,244	0,20 (0,06)	0,06 (0,05)	0,74 (0,05)	-226,22
RESP	0,052	0,000	0,126	0,178	0,29 (0,08)	0,00 (0,07)	0,71 (0,06)	-333,88
REGUL	0,079	0,000	0,246	0,324	0,24 (0,06)	0,00 (0,05)	0,76 (0,05)	-65,40

* Erro Padrão da estimativa exposto entre parênteses.

** -2log da Verossimilhança obtido com critério de convergência igual a 1.d-9.

Uma única avaliação subjetiva, englobando todos os aspectos do movimento de salto, foi relatada por Viklund et al. (2008), Olsson et al. (2008) e Borowska et al. (2011) em raças de esporte europeias. Aparentemente os resultados foram influenciados não apenas pela variação genética da população, mas também pela experiência dos avaliadores e forma de apresentação dos animais.

Viklund et al. (2008) relataram maior estimativa de herdabilidade para salto em liberdade ($h^2=0,33$) do que salto avaliado com o cavalo montado ($h^2=0,23$). A habilidade e técnica de salto de cavalos avaliados em testes de campo na Suécia foi também estudada em três períodos distintos, totalizando trinta anos de coleta de dados. As avaliações de salto mais recentes se mostraram progressivamente mais herdáveis que aqueles do período anterior. Possivelmente a crescente experiência dos Juízes, associada à mudança no conceito de cavalo ideal influenciaram tal tendência.

Olsson et al. (2008), por sua vez, dispuseram de resultados de avaliações de ganhões em Estações de Teste de Ganhões na Suécia. Curiosamente, as estimativas de herdabilidade

para salto montado ($h^2=0,65$) foram maiores que aquelas obtidas para salto em liberdade ($h^2=0,55$). O efeito foi atribuído à grande habilidade dos cavaleiros utilizados pelas estações de teste.

Estimativas ainda mais elevadas foram relatadas por Borowska et al. (2011) tanto para salto em liberdade ($h^2=0,79$) e salto montado ($h^2=0,80$) em avaliações realizadas por juízes altamente treinados. Por outro lado, animais da mesma população, avaliados por administradores de centros de treinamento demonstraram herdabilidade igual a 0,75 para a primeira, e 0,30 para a segunda.

Conforme demonstrado, a presença do cavaleiro pode influenciar a avaliação da real capacidade de salto do animal. No presente estudo, animais de diversas faixas etárias foram incluídos nas análises sem informações a respeito da presença ou ausência do cavaleiro. Mais informações seriam necessárias para a verificação da magnitude deste efeito sobre a avaliação de salto realizada até o ano de 2006. Apesar de não constar mais como critério de avaliação de candidatos a ganhão para a raça BH, a atribuição de uma única nota para salto se mostrou altamente herdável, com estimativa semelhante àquela obtida em avaliações de ganhões em 100 dias de teste em ambientes padronizados (Borowska et al., 2011).

Avaliações tão detalhadas quanto àquelas de APROVAÇÃO para aspectos de salto considerados isoladamente não foram relatadas na literatura até o presente momento. No entanto, Ducro et al. (2009) e Borowska et al. (2011) descreveram alguns critérios que puderam ser comparados àqueles analisados no presente trabalho.

As avaliações de alguns aspectos da técnica de salto de cavalos holandeses se mostraram moderadamente herdáveis. Ducro et al. (2009) obtiveram estimativas menores do que as aqui relatadas para técnica de membros anteriores ($h^2=0,22$) e técnica de posteriores ($h^2=0,27$). Por outro lado a amplitude ($h^2=0,37$) e cuidado ($h^2=0,32$) foram mais herdáveis que AMPLI ($h^2=0,25$) e RESP ($h^2=0,29$). Outras características relatadas incluíram técnica de coluna ($h^2=0,31$) e elasticidade ($h^2=0,24$) e foram consideradas de difícil comparação devido à ausência de descrição das mesmas.

Outras características relacionadas à personalidade dos cavalos, e distintas daquelas avaliadas em cavalos BH, foram descritas por Borowska et al. (2011). A habilidade para o treinamento ($h^2=0,45$) e o caráter ($h^2=0,14$) foram avaliados nos cavalos em Estações de Teste padronizadas. O temperamento ($h^2=0,50$), por sua vez, mostrou-se moderadamente herdável, de forma semelhante ao TEMP ($h^2=0,43$) em ganhões BH.

A importância da personalidade dos cavalos para criadores e usuários de cavalos na Europa foi investigada por Graf et al. (2013). Conforme esperado, cavaleiros amadores

expressaram maior preocupação com o caráter, temperamento e cooperação do cavalo com o trabalho; do que cavaleiros profissionais. Todos os grupos, no entanto, atribuíram maior valor a estes aspectos do que para alguns de desempenho como trote ou salto. Considerando-se tal informação como válida também entre brasileiros, juntamente com a demonstração de variância genética aditiva para as avaliações subjetivas particularmente para a característica TEMP concluiu-se que aspectos de comportamento e personalidade devem ser incluídos em programas de seleção de cavalos BH.

O efeito materno foi estimado neste estudo para as características de APROVAÇÃO como efeito aleatório não correlacionado ao genótipo. Assim, a estimativa estaria relacionada à possível influência da mãe sobre o desempenho funcional de suas crias por meios ambientais relacionados à mesma. As rotas de ação de tal efeito poderiam ser as mais diversas, incluindo desde ambiente intrauterino, passando por aspectos nutricionais, e se estendendo até o comportamento da mãe, que proporcionaria diferentes oportunidades de aprendizagem ao seu potro, de acordo com suas próprias experiências e temperamento. Outra possibilidade seria o efeito de ambiente comum não relacionado à mãe entre potros subsequentes de uma mesma égua, que podem ter permanecido no mesmo rebanho e tenham sido submetidos a práticas de manejo semelhantes. Assim, o comportamento da mãe e as oportunidades de aprendizado decorrentes deste comportamento influenciariam a relação deste potro com o ser humano de forma permanente.

O efeito positivo da manipulação amigável da égua nos primeiros dias após o parto sobre o comportamento de seus potros foram confirmados por Henry et al. (2005). Segundo os autores, as consequências do manejo tiveram efeitos significativos sobre a relação dos potros com seres humanos, e que perduraram até ao menos o fim do primeiro ano de vida, quando os potros submetidos ao manejo chegaram a aceitar uma manta sobre seus lombos sem nenhuma espécie de treinamento. O estudo sugeriu uma facilitação social do comportamento da mãe sobre a reação do potro frente aos seres humanos. Desta forma, tanto o manejo da égua e, indiretamente, do potro recém-nascido; quanto o temperamento e familiaridade da mãe para com os seres humanos influenciaram de forma duradoura o comportamento deste futuro atleta com a espécie da qual depende grande parte do seu desempenho esportivo em salto: o homem.

Tal relação facilitada, caso permanente, teria reflexos futuros sobre o comportamento do animal frente ao público e ambientes diferentes daqueles aos quais está acostumado. Assim, teoricamente, um animal confiante em seu treinador ou cavaleiro executaria os andamentos e saltos de forma mais relaxada e, conseqüentemente, mais eficiente.

No presente estudo, um total de 271 éguas geraram os 294 candidatos a reprodutores integrantes da base de dados APROVAÇÃO, resultando em poucas éguas com mais de um produto avaliado. Para a característica SALTO, avaliada até o ano de 2006, observou-se a ausência de éguas mães de mais de um potro avaliado na Aprovação de Reprodutores. Possivelmente esta fragilidade na estrutura dos dados contribuiu para a reduzida magnitude do efeito de ambiente materno sobre as avaliações funcionais realizadas e seus respectivos erros-padrão.

Considerando-se ainda a idade média de 5,49 anos, a amplitude de idade variando entre 2,7 e 14,46 anos, juntamente com o coeficiente de variação de 42,81% para a candidatura do cavalo à Aprovação de Reprodutores, tem-se um longo período de tempo decorrido entre o período de aleitamento e a efetiva realização das avaliações analisadas. Desta forma, as diversas experiências às quais os animais foram submetidos no decorrer de suas carreiras também contribuíram para as reduzidas estimativas de influência de ambiente materno, aqui relatadas.

4.3.2 Medidas de DESEMPENHO esportivo:

As estatísticas descritivas para as características de DESEMPENHO dos campeonatos oficiais promovidas pela CBH foram dispostas na Tabela 4.8.

Os cavalos cujos resultados de competições constavam no banco de dados DESEMPENHO eram provenientes do acasalamento de 386 garanhões com 1109 éguas. Dentre os animais, 810 eram machos e 756 pertenciam ao sexo feminino. Cada um dos 529 eventos contou com a participação média de 36,76 ($\pm 38,25$) cavalos e 2,81 ($\pm 1,71$) percursos percorridos por cada cavalo. Cada cavalo, por sua vez, participou em 33,32 ($\pm 25,04$) percursos no total. Os 396 animais que participaram dos 12 eventos direcionados à categoria Cavalos Novos eram filhos de 142 garanhões e 324 éguas.

Tabela 4.8 Estatísticas descritivas para as variáveis incluídas no banco de dados DESEMPENHO.

Variáveis	Nº Obs	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Mínimo	Máximo
PESOCA	54.852	3,40	1,11	32,64	1	5
PESOAL	54.852	2,08	1,23	59,32	0	5
CLASSI*	54.852	6,23	4,69	75,28	1	17
NOCONC	54.852	26,95	18,71	69,42	1	116
PONT	54.852	9,77	6,23	63,76	0	20
PONF ⁺	54.852	51,51	39,24	39,25	0	200
IDADE (anos)	54.852	9,10	3,17	34,71	4	32,5

* Característica analisada neste estudo: classificação em cada percurso percorrido pelo cavalo.

⁺ Característica analisada neste estudo: pontuação final considerando a classificação, número de concorrentes, peso do campeonato e peso da altura dos obstáculos do percurso.

A comparação da classificação (CLASSI) máxima presente no banco de dados com o número máximo de concorrentes (NOCONC) de cada prova evidenciou a ausência de alguns resultados. Assim, os animais não classificados em cada percurso não constaram no banco de dados, provavelmente por não terem efetuado pontuação para o Ranking. A ausência de informações de animais desclassificados foi relatada como um problema frequente em análises envolvendo resultados de competições (Ricard et al., 2000; Viklund et al., 2010).

A classificação (CLASSI) de cada cavalo em cada evento, bem com a pontuação final (PONTF) resultante de cada classificação foram as variáveis efetivamente analisadas. Os resultados da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) de DESEMPENHO foram expostos de forma detalhada na Tabela 4.9.

Efeito fixo de evento, dentro de cada ano, foi significativo ($p < 0,0001$) tanto para CLASSI quanto para PONTF, enquanto que o sexo do animal não exerceu influência sobre os resultados de competições esportivas.

Tabela 4.9 Modelos obtidos da análise de modelos mistos considerando somente dados fenotípicos (Modelos Fenotípicos) de DESEMPENHO.

Características Analisadas	Cov	σ^2	Modelo ** ($p < 0,034$)
	Indivíduo * ($p < 0,0001$)	Residual* ($p < 0,0001$)	
Classificação (CLASSI)	2,74 (0,16)	17,32	$Y = 0,65 + EVENTO + 0,21*(IDADE) + 0,02*(NOCONC) + 0,29*(PESOCA)$
Pontuação Final (PONTF)	9,48 (0,10)	90,88	$Y = -36,76 + EVENTO + 8,43*(PESOCA) + 9,18*(PESOAL) - 0,30*(CLASSI) + 5,35*(PONT)$

* As estimativas de Covariância de indivíduo (Cov indivíduo) e variância residual (σ^2 Residual) foram utilizadas como *priors* iniciais para as estimativas de parâmetros genéticos.

** As duas covariáveis em negrito, para cada característica, foram as de maior influência e foram incluídas nos modelos para a estimativa dos parâmetros genéticos.

⁺ A proporção da covariância de indivíduo em relação à σ^2 Residual foi demonstrada entre parentes, juntamente com cada Cov indivíduo.

Wallin et al. (2003) identificaram a superioridade do desempenho de machos sobre as fêmeas por meio de pontos acumulados e classificação acumulada na carreira esportiva, sem considerar a ocorrência de castração em machos. Viklund et al. (2010), com dados semelhantes, comprovaram o efeito de sexo para resultados acumulados ao longo da vida do animal, enquanto que resultados acumulados em animais jovens não foram influenciados pelo sexo.

Stewart (2011) relatou a tendência de ganhões apresentarem melhores resultados que fêmeas, e estas melhores que cavalos castrados, considerando uma população de cavalos de CCE competindo na fase de salto. No entanto diferenças significativas entre o desempenho de cada sexo não puderam ser comprovadas. Os autores atribuíram a tendência observada ao fato de que ganhões já constituem uma parcela selecionada na população e, portanto, seu desempenho superior seria esperado.

Um motivo comum para a castração de cavalos machos no meio esportivo é a obtenção de animais de temperamento mais estável e, possivelmente, mais concentrados no trabalho. Desta forma, esperar-se ia maior facilidade de trabalho com estes animais, em relação a machos inteiros. Por outro lado, ao considerarmos a ocorrência de animais em idades avançadas (14 anos) na Aprovação de Reprodutores, entende-se que alguns proprietários podem ter mantido seus animais inteiros somente para manter a possibilidade de aprová-lo como reprodutor em um futuro remoto, na esperança de manter certo valor financeiro agregado ao animal. Sendo assim, nem todos os machos inteiros teriam passado por um processo de seleção e seu desempenho médio não seria, necessariamente, superior àquele dos animais castrados.

O presente trabalho não dispôs de informações referentes à castração de cavalos machos. Sendo assim, os animais castrados e não castrados foram agrupados em uma mesma categoria, o que pode ter contribuído para a não significância ($p > 0,05$) do efeito de sexo em ambas as características.

O nível dos concorrentes foi subentendido pelo peso atribuído ao campeonato (PESOCA) ao qual o evento estava vinculado. Assim, entendeu-se que campeonatos nacionais e internacionais atraíram concorrentes mais habilidosos que aqueles eventos estaduais ou regionais. O efeito de PESOCA foi comprovado através da sua significância ($p < 0,0001$) no Modelo Fenotípico obtido para CLASSI e, conforme esperado, para PONTF. A altura dos obstáculos (PESOAL) do percurso percorrido representou outro indício a respeito do grau de dificuldade da prova. Tal efeito não se mostrou significativo no modelo obtido para CLASSI, uma vez que os animais concorreram entre si dentro de uma mesma altura de obstáculos.

A Idade média dos concorrentes presentes em DESEMPENHO foi igual a 9,10 ($\pm 3,17$) anos, abrangendo período relatado em literatura como sendo o auge da carreira esportiva de cavalos de salto. Cabe lembrar que a idade dos concorrentes a cada evento foi calculada de forma aproximada e que, portanto, desvios de no máximo 11,9 meses podem ter ocorrido. Dentre a grande amplitude de idade observada, somente 2.817 (5,13%) resultados de animais com mais de 15 anos foram observados entre concorrentes de todos os níveis de altura.

Por meio da Tabela 4.10 verificou-se que percursos com obstáculos a 1 metro de altura tiveram caráter mais regionalizado (menor PESOCA) e com menor número de concorrentes (NOCONC) quando comparados às demais alturas. Provas de 1 metro foram marcadas ainda pela presença de cavalos quase tão experientes (Idade) quanto nas competições de 1,50 metros. Percursos de 1,20 e 1,30 metros apresentaram médias de idade semelhantes àqueles de 1,10m; comprovando que o princípio de aumento gradual no nível de dificuldade foi negado a uma quantidade significativa de animais.

Tabela 4.10 Número de observações (N^o Obs.), intervalo de idade e médias para: idade, classificação (CLASSI), pontuação final (PONTF), número de concorrentes (NOCONC) e peso do campeonato (PESOCA); para cada nível de altura de obstáculos em DESEMPENHO.

Altura dos Obstáculos (m)	N ^o Obs.	Intervalo de idade (anos)	Média de Idade (anos)*	Média de CLASSI*	Média de PONTF*	Média de PESOCA*	Média de NOCONC*
1,00	6074	4,03 – 26,27	10.02 ^b	6,14 ^{cd}	27,87 ^f	3.02 ^f	21.28 ^c
1,10	12348	4,03 – 31,60	8.87 ^{de}	5,97 ^d	42,77 ^e	3.21 ^e	26.48 ^b
1,20	16126	4,49 – 26,12	8.66 ^e	5,93 ^d	57,46 ^d	3.45 ^d	28.33 ^a
1,30	13015	4,54 – 22,57	9.05 ^d	6,35 ^c	62,06 ^c	3.53 ^c	28.37 ^a
1,40	6478	4,69 – 32,52	9.55 ^c	7,03 ^b	67,24 ^b	3.64 ^b	26.68 ^b
1,50	888	7,17 – 19,90	10.82 ^a	8,13 ^a	80,88 ^a	4.12 ^a	28.54 ^a

* Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente ($p > 0,05$) diferentes.

O desempenho de cavalos de CCE após os nove anos idade foi avaliado por Kearsley et al. (2008). Animais competindo na fase de salto deste esporte tiveram desempenho progressivamente melhor até os seus 16 a 18 anos, quando os resultados começaram a declinar devido à idade. Steward (2011), por sua vez, descreveu detalhadamente a relação curvilínea entre a idade e o desempenho de cavalos de CCE em provas de salto. Os animais melhoram seu desempenho com o passar da idade, atingindo seu pico no nível Elementar aos 10 anos; no nível Intermediário aos 14, e em competições de nível Avançado aos 16.

Cavalos entre 4 e 11 anos de idade competindo efetivamente em provas de salto também desenvolveram evolução curvilínea em sua carreira esportiva, onde as melhores classificações foram obtidas perto dos 9 anos de idade. Posta et al. (2010) relataram ainda trajetória

semelhante quando a característica considerada foi a diferença entre altura do obstáculo e número de pontos perdidos por faltas cometidas; onde mais uma vez os melhores desempenhos foram obtidos após os 9 anos.

O artigo 132 do Regulamento Geral da CBH prevê que os cavalos inscritos nos concursos nacionais devem ter a idade estabelecida nos regulamentos particulares de cada modalidade, levando-se em conta as exigências das provas que participarão. Tal instrução foi elaborada visando a conservação e o desenvolvimento da integridade física e mental do animal (CBH, 2013a). Porém, somente campeonatos de abrangência nacional, e internacional apresentaram limitação de idade para o cavalo em seus respectivos regulamentos (CBH 2013b).

Desta forma, as escolhas referentes às competições (PESOCA) e altura dos obstáculos (PESOAL) das provas nas quais os animais competiram foram certamente influenciadas pelo proprietário do animal e nível de equitação do seu cavaleiro e, portanto, não refletiram necessariamente o potencial atlético máximo do cavalo. Assim, a capacidade de alguns indivíduos em vencer competições (CLASSI) reduziu com o passar do tempo ($p < 0,05$), enquanto que a capacidade de obtenção de altas pontuações (PONTF) em eventos mais competitivos não apresentou o mesmo efeito ($p > 0,05$), como indicado pelo Modelos Fenotípicos expostos na Tabela 4.9.

A imposição de alturas elevadas de obstáculos aos animais ainda jovens refletiu sobre a não significância do efeito de idade no Modelo Fenotípico de PONTF, de modo que muitos animais tendo iniciado suas carreiras esportivas em percursos de altura importante não foram capazes de superar seu próprio desempenho com o passar do tempo. Desta forma, o aumento gradual de desempenho relatado por Posta et al. (2010) para cavalos de salto, e por Kearsley et al. (2008) e Stewart (2011) para salto em provas de CCE, não foram observados em cavalos BH. Ao contrário, o efeito de idade verificado no Modelo Fenotípico (Tabela 4.9) de CLASSI sugeriu queda no desempenho dos animais com o passar do tempo. Os efeitos da precocidade de exposição de animais jovens a provas de alta demanda física, sobre a carreira esportiva de cavalos de salto devem ser investigados.

Wallin et al (2003) e Viklund et al. (2010) relataram que a Federação Equestre Sueca adotou um sistema semelhante ao brasileiro para a pontuação de cavalos classificados em provas e bonificação para percursos mais difíceis. No entanto, a Suécia utilizou de tal sistema para indicar ao proprietário em qual nível o animal deveria competir, limitando a participação de cavalos com determinada pontuação em competições onde estes já haviam demonstrado habilidade suficiente; forçando-os a enfrentar novos desafios. Sistema semelhante, com elevação compulsória de nível de competição, foi relatado por Ducro et al. (2007a) na

Holanda. Sob estas condições, dificilmente um animal de 26 anos estaria efetuando pontuação naqueles países em percursos de 1 metro, como demonstrado em cavalos BH por meio da Tabela 4.10.

A PONTF foi implantada pela ABCCH com o objetivo de gerar uma classificação geral dos cavalos, realizando comparações entre animais que competiram em diferentes categorias, alturas e abrangência de provas, o que justificou os efeitos que se mostraram significativos no Modelo Fenotípico obtido para esta característica. Curiosamente, observou-se que a CLASSI não foi o fator de maior influência sobre a PONTF. A Tabela 4.11 esclareceu que o aumento em PONTF, não esteve necessariamente relacionado à melhor colocação na prova, de forma que animais vencedores em provas fáceis podem ter recebido pontuação semelhante àqueles classificados em 17º lugar em provas de maior altura, número de concorrentes ou nível do campeonato ao qual estavam vinculadas.

Segundo a CBH o conjunto vencedor em uma competição de salto é aquele que completou o percurso com menor número de pontos de penalidades e atendeu, de forma superior aos demais concorrentes, ao critério de tempo estabelecido para a prova (CBH, 2013b). Portanto, um conjunto que não cometeu nenhum derrube de obstáculo ou qualquer outra falta pode ter recebido outra classificação que não a primeira. Tal conjunto teria demonstrado capacidade esportiva sem, no entanto, ter obtido o melhor tempo; merecendo assim pontuação correspondente ao seu desempenho.

Tabela 4.11 Médias de pontuação final (PONTF) para cada classificação obtida nos diversos eventos considerados.

CLASSI	Média de PONTF* ⁺
1	53.63 ^{cd}
2	55.24 ^a
3	54.59 ^a
4	54.61 ^a
5	54.50 ^a
6	54.31 ^{bc}
7	54.09 ^{abc}
8	53.79 ^{dc}
9	53.89 ^{bdc}
10	53.68 ^{dc}
11	53.07 ^d
12	53.07 ^d
13	52.08 ^d
14	51.52 ^d
15	50.69 ^d
16	50.28 ^d
17	53.93 ^{abcd}

Considerando-se a distribuição de idade apresentada na Tabela 4.10 para cada nível de altura, e a ausência do efeito de idade sobre PONTF, concluiu-se que a relação entre resultados de desempenho de cavalos BH com suas respectivas idades se apresentou de forma diferente da carreira esportiva descrita por Kearsley et al. (2008) e Stewart (2011), assim como diferiu da evolução curvilínea delineada por Posta et al. (2010). Tal diferença provavelmente foi decorrente das questões já discutidas relativas à imposição precoce de níveis elevados de dificuldade juntamente com ausência de aumento compulsório de nível de competição como consequência da pontuação obtida. Desta forma, cavalos BH puderam competir livremente na altura de obstáculos desejada pelo seu proprietário ou cavaleiro, o que refletiu diretamente sobre a evolução da carreira esportiva dos animais.

No entanto, a análise das medidas repetidas de CLASSI e PONTF revelou melhor adequação do modelo sob a estrutura de covariância residual do tipo auto regressiva de primeira ordem, refletindo a interdependência homogênea entre resultados de competições sucessivas de cada indivíduo (Tabela 4.12). Desta forma, classificações e, conseqüentemente pontuações finais, obtidas em sequencia foram mais semelhantes entre si do que aqueles resultados mais distantes no tempo, conduzindo à suposição de que, caso as condições

ambientais fossem semelhantes, a evolução atlética relatada na literatura poderia ser observada em cavalos BH.

Tabela 4.12 Valor de Critério de Informação de Akaike (AIC) obtido para os Modelos Fenotípicos de características de DESEMPENHO sob diferentes estruturas para a matriz de (co)variância residual.

Estrutura da matriz de covariância residual	CLASSI	PONTF
Simetria Composta Heterogênea (CSH)	314479,2	403.947,3
Componente de Variância(VC)	317.889,1	406.390,7
Simetria Composta (CS)	314.393,2	403.995,3
Auto regressiva heterogênea [ARH(1)]	302.417,5	390.110,6
Auto regressiva [AR(1)]	301.540,2	389.503,0

Conforme descrição anterior, as duas variáveis consideradas como medidas de desempenho esportivo diferiram entre si de forma consistente. A classificação de um animal em uma prova de salto foi atribuída ao conjunto com menor número de penalidades e que melhor atendeu às exigências de tempo especificadas para aquela prova. Assim, um conjunto pode ter executado um percurso sem derrubar nenhum obstáculo, e ainda assim não ter sido o vencedor da prova. Dependendo do número de concorrentes, tal conjunto poderia nem mesmo ter subido ao pódio.

Por se tratar de uma avaliação que agregou informações sobre o nível de dificuldade do percurso (PESOAL) bem como sobre o campeonato (PESOCA) e número (PONT) dos concorrentes, poder-se-ia pensar na PONTF como um indicador mais informativo do desempenho atlético do animal do que a variável CLASSI. No entanto, é importante considerar que a PONTF pode ter sido altamente influenciada pelo proprietário ou cavaleiro e dos seus interesses particulares com relação a um determinado animal, no momento em que este decidiu pela inscrição do animal em uma determinada prova e não em outra. Assim, grandes criadores apresentariam maior interesse em inscrever seus cavalos em provas importantes do que cavaleiros amadores, praticantes do esporte por lazer.

Thorén Hellsten et al. (2006) ressaltaram a importância da escolha da variável a ser considerada quando da avaliação de resultados de competição. Os autores observaram que reduzidos valores de herdabilidades foram obtidos a partir de resultados individuais de cada evento, quando comparados àqueles obtidos a partir de resultados acumulados por ano ou durante toda a carreira esportiva.

Bartolomé et al. (2008) estudaram os diversos fatores ambientais que contribuíram para o desempenho de cavalos de salto espanhóis entre 4 e 6 anos de idade. Dentre estes, a idade e o

cavaleiro foram considerados as mais importantes fontes de variação no desempenho de cavalos jovens, tendo as suas proporções de variação em relação à variação total estimadas em 2,40 e 8,28%, respectivamente. Adicionalmente, Kearsley et al. (2008) demonstraram que a proporção da variância devida ao cavaleiro aumentou com o grau de dificuldade da prova de CCE, variando entre 4% para níveis iniciais e 10% para níveis avançados da fase de salto em competições de CCE. Assim, resultados em competições mais difíceis foram mais influenciados pelo cavaleiro, quando comparados àqueles obtidos em percursos mais fáceis. Entretanto, Posta et al. (2010) estimaram variâncias constantes e da magnitude de 10% para o efeito aleatório de cavaleiro após os 6,8 anos de idade sobre a característica avaliada exclusivamente em provas de salto: diferença entre altura dos obstáculos e pontos de penalidade.

A redução na variação devida a efeitos de idade e, possivelmente, de cavaleiro em cavalos BH foi obtida com a análise do subconjunto de dados referentes à categoria Cavalos Novos (Tabela 4.13). Conforme o regulamento para o Campeonato de Cavalos Novos da CBH (2013c), um animal com potencial genético para a modalidade Salto deve ser submetido a percursos de dificuldade e altura progressivamente maiores até a obtenção de seu desempenho máximo ou submáximo. Seguindo tal trajetória o cavalo de Salto chegaria aos seus 7 anos de idade participando de percursos com altura de obstáculos de até 1,40 metros e largura até 1,70m. Tais competições foram incluídas em uma segunda análise por apresentarem maior padronização de muitas condições ambientais, uma vez que os animais competem entre si dentro de uma mesma altura de obstáculos e faixa etária. Maior homogeneidade de cavaleiros também era esperada em competições destinadas a cavalos novos, onde somente cavaleiros das categorias Sênior (>18 anos) ou Júnior (14 a 18 anos) estão aptos a participar CBH (2013c). Integrantes destas categorias podem ser cavaleiros profissionais ou qualquer pessoa que se entenda capaz de competir com os mesmos.

Os 12 eventos que apresentaram em sua nomenclatura o termo “Cavalos Novos” foram considerados nesta análise, sendo que a detalhes a respeito do subconjunto de dados foram descritos na Tabela 4.13. O total de 396 animais, filhos de 142 garanhões e 324 éguas, produziram os 1.730 resultados utilizados nesta análise.

Tabela 4.13 Número de observações (No Obs.), intervalo de idade e médias para: idade, classificação (CLASSI), pontuação final (PONTF), número de concorrentes (NOCONC) e peso do campeonato (PESOCA); para cada nível de altura em eventos destinados à Cavalos Novos.

Altura dos Obstáculos (m)	Nº. Obs	Intervalo de Idade (anos)	Média de Idade (anos)*	Média de CLASSI*	Média de PONTF*	Média de PESOCA*	Média de NOCONC*
1,00	58	4,27 - 8,63	5,36 ^e	5,72 ^{bc}	42,62 ^c	4,00 ^a	14,21 ^c
1,10	461	4,14 - 8,73	5,03 ^e	2,56 ^d	67,88 ^{ab}	3,15 ^{bc}	45,57 ^{ab}
1,20	445	4,64 - 8,87	5,96 ^d	3,58 ^{cd}	82,02 ^a	3,24 ^b	48,90 ^a
1,30	466	4,54 - 11,73	6,91 ^c	5,23 ^c	78,64 ^{ab}	3,08 ^{bc}	37,50 ^b
1,40	284	7,06 - 14,22	8,07 ^b	8,03 ^a	61,51 ^b	2,99 ^c	22,36 ^c
1,50	16	8,41 - 12,65	9,84 ^a	7,44 ^{ab}	71,31 ^{ab}	2,00 ^d	16,00 ^c

* Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente ($p > 0,05$) diferentes.

Observou-se que a amplitude de idade estabelecida pelo Regulamento da categoria (CBH, 2013c) para cada altura de obstáculos do percurso não foi obtida, possivelmente devido à inclusão de percursos abertos às demais categorias nos eventos identificados como Cavalos Novos. Ainda assim, o objetivo de obtenção de menor amplitude de idade foi alcançado juntamente com o aumento gradual na altura dos obstáculos.

Os componentes de variância obtidos para classificação (CLASSI) e pontuação final (PONTF) foram obtidos por modelos idênticos para os dados de DESEMPENHO e Cavalos Novos e expostos na Tabela 4.14 e Tabela 4.15, respectivamente. A existência de variação genética aditiva foi demonstrada em ambas as características nos dois bancos de dados, porém com maior expressão em eventos com concorrentes mais jovens, e de maior homogeneidade ambiental, como era esperado.

No entanto, a proporção da variância total atribuída a efeito genético aditivo foi menor que 1% para CLASSI em DESEMPENHO (Tabela 4.14), onde a forte influência da variação ambiental anteriormente descrita foi observada em ambas as características. Parte destes efeitos ambientais recaiu sobre a CLASSI especialmente quando algum animal demonstrou perfeita técnica de salto e mesmo assim não recebeu uma boa classificação. Assim, certa diferença foi observada entre as estimativas de herdabilidade para CLASSI e PONTF. Diferença ainda mais marcante ocorreu entre as mesmas analisadas por meio do subconjunto de dados Cavalos Novos.

O efeito materno demonstrou seu reduzido componente genético para características de DESEMPENHO, onde representou contribuição próxima à nulidade, em meio a grande variação ambiental e reduzida variação genética aditiva.

Tabela 4.14 Componentes de variância obtidos para classificação (CLASSI) e pontuação final (PONTF) em concursos oficiais de salto entre os anos 2006 e 2011.

Característica	σ^2 Genética Aditiva	σ^2 Genética Materna	σ^2 Ambiente Permanente	σ^2 Ambiental	σ^2 Fenotípica	Genético Aditivo (h^2) ⁺ *	Genético Materno ⁺ *	Ambiente Permanente ⁺ *	Ambiental ⁺ *	-2 log L ^{**}
CLASSI	0,034	0,381	2,715	17,580	20,590	0,00 (0,01)	0,02 (0,01)	0,13 (0,01)	0,85 (0,01)	214.687,68
PONTF	78,280	62,400	105,460	931,200	1132,000	0,07 (0,01)	0,06 (0,02)	0,09 (0,01)	0,82 (0,01)	430.751,71

⁺ Valores expressos como proporção da variação total.

* Erro Padrão da estimativa exposto entre parênteses.

** -2log da Verossimilhança obtido com critério de convergência igual a 1.d-9.

Tabela 4.15 Componentes de variância obtidos para classificação (CLASSI) e pontuação final (PONTF) em concursos oficiais da categoria Cavalos Novos entre os anos 2006 e 2011.

Característica	σ^2 Genética Aditiva	σ^2 Genética Materna	σ^2 Ambiente Permanente	σ^2 Ambiental	σ^2 Fenotípica	Genético Aditivo (h^2) ⁺ *	Genético Materno ⁺ *	Ambiente Permanente ⁺ *	Ambiental ⁺ *	-2 log L ^{**}
CLASSI	1,937	0,000	10,888	8,291	21,120	0,090 (0,09)	0,00 (0,075)	0,520 (0,090)	0,390 (0,025)	5990,49
PONTF	961,100	12,896	0,003	482,600	1444,000	0,670 (0,12)	0,009 (0,066)	0,000 (0,108)	0,330 (0,027)	13176,54

⁺ Valores expressos como proporção da variação total

* Erro Padrão da estimativa exposto entre parênteses.

** -2log da Verossimilhança obtido com critério de convergência igual a 1.d-9.

A comparação dos componentes de variância estimados por meio de DESEMPENHO (Tabela 4.14) e Cavalos Novos (Tabela 4.15) evidenciou a redução no componente ambiental para ambas as características como consequência da uniformização ambiental do subconjunto de dados Cavalos Novos. De forma oposta, maior expressão genética aditiva e maior variância fenotípica foram observadas em CLASSI e PONTF. A variância devida ao ambiente permanente, por sua vez, apresentou comportamento diferenciado para cada característica, tendo aumentado em CLASSI e diminuído em PONTF.

Efeitos ambientais permanentes foram estimados no presente trabalho por meio da inclusão do próprio indivíduo como efeito aleatório não correlacionado aos efeitos genéticos aditivos. Desta forma, efeitos genéticos não aditivos podem estar incluídos no chamado efeito de ambiente permanente aqui descrito. A análise dos dados de DESEMPENHO evidenciou maior influência de efeitos ambientais permanentes sobre as variáveis CLASSI e PONTF, quando comparados aos efeitos genéticos aditivos.

A estimativa de efeitos de ambiente permanente permitiu ainda o cálculo de repetibilidade a partir da proporção da variação total atribuída a efeitos genéticos e de ambiente permanente; resultando em valor equivalente a 0,15 para CLASSI e igual a 0,21 para PONTF em DESEMPENHO. Repetibilidades (r) proporcionalmente mais elevadas também foram obtidas para CLASSI ($r=0,60$) e PONTF ($r=0,67$) para resultados de Cavalos Novos.

A manifestação de elevada proporção de variância fenotípica ora atribuída a efeitos de ambiente permanente (CLASSI) e ora atribuída a efeitos genéticos aditivos (PONTF), em meio a estimativas de maiores erros-padrão (Tabela 4.15); sugeriu cautela na interpretação imediata dos resultados obtidos para Cavalos Novos. Posta et al. (2010) observaram que a retirada do efeito aleatório do cavaleiro de seus modelos levou à partição desta fração da variância entre os efeitos genético aditivo e de ambiente permanente. Bartolomé et al. (2013) concluíram que a não inclusão da interação cavalo-cavaleiro levou à superestimativa da herdabilidade e repetibilidade. Possivelmente a importância do cavaleiro em competições envolvendo cavalos BH em fase inicial de grande aprendizado e, possivelmente, estresse devido ao início da carreira esportiva, seja superior àquela relatada na literatura. Sendo assim, a adição de informações a respeito do cavaleiro/proprietário e centro de treinamento onde o animal permaneceu alojado beneficiaria muito o esclarecimento da real natureza dos efeitos de ambiente permanente que se mostraram tão importantes sobre a capacidade de vitória de animais competindo com concorrentes de similar experiência.

Por outro lado, a análise de resultados de competições esportivas desta natureza consistiu em ferramenta útil na demonstração da real possibilidade redução das fortes influências

ambientais observadas em DESEMPENHO, e maior expressão genética aditiva para resultados de competições individuais. O erro padrão, especialmente aquele obtido para PONTF em Cavalos Novos, no entanto, conduziram à conclusão de que o banco de dados para a estimativa dos valores genéticos deve ser melhorado antes da implantação de um programa de seleção com base em resultados de competições. Tal melhoria poderia ser obtida pelas referidas informações adicionais a respeito de cada cavalo ou pelo aumento no número de eventos e animais no subconjunto de dados.

Estimativas de herdabilidade relatadas na literatura para mensurações de resultados de concursos oficiais foram, em geral, baixas e influenciadas pela variável considerada e forma de análise. O estudo de resultados de competições oficiais realizado com a subdivisão dos dados em níveis de dificuldade e análise como características distintas comumente revelou maiores valores nas estimativas de herdabilidade para percursos mais difíceis.

Aldridge et al. (2000) relataram estimativas semelhantes às aquelas obtidas para a PONTF na população BH, com herdabilidades variando entre 0,07 e 0,10 para a característica classificação, seguindo o já mencionado aumento na expressão genética aditiva segundo o aumento do nível da competição. O comportamento da porção da variância devida ao ambiente permanente, por sua vez, variou entre 0,05 e 0,11. Repetibilidades não foram estimadas pelos autores, mas a correlação genética entre resultados nos níveis alto e baixo foi estimada em 0,69 (0,07). Kearsley et al. (2008), por sua vez, incluíram o já mencionado efeito de cavaleiro em seus modelos e obtiveram, para a característica pontos de penalidade para cada fase de salto em competições de CCE, estimativas de herdabilidade entre 0,08 e 0,23, com similar tendência crescente com o nível de dificuldade. De forma oposta o decréscimo na proporção da variância por efeitos ambientais permanentes foi demonstrado nos níveis mais avançados de competição e oscilou entre 0,07 e 0,13. Posta et al. (2010) também obtiveram estimativas de herdabilidade similares àquela aqui relatada para PONTF em DESEMPENHO. Os autores relataram aumento no valor estimado com a idade e valores sempre inferiores à 0,10 para a diferença entre altura do obstáculo e pontos por penalidade. Entretanto, os resultados de competições exclusivamente de salto analisadas por Posta et al. (2010) demonstraram simultâneo aumento na contribuição do efeito de ambiente permanente com o tempo, chegando próximo a 0,30 aos 11 anos de idade.

Outra forma de análise de resultados de competição amplamente adotada consistiu na estimativa de herdabilidade por meio de resultados acumulados durante toda a carreira esportiva ou em parte dela. Koenen et al. (1995) relataram herdabilidade igual a 0,19 para resultados acumulados de cavalos entre 4 e 10 anos competindo na fase de salto em provas de

CCE. Wallin et al. (2003) estimaram valores iguais a 0,23 e 0,27 para o parâmetro das respectivas características: pontos e colocação acumuladas durante a vida do animal. Segundo os autores, todos os concorrentes constaram no banco de dados, inclusive aqueles que não obtiveram pontos pelo seu desempenho. Estimativa similar ($h^2=0,27$) para resultados de competições de salto foram obtidas por Olsson et al. (2008), também utilizando o logaritmo de pontos acumulados ao longo da carreira esportiva como fenótipo de cada animal. O banco de dados utilizado pelos autores vinha sendo formado desde 1961 e continha informações de todos os concorrentes em alguns períodos. Ducro et al. (2009) relataram herdabilidade igual a 0,14 para a melhor classificação alcançada pelo animal como medida de desempenho esportivo. Os dados analisados por Viklund et al. (2010) foram subdivididos em três classes de idade: pontos acumulados até os 6 anos, até os 9 anos e durante toda a carreira esportiva do animal até seus nove anos. Herdabilidades entre 0,24 e 0,28 foram relatadas, sendo que o maior valor foi obtido para a faixa etária de maior idade.

Conforme demonstrado, trabalhos que adotaram o agrupamento de informações (resultados acumulados) detectaram maior proporção da variância fenotípica devida a efeitos genéticos aditivos. Entretanto tal estrutura de dados resultou em somente um ou poucos fenótipos por animal, sendo que nenhum destes trabalhos considerou o efeito de ambiente permanente em suas análises, o que pode ter resultado em desvios nas estimativas de variância genética aditiva. Segundo Clément et al. (2001), a omissão de um efeito aleatório quando existente pode levar a decomposição incorreta dos demais componentes de variância.

Recentemente, Ricard & Legarra (2010) concluíram que tanto a utilização de classificação simples quanto a sua transformação em escores normais subestimaram a repetibilidade de resultados de competição esportiva de cavalos. Os autores atribuíram os reduzidos valores de herdabilidade relatados na literatura para a esta característica ao efeito de evento amplamente adotado. Afirmando que o efeito de evento por si só não é apropriado, defenderam a inclusão de um efeito ligado ao cavalo, identificando grupos de cavalos que frequentemente competiram num mesmo circuito. Desta forma, eventualmente, animais de diferentes grupos se encontrariam em um mesmo evento; permitindo a estimativa mais precisa do efeito.

Bartolomé et al. (2013) propuseram o estudo de resultados de desempenho em análises multi características, onde os resultados de cada grupo anual de idade entre 4 a 6 anos foi tratado como uma característica diferente e incluído no modelo. A proposta, que considerou diferentes componentes de variância para cada faixa etária, demonstrou melhor adequação quando comparada ao modelo uni característico. A estimativa de valores genéticos a partir deste modelo demonstrou herdabilidade aumentando com a idade e variando entre 0,069 e

0,132, e repetibilidade oscilando entre 0,118 para cavalos de cinco anos e 0,280 para 6 anos. O estudo revelou ainda a presença de cavalos com melhora gradual do potencial genético com a idade; cavalos precoces que “perderam” potencial genético com o tempo; e animais com potencial genético estável nas três classes de idade consideradas. Tal descoberta possibilita a seleção de animais com base em seus potenciais genéticos para cada nível de competição.

O efeito genético materno foi aparentemente negligenciado em relatos de literatura a respeito do desempenho de cavalos de salto. Considerando que o mesmo representou menos que 1% da variância fenotípica em ambientes de competição mais homogêneos para animais BH juntamente com a descrição prévia dos sistemas de competições europeus, supôs-se que o efeito foi insignificante em tais competições, da mesma forma que o foi na Categoria Cavalos Novos. Possivelmente o nível profissional dos cavaleiros foi responsável pela “ocultação” dos efeitos genéticos maternos, que se mostraram menos influentes neste tipo de competição. Acredita-se que cavaleiros habilidosos tenham sido capazes de contornar possíveis dificuldades de comportamento manifestadas por suas montarias e influenciadas pelo fenótipo de suas mães. Assim, concluiu-se que o efeito do fenótipo da mãe sobre o fenótipo do filho, de caráter supostamente comportamental, foi duradouro e evidenciado em condições ambientais heterogêneas, tais como aquelas rotineiramente encontradas nas competições de salto brasileiras.

A distribuição de idade nas diferentes alturas discutida anteriormente conduziu à conclusão de que as práticas de manejo e competição de cavalos de salto adotadas no Brasil diferiram daquelas relatadas por Wallin et al (2003); Ducro et al. (2007) e Viklund et al. (2010); especialmente no com relação à forma de escolha do nível de altura no qual cada animal deve competir. Tal fato justificou parte das diferenças encontradas entre as proporções dos componentes de variância obtidos na análise de DESEMPENHO e aqueles relatados em literatura. A análise de resultados isolados de cada percurso ao invés de resultados acumulados ao longo da carreira esportiva ou parte dela, também contribuíram para as reduzidas herdabilidades estimadas no presente trabalho, no entanto a inclusão de efeitos de ambiente permanente nas análises refletiu uma estimativa mais verídica do componente genético aditivo de cavalos BH. A estrutura incompleta do banco de dados também pode ter contribuído para as reduzidas estimativas de herdabilidade. A sistemática redução na variação fenotípica decorrente da ausência de informações daqueles animais que não foram classificados pode, por consequência, ter reduzido a variância genética aditiva perceptível na amostra e, conseqüentemente, aumentado a proporção da variância devida ao ambiente.

Entretanto, esta primeira análise permitiu a evidenciação de importantes aspectos específicos dos concursos de salto brasileiros.

O longo tempo necessário até que o cavalo atleta expresse o máximo de seu potencial genético é um fator de importância na interpretação de resultados de desempenho em provas de Salto. Diversos acontecimentos no decorrer deste período podem interferir na condição física e psicológica do cavalo, atuando de forma permanente ou temporária sobre o seu desempenho.

Efeitos genéticos não aditivos e de ambiente permanente se mostraram extremamente importantes para a CLASSI dos animais em DESEMPENHO e, principalmente, em Cavalos Novos. O Regulamento da categoria restringe a um número máximo de dois cavaleiros montando um mesmo cavalo durante um campeonato (CBH, 2013c). Desta forma, conjuntos que se mantiveram estáveis, sem troca de cavaleiro, possivelmente tiveram seus efeitos de cavaleiro incluídos nas estimativas de ambiente permanente.

Considerando a grande variação ambiental encontrada nos resultados de competições e as evidências científicas de maior expressão genética aditiva em percursos de maior dificuldade, imagina-se que a análise específica de resultados de competições de alto nível de dificuldade (acima de 1,30 metros) seja capaz de fornecer estimativas de herdabilidade igualmente confiáveis e de magnitude mais importante que aquelas fornecidas por DESEMPENHO.

4.3.3 Correlações Genéticas

Dentre os 294 candidatos a reprodutores avaliados, 134 cavalos apresentaram resultados de competições em DESEMPENHO e avaliações morfológicas e de andamentos em APROVAÇÃO. Devido à mudança de metodologia para a avaliação de indicadores de aptidão para salto somente 58 dispunham de informações em DESEMPENHO e notas para a característica SALTO, adotada até 2006. Os 78 animais restantes foram submetidos ao novo sistema detalhado de avaliação do movimento de salto.

As melhores classificações de um indivíduo consistiram nos menores valores atribuídos à CLASSI a cada competição. Desta forma, correlações genéticas entre medidas funcionais avaliadas durante a Aprovação de Reprodutores e CLASSI consideradas favoráveis foram aquelas com sinal negativo e valor absoluto mais próximo de um. Os componentes de covariância e correlações entre estas características foram expostos na Tabela 4.16.

Tabela 4.16 Componentes de covariância (Cov) e correlações (Y) fenotípica (p), genética (g) e ambiental (e); obtidos em análises bi características entre as medidas funcionais avaliadas durante a APROVAÇÃO e a classificação (CLASSI) em DESEMPENHO.

Característica*	CLASSI						-2 log L
	Cov _p	Cov _g	Cov _e	Y _p	Y _g	Y _e	
PASSO (0,36)	0,95E-02	0,47E-03	0,89E-02	0,00	0,00	0,00	214.628,51
TROTE (0,53-0,54)	0,26E-01	0,158-01	-0,70E-02	0,02	0,02	0,00	214.634,94
GALOPE (0,35)	0,17	0,55E-01	0,63E-01	0,12	0,09	0,03	214.631,45
SALTO (0,17-0,75)	0,87E-01	0,17	-0,80E-01	0,00	1,00	-1,00	42.084,94
ATITU (0,09-0,17)	0,13E-01	0,14E-01	-0,32E-02	0,19	0,20	-0,01	47.069,03
IMPUL (0,22-0,36)	-0,99E-02	0,20E-01	-0,30E-01	0,20	0,30	-0,10	46.550,61
POT (0,09-0,11)	0,35E-02	-0,38E-01	0,36E-01	0,00	-0,85	0,13	46.524,70
AMPLI (0,25)	0,31E-02	0,19E-01	-0,16E-01	0,20	0,25	-0,05	46.615,93
TEMP (0,42-0,43)	0,25	-0,17E-01	0,26	0,50	-0,11	0,61	47.004,61
MEC.ANT (0,37-0,38)	-0,58E-02	0,42E-01	-0,55E-01	-0,01	0,31	-0,14	46.887,45
MEC.POST (0,34-0,36)	-0,35E-01	-0,16E-01	-0,49E-02	-0,04	-0,13	-0,01	46.853,32
FLEXI (0,20)	-0,53E-02	-0,10E-01	-0,36E-02	-0,01	-0,12	-0,01	46.769,36
RESP (0,29-0,30)	0,56E-01	-0,22E-01	0,78E-01	0,06	-0,24	0,24	46.669,04
REGUL (0,24)	0,25	-0,21E-01	0,2734	0,25	-0,20	0,62	46.934,07

* Intervalo das estimativas de herdabilidade obtidas em todas as análises, expressos entre parênteses.

Para a característica pontuação final raciocínio contrário foi adotado considerando-se que os maiores valores de PONTF representavam os melhores desempenhos. Os componentes de covariância e correlações entre PONTF e medidas funcionais avaliadas em APROVAÇÃOS foram expostos na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 Componentes de covariância (Cov) e correlações (Y) fenotípica (p), genética (g) e ambiental (e), obtidos em análises bicaraterísticas entre as medidas funcionais avaliadas durante a APROVAÇÃO e a pontuação final (PONTF) em DESEMPENHO.

Característica*	PONTF						-2 log L
	Cov _p	Cov _g	Cov _e	Y _p	Y _g	Y _e	
PASSO (0,36)	0,90E-02	0,50E-02	-0,44E-02	0,01	0,04	-0,01	31.885,78
TROTE (0,53-0,54)	0,72E-02	-0,60E-02	0,72E-02	0,01	-0,04	0,02	31.892,83
GALOPE (0,35)	0,18E-01	0,15E-01	0,40E-02	0,02	0,12	0,01	31.890,59
SALTO (0,17-0,75)	0,36E-01	0,97E-01	-0,60E-01	0,04	0,53	-0,26	31.754,86
ATITU (0,09-0,17)	0,10E-01	0,52E-02	-0,10E-16	0,01	0,07	0,00	32.194,15
IMPUL (0,22-0,36)	0,57E-02	0,54E-02	0,23E-03	0,01	0,06	0,00	31.801,92
POT (0,09-0,11)	0,43E-01	0,37E-01	0,20E-02	0,04	1,00	0,01	31.645,43
AMPLI (0,25)	0,41E-01	0,15E-05	0,41E-01	0,04	0,00	0,15	31.742,14
TEMP (0,42-0,43)	0,48E-01	0,58E-04	0,48E-01	0,05	0,00	0,13	32.129,77
MEC.ANT (0,37-0,38)	-0,15E-01	-0,33E-01	0,36E-01	-0,02	-0,26	0,10	32.011,11
MEC.POST (0,34-0,36)	0,65E-01	0,45E-01	0,12E-02	0,06	0,39	0,00	31.971,66
FLEXI (0,20)	0,33	-0,39E-03	0,33	0,32	0,00	1,00	31.894,84
RESP (0,29-0,30)	0,68E-02	0,16E-01	-0,92E-02	0,01	0,20	-0,03	31.841,69
REGUL (0,24)	0,27E-01	0,84E-02	0,19E-01	0,03	0,08	0,05	32.059,55

* Intervalo das estimativas de herdabilidade obtidas em todas as análises, expressos entre parênteses.

As avaliações subjetivas dos andamentos PASSO e TROTE apresentaram correlações fenotípicas, genéticas e ambientais com CLASSI e PONTF próximas de zero. No entanto a tendência de animais dotados de TROTE considerados ideais a apresentarem valores genéticos para CLASSI e PONTF suavemente piores do que a média foi observada. A relação entre GALOPE avaliado subjetivamente e resultados de competições esportivas, por sua vez, apresentou significado contrário para CLASSI e PONTF, sendo desfavorável para a seleção indireta da primeira e favorável para a segunda. Desta forma, o GALOPE se mostrou um melhor preditor do potencial genético para PONTF quando comparado aos demais andamentos.

Correlações genéticas de maior força do que aquelas aqui relatadas foram descritas por Wallin et al. (2003) entre pontos acumulados em competições de salto e avaliações subjetivas de passo ($Y_g=0,26$), trote ($Y_g=0,33$) e galope ($Y_g=0,60$). No entanto para a característica classificação acumulada as estimativas diferiram consideravelmente para passo ($Y_g=0,06$), trote ($Y_g=-0,05$) e galope ($Y_g=0,24$), demonstrando a forte influencia da variável utilizada como medida de desempenho sobre a estimativa das correlações.

Posteriormente, Ducro et al. (2007a) analisaram escores de andamentos atribuídos a 36.110 animais, entre 3 e 7 anos de idade para finalidade de registro na raça KWPN, juntamente com a maior classificação em competição esportiva já alcançada para 30.474 cavalos. Correlações genéticas positivas progressivamente maiores foram reveladas entre os resultados de competição e diferentes aspectos de passo (Y_g entre 0,04 e 0,14), trote (Y_g entre 0,11 e 0,14) e galope (Y_g entre 0,28 e 0,43). No mesmo ano, Ducro et al. (2007b) reportaram análise semelhante utilizando dados da primeira inspeção de candidatos a garanhão na mesma raça, tais avaliações foram realizadas em um único evento anual entre 1994 e 1999. Correlações moderadas e negativas foram obtidas entre resultados de competição e uma única avaliação de passo ($Y_g=-0,45$) e trote ($Y_g=-0,36$); enquanto que para galope o valor estimado foi próximo de zero ($Y_g=0,06$). Desta forma, estes relatos comprovam a forte influência também do método de avaliação dos andamentos sobre as estimativas de correlações genéticas.

No entanto, Viklund et al. (2010) demonstraram consistência nas suas estimativas de correlações genéticas entre andamentos e os seguintes resultados acumulados de competições esportivas: pontos e classificação; com valor (Y_g) igual a -0,01 para passo, entre 0,12 e 0,15 para trote e entre 0,33 e 0,34 para galope.

Assim, uma tendência geral de maior capacidade preditiva do galope para valores genéticos de resultados de competição na modalidade salto foi observada na grande maioria

dos estudos recentes, exceto aquele descrito por Ducro et al. (2007b). Neste sentido as correlações aqui apresentadas entre andamentos e PONTF foram semelhantes aos relatos recentes em populações europeias.

Considerando que o esporte equestre Adestramento também integra os objetivos de seleção da raça BH, juntamente com os relatos de literatura informando correlações genéticas consistentemente fortes e favoráveis entre avaliações subjetivas de andamentos e resultados de competições nesta modalidade (Ducro et al., 2007a; Ducro et al., 2007b; Olsson et al., 2008; Viklund et al., 2010); sugere-se a investigação da real possibilidade de realização de seleção indireta para Adestramento com base em avaliações subjetivas de andamentos também para a população BH.

A análise bi característica envolvendo SALTO demonstrou certa instabilidade na sua estimativa de herdabilidade. O acréscimo de informações a respeito da classificação do animal em competições de campo reduziu sua estimativa dos 0,74 obtidos na análise uni característica para 0,17. Tal instabilidade parece ter sido especialmente afetada pela correlação genética entre SALTO e CLASSI, onde a avaliação realizada em APROVAÇÃO se mostrou um péssimo indício da capacidade fenotípica do animal em vencer uma prova ($Y_p=0$), e inversamente proporcional ao seu potencial genético para tal feito ($Y_g=1$). Por outro lado, a estimativa de herdabilidade para SALTO se manteve estável na análise bi característica com PONTF.

O caráter ambíguo da característica SALTO ficou evidente mais uma vez por meio da comparação de suas correlações genéticas com CLASSI e PONTF. Esperar-se-ia que tais correlações obedecessem a critério similar de favorecimento à seleção indireta. No entanto, a perfeita técnica de SALTO apresentada perante os juízes em APROVAÇÃO demonstrou correlação genética completamente desfavorável com CLASSI ($Y_g=1,00$), e favorável e de moderada magnitude com PONTF ($Y_g=0,53$). Acredita-se que os animais que receberam avaliações inferiores em SALTO tenham sido submetidos posteriormente a treinamento diferenciado, e perceptível por meio da correlação ambiental com CLASSI igual a -1, resultando em correlação fenotípica igual a zero. Enquanto que aqueles animais bem avaliados em APROVAÇÃO devem ter sido submetidos precocemente a percursos com altura de obstáculos elevada (PESOAL) em competições de importância no calendário oficial (PESOCA), possivelmente com desafios superiores à sua capacidade naquele momento. Desta forma estes animais teriam sido sistematicamente prejudicados em sua PONTF por fatores ambientais ($Y_e=-0,26$), o que teria reduzido a sua correlação fenotípica ($Y_p=0,04$). Tal manejo

teria permitido que estes bons cavalos obtivessem PONTF sensivelmente elevada, porém sem reflexos visíveis sobre sua CLASSI ($\gamma_p=0$).

Relatos de literatura historicamente reportaram correlações genéticas positivas, fortes e favoráveis entre avaliações subjetivas de salto em cavalos jovens e resultados de competições (Thorén Hellsten et al., 2006). Estimativas recentes também consistiram em valores acima de 80% (Ducro et al., 2007a; Ducro et al., 2007b; Olsson et al., 2009; Viklund et al., 2010). Assim, a considerável diferença destes relatos com as estimativas de correlações genéticas com PONTF e CLASSI aqui apresentadas foi, portanto, devida ao desvio ambiental sistemático decorrente da ansiedade dos proprietários em ver seus cavalos competindo em provas de alto nível de dificuldade em pouco tempo.

Possivelmente a ilusória ineficácia da avaliação de SALTO tenha sido percebida pela ABCCH por meio das correlações fenotípicas com resultados de competições próximas a zero. Desta forma, supõe-se que tenha sido este o motivo da alteração na forma de avaliação da capacidade de salto dos candidatos a reprodutores.

Outra característica que apresentou relações divergentes com diferentes medidas de desempenho em competições esportivas foi a ATITU, que demonstrou correlação genética desfavorável com CLASSI e levemente favorável com PONTF. Conforme a discussão prévia do Modelo Fenotípico de ATITU, tal relação informou que cavalos simultaneamente dotados de TEMP e IMPUL podem até ter apresentado certa superioridade genética para competir em provas mais importantes (γ_g com PONTF = 0,07), mas não tiveram potencial genético ($\gamma_g=0,20$) ou fenotípico ($\gamma_g=0,19$) para vencê-las (CLASSI). Assim, relações muito semelhantes foram verificadas para IMPUL, reforçando a conclusão de que a seleção por meio de avaliações subjetivas de ATITU e IMPUL resultaria em impacto oposto ao desejado sobre a medida de desempenho esportivo CLASSI no atual sistema de competições de salto adotado no país.

Apesar de a POT ter demonstrado baixa herdabilidade, esta apresentou correlações genéticas fortes e favoráveis à seleção indireta para ambas as medidas de desempenho em competições de salto nacionais. Tais resultados foram considerados similares aos relatos de correlação genética entre potência avaliada por meio de escore em potros com idade inferior à 3 anos saltando em liberdade e a maior classificação alcançada pelo animal em sua carreira esportiva ($\gamma_g=0,85$), por Ducro et al. (2007b). No entanto, a correlação fenotípica encontrada pelos autores ($\gamma_p=0,23$) foi notavelmente maior do que aquela relatada entre POT e PONTF ($\gamma_p=0,04$) e entre POT e CLASSI ($\gamma_p=0,00$).

Considerando que o evento Aprovação de Reprodutores tenha sido realizado somente uma vez por ano e envolveu uma pequena proporção dos animais nascidos, supôs-se que todos os candidatos submetidos tenham sido submetidos a algum grau de treinamento. Relembrando os resultados reportados por Wejer et al. (2013) afirmando que o treinamento conduziu a trajetórias de salto mais eficientes e com menor dispêndio de energia; e considerando ainda que a POT consistiu na capacidade do animal em saltar além do necessário para o obstáculo imposto; tem-se que a POT, avaliada em animais treinados, seria uma medida indicativa também do temperamento e reatividade do animal a um estímulo e não somente da sua capacidade física de projetar seu corpo para cima. Desta forma, um animal calmo e menos reativo demonstraria menor potencia devido a sua própria personalidade e treinamento, e não necessariamente como um simples reflexo de menor força física ou técnica. Tal aspecto comportamental pode consistir em fator importante para relação entre POT e resultados de competição esportiva.

Dada a importância demonstrada para a característica POT, a grande variação de idade observada em APROVAÇÃO, e os conhecidos efeitos do treinamento sobre esta característica concluiu-se que a tentativa de reduzir a variação ambiental restringindo a idade dos animais submetidos seria válida na obtenção de maior proporção da variação total devida aos efeitos aditivos e, conseqüentemente, maior estimativa de herdabilidade para POT. Tal realização aumentaria a eficácia da seleção indireta para CLASSI e PONTF por meio desta característica.

Assim como muitas características avaliadas em APROVAÇÃO não foram descritas na literatura, uma quantidade ainda menor teve sua relação com resultados de competição estabelecida, dificultando a comparação das estimativas presentemente relatadas para ATITU, IMPUL, AMPLI e REGUL com outras populações.

Avaliações subjetivas de AMPLI não demonstraram nenhum benefício em potencial para a seleção indireta para PONTF ($Y_g=0,00$) caso esta fosse realizada; ao contrário, tal seleção seria capaz de piorar os valores genéticos para CLASSI ($Y_g=0,25$) no atual circuito de competições. Considerando que o salto ideal consiste na execução de uma trajetória em forma de parábola, onde a amplitude adequada depende da altura do obstáculo; e que o treinamento confere aos animais a capacidade de calcular sua trajetória (Wejer et al., 2013) de forma a transpor o obstáculo com um menor esforço, considerou-se justificada a ideia de que o fracionamento de uma única característica em mais de uma avaliação pode ter contribuído para as reduzidas correlações genéticas observadas no presente estudo. Relatos de literatura envolvendo avaliações subjetivas da amplitude do salto não foram encontrados, possivelmente

por não se tratar de uma característica de interesse a outras organizações de raça de cavalos de esporte.

A característica TEMP, por sua vez, foi aparentemente contrária à seleção indireta para CLASSI ($\gamma_p=0,50$), no entanto, geneticamente, sua relação com esta medida de desempenho esportivo foi favorável ($\gamma_g=-0,11$); enquanto foi nula ($\gamma_g=0,00$) com PONTF. Considerando a sua correlação ambiental com PONTF ($\gamma_e=0,13$), acredita-se que animais de bom temperamento também tenham sido submetidos a alturas elevadas de obstáculos precocemente, o que refletiu fortemente sobre a sua CLASSI em tais provas ($\gamma_e=0,61$).

Resultados muito mais favoráveis à seleção foram relatados para cavalos suecos. Wallin et al. (2003) descreveram estimativas de correlações genéticas entre escores de temperamento e as características pontos e classificação acumulados em competições de salto iguais a 0,93 e 0,91; respectivamente. As correlações ambientais relatadas, por sua vez foram consideravelmente menores e iguais a 0,11 e 0,09 seguindo a mesma ordem. Os relatos de Viklund et al. (2010) a respeito da relação entre resultados de competições de salto e avaliações subjetivas de temperamento durante o salto ($\gamma_g=0,88$), e temperamento avaliado juntamente com os andamentos ($\gamma_g=0,16$), esclareceram que o momento considerado para a mensuração do temperamento foi diretamente relacionado à sua capacidade de predição de valores genéticos para desempenho esportivo.

As avaliações de TEMP ocorreram simultaneamente àquelas de aptidão para salto durante a Aprovação de Reprodutores. Por este motivo, acredita-se que as divergências em relação aos relatos de literatura sejam decorrentes das diferenças descritas entre os sistemas de competições e da já mencionada ansiedade dos proprietários brasileiros em obter resultados rapidamente. Desta forma, a seleção para TEMP em cavalos BH deve ter reflexos suaves sobre o potencial genético de CLASSI na população selecionada, porém os ganhos somente se manifestarão fenotipicamente sob o manejo adequado. Entretanto, a importância de aspectos relacionados à personalidade dos animais para os usuários de cavalos de esporte e laser, demonstrada por Graf et al. (2013), foi discutida anteriormente. Tal fato por si só justificaria a inclusão do TEMP nos objetivos de seleção para a raça BH, mesmo que esta não manifeste reflexos sobre os valores genéticos para PONTF.

Outras características relacionadas à personalidade dos cavalos consistiram em RESP e REGUL, sendo que ambas apresentaram correlações favoráveis com resultados de desempenho esportivo em competições. Escores subjetivos de RESP foram geneticamente correlacionados à CLASSI ($\gamma_g=-0,24$) e PONTF ($\gamma_g=0,20$) com força semelhante; sem, no entanto a ocorrência de reflexos perceptíveis fenotipicamente. De forma similar, a relação

entre o cuidado de cavalos durante o salto e a classificação máxima na carreira esportiva, analisada por Ducro et al. (2007a), demonstrou correlação genética mais forte do que aquelas aqui relatadas ($Y_g=0,80$), mas com reflexos fenotípicos igualmente reduzidos ($Y_p=0,14$). Adicionalmente, efeitos ambientais contrários aos efeitos genéticos foram demonstrados entre a classificação em competições de salto e escores de RESP ($Y_e=0,24$) e REGUL ($Y_e=0,62$), possivelmente por motivos similares aqueles discutidos para a característica TEMP.

Somente Ducro et al. (2007a) estudaram correlações específicas entre escores subjetivos para o emprego da técnica de anteriores durante o salto e resultados de competições. Os autores relataram grande potencial ($Y_g=0,67$) de seleção indireta para a maior classificação obtida na carreira de um animal por meio da técnica de anteriores. De forma oposta, relações alarmantes foram observadas no presente estudo entre avaliações subjetivas de MEC.ANT e resultados oficiais de competições. Correlações genéticas completamente divergentes daquelas relatadas na literatura foram estimadas entre este escore subjetivo e CLASSI ($Y_g=0,31$), e entre este e PONTF ($Y_g=-0,26$), informando que a revisão urgente da metodologia de avaliação da MEC.ANT deve ser realizada.

Conforme mencionado anteriormente, Santamaría et al. (2006) revelou influência marcante do treinamento sobre a capacidade de recolhimento dos membros anteriores, especialmente sobre a flexão das articulações mais proximais ao corpo, as quais foram indicadas como tendo maior potencial preditivo sobre a capacidade de salto. Desta forma, acredita-se que a grande variação de idade observada em APROVAÇÃO exerceu influência ainda mais importante do que aquela detectada pelo Modelo Fenotípico, de forma que animais geneticamente inferiores nesta característica tenham sido especialmente beneficiados por este fator ambiental. Neste caso, o maior tempo de treinamento concedido a estes animais teria tornado impossível a distinção entre a fração da capacidade de recolhimento dos membros anteriores devida ao treino daquela fração devida à real superioridade genética do animal. Assim, conforme os resultados de Santamaría et al. (2006), o efeito do treinamento teria melhorado a MEC.ANT de alguns animais sem, no entanto, reflexos visíveis sobre resultados de competições. No caso de cavalos BH, tal efeito teria ainda sido inversamente relacionado ao desempenho em provas de salto, tamanho o viés introduzido nas avaliações.

Diferentemente da situação observada em MEC.ANT, a MEC.POST demonstrou correlação genética sutilmente favorável para CLASSI ($Y_g=-0,13$) e de maior magnitude para PONTF ($Y_g=0,39$). A relação em cavalos BH foi consideravelmente inferior à relatada por Ducro et al. (2007a) ($Y_g=0,80$), mas de mesmo significado. Assim, a MEC.POST constituiu a

segunda melhor forma de predição do potencial genético para a pontuação final obtida nos resultados de competição esportiva em cavalos BH, ficando atrás somente da POT.

Ducro et al. (2007a) estimaram ainda correlação genética entre a maior classificação alcançada pelo animal em sua carreira esportiva com técnica de coluna avaliada subjetivamente com o animal saltando em liberdade, relatando relação forte, positiva e com valor igual a 0,52. Conforme a interpretação dos Modelos Fenotípicos de IMPUL e FLEXI, ambas as características envolveram a movimentação da coluna durante o salto. No entanto, diferentemente dos resultados de Ducro et al. (2007a), nenhuma delas demonstrou relação favorável à seleção indireta para desempenho em competições esportivas. Assim, a IMPUL apresentou correlações genética e fenotípica no sentido oposto ao esperado com CLASSI; e muito próximas de zero com PONTF. Enquanto a manifestação de FLEXI adequada em APROVAÇÃO, não foi capaz de refletir sobre os valores genéticos para a mesma medida de desempenho em competições. Desta forma a expectativa de que animais bem impulsionados (IMPUL) e com flexibilidade de coluna (FLEXI) apresentassem superior capacidade de salto a ponto de refletir sobre as suas PONTF e CLASSI não foi realizada.

Tal fato comprovou que o sistema de avaliação destas duas características em APROVAÇÃO foi capaz de identificar animais geneticamente superiores nestas características avaliadas isoladamente, de forma que as mesmas se mostraram herdáveis; porém o processo total não permitiu a reflexão desta superioridade em resultados no atual sistema de competições nacional. A razão para tal acontecimento pode consistir na fragmentação de uma única característica (flexibilidade ou técnica de coluna) em duas avaliações distintas, IMPUL e FLEXI. Tal fracionamento possibilitou a avaliação e a comprovação do caráter herdável de cada uma delas isoladamente, porém dificultou a identificação de animais superiores, capazes de executar e transmitir ambas simultaneamente.

Conforme demonstrado, o processo de Aprovação de Reprodutores realizado nos últimos anos incluiu a avaliação de algumas características que possibilitariam a seleção indireta para resultados de competição esportiva na modalidade salto. Avaliações subjetivas de POT, RESP, REGUL, MEC.POST, FLEXI e TEMP apresentaram, em ordem decrescente, potencial de resposta no caso da seleção indireta para CLASSI. As características potencialmente favoráveis à tal seleção visando a obtenção de melhorias em PONTF foram: POT, MEC.POST, RESP, GALOPE, REGUL ATITU, IMPUL e PASSO, elencadas também em ordem de importância. No entanto, a possibilidade de impacto negativo de IMPUL, ATITU e, em menor grau, de GALOPE sobre a CLASSI no atual sistema de competições de salto brasileiro, sugeriu cautela na escolha de qualquer uma dentre estas como critério de seleção.

4.4 Conclusões

O estudo da influência de efeitos fixos sobre cada característica considerada durante a Aprovação de Reprodutores permitiu elucidar a forma de avaliação das mesmas pelos Juízes. Apesar do alto grau de subjetividade envolvendo algumas das características, verificou-se a consistência e forte coerência nas notas atribuídas pelos juízes. As avaliações morfológicas foram pouco influentes sobre as notas dos andamentos e exerceram ainda menor influência sobre indicadores de aptidão para salto.

Efeitos genéticos aditivos se mostraram importantes para as características avaliadas em APROVAÇÃO, particularmente ($h^2 > 0,40$) para TEMP, LINHASUP e CASCO; e, em menor grau ($0,40 > h^2 > 0,30$) para algumas características morfológicas (M.ANT, CP, GARUPA, AP.DINAM e PTV) e funcionais (PASSO, MEC.POST e GALOPE). A influência de efeitos de ambiente materno foi demonstrada pela primeira vez sobre medidas funcionais avaliadas em cavalos de salto, tendo apresentado manifestação mais intensa sobre GALOPE, POT, FLEXI, PASSO e TEMP.

No entanto, expressão consideravelmente menor foi estimada para os efeitos aditivos sobre as medidas de desempenho esportivo CLASSI e PONTF no banco de dados completo de DESEMPENHO. Enquanto que a redução da variação ambiental obtida com a análise exclusiva de resultados de competições direcionadas a Cavalos Novos demonstrou a ocorrência destes efeitos genéticos de forma mais intensa para ambas as características. Desta forma, aspectos importantes e específicos dos concursos de salto brasileiros foram relatados, permitindo o direcionamento de novos estudos envolvendo a estimativa de parâmetros genéticos para resultados de competições.

Adicionalmente, as estimativas de herdabilidade obtidas para características avaliadas em APROVAÇÃO e DESEMPENHO foram consideradas precisas e confiáveis, conforme informado pelos seus respectivos erros padrão.

As características dotadas de potencial de resposta favorável à seleção indireta, visando à obtenção de melhorias em PONTF e sem prejuízos à CLASSI, foram elencadas em ordem de importância: POT, MEC.POST, RESP, REGUL e PASSO. Algumas características demonstraram relações conflitantes com os interesses da seleção para desempenho esportivo, possivelmente devido ao detalhamento excessivo, com fragmentação de características importantes em mais de uma avaliação subjetiva. Considerando a importância da característica TEMP e a ausência de correlações genéticas desfavoráveis entre esta e

resultados de competições, concluiu-se que a característica pode ser mantida entre os objetivos de seleção de cavalos Brasileiro de Hipismo.

4.5 Referências

Akaike, H. 1987. Factor Analysis and AIC. *Psychometrika*, v. 52, pp. 317–332.

Aldridge, L.I.; Kelleher, D. L.; Reilly, M.; Brophy, P. O. 2000. Estimation of the genetic correlation between performances at different levels of show jumping competitions in Ireland. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v. 117, pp. 65–72.

Associação Brasileira de Criadores de Cavalos de Hipismo (ABCCH). 2011. Regulamento do Stud Book Brasileiro do Cavalo de Hipismo. 41 p. Disponível em: http://www.brasileirodehipismo.com.br/upload/arquivos/REGULAMENTO_STUDBOOK_FINAL_2011.pdf, acesso em 22/08/2011.

Associação Brasileira de Criadores de Cavalos de Hipismo (ABCCH). 2013. Circuito do Cavalo Brasileiro de Hipismo, 4 p. Disponível em: <http://brasileirodehipismo.com.br/site/html/stbhhome.asp>, acesso em 17/10/2013.

Bartolomé, E.; Cervantes, I.; Gómez, M.D.; Molina, A.; Valera, M. 2008. Influencia de los factores ambientales em el rendimiento deportivo del caballo em pruebas objetivas de rendimiento funcional (Salto de Obstáculos). *ITEA*, v. 104, pp. 262-267.

Bartolomé, E.; Menéndez-Buxadera, A.; Valera, M.; Cervantes, I.; Molina, A. 2013. Genetic (co)variance components across age for Show Jumping performance as an estimation of phenotypic plasticity ability in Spanish horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v. 130, pp. 190–198.

Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell and S. D. Kachman. 1995. A Manual for Use of MTDFREML. A Set of Programs To Obtain Estimates of Variances and Covariances [DRAFT]. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 126 p.

Borowska, A.; Wolc, A.; Szwaczkowski, T. 2011. Genetic variability of traits recorded during 100-day stationary performance test and inbreeding level in Polish Warmblood stallions. *Archiv Tierzucht*, v. 4, pp. 327-337.

Borstel, U.K.V.; Pasing, S.; Gauly, M.; Christmann, M. 2013. Status quo of the personality trait evaluation in horse breeding: Judges' assessment of the situation and strategies for improvement. *Journal of Veterinary Behavior*, v. 8, pp. 326 - 334.

Clément, V.; Bibé, B.; Verrier, E.; Elsen, J. M.; Manfredi, E.; Bouix, J.; Hanocq, E. 2001. 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*, v. 33, pp. 369-395.

Confederação Brasileira de Hipismo (CBH). 2013a. Regulamento Geral, 81 p. Disponível em: <http://www.cbh.org.br/regulamento.html>. Acesso em 17/10/2013.

Confederação Brasileira de Hipismo (CBH). 2013b. Regulamento de Salto, 80p. Disponível em: <http://www.cbh.org.br/regulamento.html>. Acesso em 17/10/2013.

Confederação Brasileira de Hipismo (CBH). 2013c. Campeonato Brasileiro de Salto, 58p. Disponível em: <http://www.cbh.org.br/regulamento.html>. Acesso em 17/10/2013.

Ducro, B. J.; Bovenhuis, H.; Back, W. 2009. Heritability of foot conformation and its relationship to sports performance in a Dutch Warmblood horse population. *Equine Veterinary Journal*, v. 41, pp. 139-143.

Ducro, B.J.; Koenen, E.P.C.; van Tartwijk, J.M.F.M.; Bovenhuis, H. 2007a. Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science*, v. 107, pp. 227–234.

Ducro, B.J.; Koenen, E.P.C.; van Tartwijk, J.M.F.M.; van Arendonk, J.A.M. 2007b. Genetic relations of First Stallion Inspection traits with dressage and show jumping performance in competition of Dutch warmblood horses. *Livestock Science*, v.107, pp. 81-85.

Duensing, J.; Stock, K.F.; Krieter, J. 2014. Implementation and Prospects of Linear Profiling in the Warmblood Horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 34, pp. 360–368.

Fédération Equestre Internationale. 2014. Dressage Rules. Switzerland. 124 p. Disponível em: <http://www.fei.org/fei/regulations/dressage>. Acesso em 22/04/2014.

Graf, P.; Borstel, U.K.V.; Gauly, M. 2013. Importance of personality traits in horses to breeders and riders. *Journal of Veterinary Behavior*, v. 8, pp. 316 - 325.

Henry, S.; Hemery, D.; Richard, M.A.; Hausberger, M. 2005. Human–mare relationships and behavior of foals toward humans. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 93, pp. 341–362.

Holmström, M.; Philipsson, J. 1993. Relationships between conformation, performance and health in 4-year-old Swedish Warmblood Riding Horses. *Livestock Production Science*, v. 33, pp. 293-312.

Jönsson, L.; Näsholm, A.; Roepstorff, L.; Egenvall, A.; Dalin, G.; Philipsson, J. 2014. Conformation traits and their genetic and phenotypic associations with health status in young Swedish warmblood. *Livestock Science*, v. 163, pp. 12–25.

Kearsley, C.G.S; Woolliams, J.A.; Coffey, M.P.; Brotherstone, S. 2008. Use of competition data for genetic evaluations of eventing horses in Britain: Analysis of the dressage, showjumping and cross country phases of eventing competition. *Livestock Science*, v. 118, pp. 72–81.

Koenen, E.P.C.; Van Veldhuizen, A.E; Brascamp, E.W. 1995. Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science*, v. 43, pp. 85-94.

Lewczuk, D.; Ducro, B. 2012. Repeatability of free jumping parameters on tests of different duration. *Livestock Science*, v. 146, pp. 22–28.

Olsson, E.; Näsholm, A.; Strandberg, E.; Philipsson, J. 2008. Use of field records and competition results in genetic evaluation of station performance tested Swedish Warmblood stallions. *Livestock Science*, v. 117, pp. 287–297.

Posta, J.; Malovhr, S.; Mihók, S.; Komlósi, I. 2010. Random regression model estimation of genetic parameters for show-jumping results of Hungarian Sport Horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v. 127, pp. 280–288.

- Ricard, A. Legarra, A. 2010. Validation of models for analysis of ranks in horse breeding evaluation. *Genetics Selection Evolution*, 42:3.
- Rustin, M.; Janssens, S.; Buys, N.; Gengler, 2009. N. Multi-trait animal model estimation of genetic parameters for linear type and gait traits in the Belgian warmblood horse. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. v. 126, pp. 378–386.
- Saastamoinen M.T., Barrey E. 2000. Conformation, locomotion and physiological traits. In: A.T. Bowling, A. Ruvinski (eds), *The genetic of the horse*. CAB International, United of Kingdom, pp. 439–472.
- Santamaría, S.; Bobbert, M. F.; Back, W.; Barneveld, A.; van Weeren, P. R. 2006. Can early training of show jumpers bias outcome of selection events? *Livestock Science*, v. 102, pp. 163–170.
- Schröder, W.; Stock, K.F.; Distl, O. 2010. Genetic evaluation of Hanoverian warmblood horses for conformation traits considering the proportion of genes of foreign breeds. *Archiv Tierzucht*, v. 4, pp. 377-387.
- Stewart, I. 2011. Genetic Evaluation of Traits Recorded in Sport Horses in GB. Thesis. The University of Edinburgh. 219 p.
- Stewart, I.D.; Woolliams, J.A.; Brotherstone, S. 2011. Genetic evaluations of traits recorded in British young horse tests. *Archiv Tierzucht*, v. 5, pp. 439-455.
- Thorén Hellsten, E.; Viklund, A.; E.P.C.Koenen, E.P.C., Ricard, A.; Bruns, E., Philipsson, J. 2006. Review of genetic parameters estimated at stallion and young horse performance tests and their correlations with later results in dressage and show-jumping competition. *Livestock Science*, v. 103, pp.1–12.
- Viklund A, Thorén Hellsten E, Näsholm A, Strandberg E, Philipsson, J. 2008 Genetic parameters for traits evaluated at field tests of 3- and 4-year-old Swedish Warmblood horses. *Animal*, v. 2, pp. 1832-1841.
- Viklund, A.; Braam, A.; Näsholm, A.; Strandberg, E.; Philipsson, J. 2010. Genetic variation in competition traits at different ages and time periods and correlations with traits at field tests of 4-year-old Swedish Warmblood horses. *Animal*, v.4:5, pp. 682–691.

Wallin, L.; Strandberg, E.; Philipsson, J. 2003. Genetic correlations between field test results of Swedish Warmblood Riding Horses as 4-year-olds and lifetime performance results in dressage and show jumping. *Livestock Production Science*, v. 82, pp. 61–71.

Wejer, J.; Lendo, I.; Lewczuk, D. 2013. The Effect of Training on the Jumping Parameters of Inexperienced Warmblood Horses in Free Jumping. *Journal of Equine Veterinary Science*, v. 33, pp. 483-486.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de parâmetros populacionais indicadores de variabilidade genética em cavalos BH revelou que uma ampla base de animais fundadores da raça e baixos níveis de consanguinidade. No entanto, a preferência dos criadores por algumas linhagens de renome internacional resultou em uma tendência de aumento na endogamia média observada nos últimos anos. O estudo demonstrou ainda que a entrada de material genético foi mantida de forma intensa nos últimos 15 anos, principalmente através de machos ou sêmen importado.

Desta forma, somente 23,12% dos potros nascidos neste período consistiram em progênie de garanhões Brasileiro de Hipismo aprovados no evento anual destinado à seleção de machos aptos à reprodução na raça BH; resultando em reduzido impacto do evento intitulado Aprovação de Reprodutores sobre a produção nacional de cavalos de esporte. Adicionalmente, a estimativa de correlações genéticas entre medidas de desempenho esportivo e as características funcionais consideradas no evento sugeriram que o mesmo deve ser simplificado, reduzindo o número de avaliações por animal.

Por outro lado, considerando-se que 71,91% dos cruzamentos recentes envolveram éguas BH, a expansão da avaliação de candidatos a garanhões, sob um novo formato simplificado, à população de éguas reprodutivamente ativas seria extremamente benéfica para o processo de seleção. Tal avaliação permitiria ainda a coleta de dados em uma quantidade infinitamente maior de animais, agregando informações inclusive para a estimativa de valores genéticos dos garanhões aprovados.

O presente estudo consistiu em um trabalho inicial de avaliação de parâmetros genéticos específicos para uma população nacional de cavalos de grande potencial esportivo e com projeção internacional. Estudos adicionais devem ser realizados para o direcionamento de um programa de melhoramento genético baseado em critérios de seleção comprovadamente eficazes nesta população.

Projetos futuros devem incluir a estimativa de:

- i. Correlações genéticas entre as características avaliadas subjetivamente durante a Avaliação de Reprodutores;
- ii. Correlações genéticas entre a nota final obtida por cada candidato da Aprovação de Reprodutores com resultados de competição esportiva;
- iii. Parâmetros genéticos para características de desempenho esportivo com a inclusão de efeitos fixos adicionais ao modelo, tais como: cavaleiro, centro de treinamento e criador.

- iv. Correlações genéticas entre resultados de competições nos níveis mais altos de dificuldade (obstáculos acima de 1,30 m) e as características avaliadas subjetivamente durante a Avaliação de Reprodutores.